

Curriculum Vitae di  
**Paolo Bellavista**

---

---

Paolo Bellavista  
Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica  
Università di Bologna  
Viale Risorgimento, 2 - 40136 Bologna  
Tel: 051-2093866; Fax: 051-2093073  
E-mail: [paolo.bellavista@unibo.it](mailto:paolo.bellavista@unibo.it)  
Web: <http://lia.deis.unibo.it/Staff/PaoloBellavista/>

# INDICE del CURRICULUM

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b> .....	<b>3</b>
1.1	TITOLI CONSEGUITI .....	3
1.2	ULTERIORI ATTIVITÀ E TITOLI .....	4
<b>2</b>	<b>ATTIVITÀ DIDATTICHE</b> .....	<b>4</b>
2.1	ATTIVITÀ PRINCIPALE .....	4
2.2	ALTRE ATTIVITÀ DIDATTICHE .....	5
<b>3</b>	<b>ATTIVITÀ SCIENTIFICA</b> .....	<b>7</b>
3.1	TEMI E INTERESSI .....	7
3.2	PARTECIPAZIONE A PROGETTI .....	7
3.3	ATTIVITÀ DI REVISIONE E ORGANIZZATIVE .....	9
	<i>Attività di Revisione</i> .....	9
	<i>Attività Organizzative</i> .....	12
<b>4</b>	<b>ATTIVITÀ DI RICERCA</b> .....	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>ELENCO PUBBLICAZIONI PER SEDE</b> .....	<b>20</b>
5.1	PUBBLICAZIONI IN RIVISTE .....	20
	<i>Riviste Internazionali</i> .....	20
5.2	LIBRI E CAPITOLI IN MONOGRAFIE .....	23
5.3	PUBBLICAZIONI IN CONVEGNI .....	25
	<i>Convegni Internazionali</i> .....	25
	<i>Convegni Nazionali</i> .....	32
	<i>Convegni Internazionali con Atti Revisionati non Formali</i> .....	33
5.4	ACCETTATI IN FASE DI PUBBLICAZIONE.....	34
<b>6</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE PUBBLICAZIONI</b> .....	<b>36</b>

---

# 1 GENERALITÀ

- Nato** a Rimini il 15 marzo 1972.
- Residente** a Gatteo (Prov. Forlì-Cesena), via G. Mazzini, n° 19/C, CAP 47030.
- Laureato** in Ingegneria Elettronica, nell'Anno Accademico 1995/1996, presso l'Università degli Studi di Bologna, discutendo la tesi "Metodologie ed Ambienti per la Didattica a Distanza in Sistemi Distribuiti", riportando la votazione di 100/100 e Lode (Relatore: Prof. Antonio Corradi; Correlatori: Prof. Eugenia Lodini, Prof. Letizia Leonardi, Ing. Franco Zambonelli).
- Dottore di Ricerca** in Ingegneria Elettronica ed Informatica (XIII Ciclo), presso il Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica dell'Università di Bologna, discutendo la tesi "Modelli ad Agenti Mobili in Sistemi Globali per Applicazioni con Alto Grado di Coordinamento" (Relatore: Prof. Aurelio Boari).
- Posizione Corrente** **Professore Associato** - settore scientifico disciplinare ING-INF/05 (Sistemi di Elaborazione delle Informazioni). Idoneità conseguita in valutazione comparativa presso Università degli Studi di Perugia, Settembre 2004. Presa di servizio presso la Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Bologna, in data 1 Novembre 2005.

## 1.1 Titoli Conseguiti

- **Nomina ad Alfieri del Lavoro** conferita dal Presidente della Repubblica nel Settembre 1991.
- **Laurea in Ingegneria Elettronica**, il 19 Marzo 1997.
- **Abilitazione alla Professione di Ingegnere** nella prima sessione dell'anno 1997.
- **Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettronica ed Informatica**, il 1 Marzo 2001.
- Vincitore di concorso a **Ricercatore Universitario** - settore scientifico disciplinare ING-INF/05 (Sistemi di Elaborazione delle Informazioni), con presa di servizio presso Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Bologna, a partire dal 1 Ottobre 2002.
- **IEEE Senior Member** a partire dal 2006.

## 1.2 Ulteriori Attività e Titoli

- **Titolare di assegno di ricerca**, nel periodo Dicembre 2000-Settembre 2002, presso il Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica dell'Università di Bologna.
- **Collaboratore esterno dell'Ateneo di Bologna** nel periodo Aprile-Luglio 1997, presso il Ce.S.I.A. - Centro di sviluppo e gestione dei Servizi Informatici d'Ateneo (sotto la supervisione del dott. Polacchini), nell'ambito del progetto di rinnovamento del sistema informativo di ateneo (*data migration/mining/warehousing*).
- **Partecipazione alla “V Scuola Estiva di Elaborazione Vettoriale e Parallela”**, 2-13 Settembre 1996, presso il CINECA (in collaborazione con Cray Research S.r.l. e IBM SEMEA).

## 2 ATTIVITÀ DIDATTICHE

### 2.1 Attività Principale

1. A partire dall'Anno Accademico 2008/2009, è titolare del modulo di **Fondamenti di Informatica T-1, parte 2 (6 cfu)** per la Laurea in Ingegneria Informatica dell'Università degli Studi di Bologna.
2. A partire dall'Anno Accademico 2008/2009, è titolare del corso di **Sistemi Distribuiti LS (6 cfu)** per la Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica dell'Università degli Studi di Bologna.
3. Dall'Anno Accademico 2005/2006 fino all'Anno Accademico 2007/2008, è stato titolare del corso di **Sistemi Operativi L-A (6 cfu)** per la Laurea in Ingegneria Informatica dell'Università degli Studi di Bologna.
4. Dall'Anno Accademico 2002/2003 fino all'Anno Accademico 2007/2008, è stato titolare del corso di **Fondamenti di Informatica L-A (6 cfu)** per la Laurea in Ingegneria Informatica dell'Università degli Studi di Bologna.
5. Nell'Anno Accademico 2004/2005 è stato titolare del corso di **Modelli e Applicazioni in Reti di Calcolatori L-S (6 cfu)** per la Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni dell'Università degli Studi di Bologna.
6. A partire dall'Anno Accademico 2008/2009, è co-titolare (insieme al Prof. A. Corradi) del corso **Managing IT** per il Master di II livello UniCredit MBA Retail in the Banking and Financial Industry dell'Alma Graduate School dell'Università degli Studi di Bologna.
7. Dall'Anno Accademico 2001/2002 all'Anno Accademico 2005/2006, è stato assistente docente per l'insegnamento di **Integrazione di Sistemi Distribuiti Eterogenei e Web**

(Prof. A. Corradi) per il Master di II livello in Management e Tecnologie dell'Informazione (MTI) dell'Alma Graduate School dell'Università degli Studi di Bologna.

8. Dall'Anno Accademico 2003/2004 all'Anno Accademico 2005/2006, è stato assistente docente per l'insegnamento di **Architetture Distribuite e Servizi di Rete** (Prof. A. Corradi) per il Master di II livello Integratore di Sistemi di COFIMP e Università degli Studi di Bologna (parzialmente finanziato dal Fondo Sociale Europeo).
9. Dall'Anno Accademico 1997/1998 all'Anno Accademico 2003/2004, è stato assistente docente per l'insegnamento di **Sistemi Operativi L-A** (Prof. M. Boari) per i corsi di Laurea nuovo ordinamento (già Diploma Universitario fino all'anno accademico 2000/2001) in Ingegneria Informatica, Ingegneria Elettronica e Ingegneria delle Telecomunicazioni, sede di Cesena.
10. Segue la preparazione di numerose **Tesi di Laurea Triennale e Specialistica** su argomenti correlati ai propri interessi scientifici.

## 2.2 Altre Attività Didattiche

1. Dall'Anno Accademico 1997/1998 all'Anno Accademico 2003/2004, ha svolto attività di tutoring per il Consorzio NETTUNO, Diploma di Laurea in Ingegneria Informatica a distanza, tenendo esercitazioni ed esami di profitto degli insegnamenti di **Fondamenti di Informatica II** (Prof. A. Corradi) e **Ingegneria del Software** (Prof. M. Boari) e, dall'Anno Accademico 2001/2002, dell'insegnamento di **Reti di Calcolatori** (Prof. A. Corradi), per il Polo di Bologna.
2. Nell'Anno Accademico 1999/2000, è stato titolare di contratto (art.26 D.P.R. 382/80) come assistente per il corso di **Fondamenti di Informatica II** (Prof. C. Stefanelli) per il corso di Laurea in Ingegneria Elettronica presso l'Università degli Studi di Ferrara.
3. Nell'Anno Accademico 2000/2001 ha svolto attività di tutoring come assistente per l'insegnamento di **Fondamenti di Informatica A - II** (Prof. A. Corradi) e nell'Anno Accademico 2001/2002 per l'insegnamento di **Laboratorio di Informatica L-A** (Prof.ssa P. Mello), entrambi presso il corso di Laurea in Ingegneria Informatica dell'Università degli Studi di Bologna.
4. Dall'Anno Accademico 2004/2005 svolge l'attività di **certificatore per European Certification of Informatics Professionals (EUCIP)** presso la sede del Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica (CINI) dell'Università degli Studi di Bologna.

Il Candidato ha svolto inoltre seminari, lezioni, esercitazioni e attività di tutoring nell'ambito dei corsi del raggruppamento di appartenenza:

1. **Reti di Calcolatori e Fondamenti di Informatica II** (Prof. A. Corradi) presso l'Università degli Studi di Bologna, in aula, a partire dall'Anno Accademico 1997/1998.
2. **Sistemi Operativi e Fondamenti di Informatica II** (Prof. C. Stefanelli) presso l'Università degli Studi di Ferrara, in aula, a partire dall'Anno Accademico 1999/2000.
3. **Calcolatori Elettronici II** per il Corso di Laurea in Ingegneria Informatica (Prof. M. Boari) presso l'Università degli Studi di Bologna, in laboratorio, nell'Anno Accademico 1996/1997.

Infine, si è occupato delle lezioni e del tutoring per i seguenti corsi di formazione:

1. **Introduzione alle Reti di Calcolatori** per la Scuola Superiore della Pubblica Amministrazione (SSPA) nel Giugno 2001, come responsabile del corso.
2. **Sistemi Operativi Sistemi Aperti (SOSA)** per l'Autorità per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione (AIPA) a partire da Aprile 2000, come tutore (responsabile del corso Prof. M. Boari).
3. Corso di Formazione per **Concorso Riservato per Funzionario di Elaborazione Dati** dell'Università degli Studi di Bologna nell'Anno Accademico 1997/1998.

## 3 ATTIVITÀ SCIENTIFICA

L'attività scientifica del candidato si articola nei filoni indicati in seguito, che hanno consentito la partecipazione ad alcuni progetti nazionali e l'avanzamento dello stato dell'arte delle conoscenze nel settore.

### 3.1 Temi e Interessi

L'attività scientifica si può articolare sui seguenti filoni principali:

- a) **Sistemi ad Agenti Mobili e Relative Tecnologie di Standardizzazione per Ambienti di Programmazione Aperti, Interoperabili e Sicuri**
- b) **Middleware di Supporto a Servizi Mobili Adattativi (Mobile Middleware)**. Tale attività si è articolata e ha coinvolto differenti sotto-filoni di ricerca e domini applicativi:
  - b.1) **Management Integrato di Reti, Sistemi e Servizi**
  - b.2) **Gestione della Mobilità di Utenti, Terminali e Risorse**
  - b.3) **Servizi Multimediali Mobili con Monitoraggio, Controllo e Adattamento della Qualità di Servizio su Reti Best-effort e Wireless**
  - b.4) **Servizi di Accesso a Informazioni Distribuite e Distance Learning dipendenti da Locazione e Contesto**
  - b.5) **Supporto a Connettività Always Best Served su Reti Wireless Eterogenee Multi-hop e Multi-path**
  - b.6) **Servizi di Disseminazione Opportunistica in Reti Mobili Ad-hoc e Reti Veicolari di Sensori**

### 3.2 Partecipazione a Progetti

- Progetto **Negoziabile FIRB**, Programma Strategico Tecnologie Abilitanti per la Società della Conoscenza - ICT, Progetto obiettivo 2 Reti e Netputing, "**TOCAI: Knowledge-oriented Technologies for Internet-based Enterprise Aggregation**", Coordinatore Prof. Maurizio Lenzerini (2006-2008).
- Cofinanziamento dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale, Progetto **MIUR "MOMA: soluzioni middleware per servizi web multiMODali in Mobilità"**, Coordinatore Prof. Marco Roccetti (anni 2006-2007).
- Progetto **Piano Telematico Regionale** - Iniziativa 1.1 - Programma per la Ricerca su Prodotti e Servizi Innovativi, "**Servizi Web Mobili**", Coordinatore Prof. Aurelio Boari (anni 2004-2006).
- Progetto **Negoziabile FIRB**, Programma Strategico Tecnologie Abilitanti per la Società della Conoscenza - ICT, Progetto obiettivo 2 Reti e Netputing, "**Middleware per Servizi Evoluti su Sistemi Distribuiti Wired-Wireless di Grandi Dimensioni**", Coordinatore Prof. Giovanni Chiola (anni 2003-2005).

- Progetto **Strategico CNR** (Legge 449/97), Settore Piattaforme ITC abilitanti complesse ad oggetti distribuiti, "**Infrastruttura Software per Reti Ad Hoc Orientate ad Ambienti Difficili**", Coordinatore Prof. Carlo Ghezzi (anni 2003-2005).
- Cofinanziamento dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale, Progetto **MURST "MUSIQUE: Infrastruttura per QoS in servizi Web Multimediali ad Accesso Eterogeneo"**, Coordinatore Prof. Antonio Corradi (anni 2000-2002).
- Progetto **Coordinato CNR "Servizi Multimediali in Ambiente Distribuito: Architettura di Riferimento, Modalità di Fruizione e Gestione della Qualità"**, Coordinatore Prof. Antonio Puliafito (anno 2001)
- Progetto **Pluriennale** Finanziamento Speciale alle Strutture dell'**Ateneo di Bologna "Ambiente Integrato per lo Sviluppo di Servizi Sicuri"**, Coordinatore Prof. Maurelio Boari (anni 1999-2002).
- Cofinanziamento dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale, Progetto **MURST "MOSAICO: Metodologie e Strumenti di Progetto di Sistemi ad Alte Prestazioni per Applicazioni Distribuite"**, Coordinatore Prof. Luciano Lenzini, Sottoprogetto Network Computing (anni 1997-1999).
- Progetto **Coordinato CNR "Modelli ed ambienti per Sistemi Distribuiti Aperti, Paralleli e Mobili"**, sottoprogetto "Applicazioni globali in Ambiente Internet: Modelli ed Ambienti di Programmazione", Coordinatore Prof. Antonio Corradi, partecipanti: Università di Bologna, Ferrara, Milano e Modena (anni 1997-1999).
- Progetto **MURST Parnaso**, all'interno del programma nazionale di ricerca per il settore dei Beni Culturali e Ambientali (a partire dal 1998).
- Progetto **Giovani Ricercatori dell'Ateneo di Bologna**, responsabile del progetto "**Supporti ad Agenti Mobili per Mobilità di Utenti, Terminali e Risorse in Sistemi Globali**" (anno 2000).
- Progetto di **Ricerca Fondamentale Orientata** (ex-quota 60%) "**Supporto a Servizi Multimediali ad Accesso Ubiquo**", Prof. Antonio Corradi (anni 2002/2003).
- Progetto di **Ricerca Fondamentale Orientata** (ex-quota 60%) "**Metodi e Strumenti per la Progettazione di Sistemi Esperti**", Prof. Maurelio Boari (anni 2000/2001).
- Prosecuzione dei progetti per l'inserimento dei Disabili nel mondo del Lavoro: **GOAL** (anni 1996/1997), **TEAMNET** (anni 1997/1998), nell'ambito della collaborazione con ASPHI e Fondazione IBM.

## 3.3 Attività di Revisione e Organizzative

### Attività di Revisione

È membro dei seguenti Editorial Board di riviste internazionali:

- **IEEE Communications Magazine**, flagship magazine di IEEE Communications Society, Associate Technical Editor a partire dall'anno 2003;
- **IEEE Transactions on Services Computing**, a partire dall'anno 2008;
- **Springer Journal of Network and Systems Management**, membro del Board of Editors a partire dall'anno 2008;
- **Elsevier Journal of System Architecture** (già *Microprocessors and Microsystems Journal*), a partire dall'anno 2003;
- **The Open Software Engineering Journal**, Bentham Open, a partire dall'anno 2007.

È inoltre membro dell'Editorial Board della collana di libri **Springer Lecture Notes on ICST (LNICST)** che pubblicherà gli atti dei migliori convegni ICST e altre attività editoriali promosse da ICST, a partire dall'Aprile 2008

È revisore abituale delle seguenti riviste internazionali:

- **IEEE Transactions on Mobile Computing**, a partire dall'anno 2004;
- **IEEE Transactions on Software Engineering**, a partire dall'anno 2004;
- **ACM Computing Surveys**, a partire dall'anno 2005;
- **Elsevier Journal on Pervasive and Mobile Computing**, a partire dall'anno 2005;
- **Proceedings of the IEEE**, a partire dall'anno 2004;
- **IEEE Computer**, a partire dall'anno 2000 (senior reviewer dall'anno 2002);
- **IEEE Internet Computing**, a partire dall'anno 2001;
- **IEEE Software**, a partire dall'anno 2003;
- **IEEE Network**, a partire dall'anno 2006;
- **IEEE Wireless Communications**, a partire dall'anno 2006.

e ha svolto revisioni in diverse occasioni per **IEEE Transactions on Computers** a partire dall'anno 2002, **ACTA International Journal of Computers and Applications** a partire dall'anno 2003, **IEEE Multimedia**, **Elsevier Journal of Systems and Software**, **International Journal of Pervasive Computing and Communications** e **International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing** a partire dall'anno 2004, **IEEE Communications Letters**, **Wiley's Wireless Communications and Mobile Computing Journal**, **Journal of Ubiquitous Computing and Intelligence**, **Information Resources Management Journal** e **Very Large Data Base Journal** a partire dall'anno 2005, **Elsevier Journal of Parallel and Distributed Computing**, **Elsevier Ad Hoc Networks Journal**, **IEEE Sensors** a partire dall'anno 2006.

È membro (o lo è stato) dei comitati di programma delle seguenti conferenze internazionali:

- **ANSS**, SCM/SIGSIM Annual Simulation Symposium (a partire dal 2009);
- **Autonomics**, International Conference on Autonomic Computing and Communication Systems (a partire dal 2007);

- **COMPSAC**, Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference (a partire dal 2007),
- **Control and Management of High Performance Networks**, International Symposium all'interno di IEEE Global Telecommunications Conference – GLOBECOM (nell'anno 2006);
- **EUC**, IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (a partire dal 2008);
- **GIIS**, IEEE Global Information Infrastructure Symposium (nell'anno 2007);
- **IAMOT**, International Conference on Management of Technology (a partire dal 2007);
- **ICCCN**, International Conference on Computer Communications and Networks (a partire dal 2007);
- **ICDT**, International Conference on Digital Telecommunications (a partire dal 2009);
- **ICPCA**, International Conference on Pervasive Computing and Applications (nell'anno 2007);
- **ICPS**, International Conference on Pervasive Services (a partire dal 2008);
- **Innovations**, Pervasive and Ubiquitous Environments track di International Conference on Innovations in Information Technology (a partire dal 2007);
- **Internet**, IARIA International Conference on the Evolving Internet (a partire dal 2009);
- **IWCMC**, International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (a partire dal 2007);
- **Mobility**, IEE International Conference on Mobility (a partire dal 2005);
- **MOBILIGHT**, International Conference on Mobile Lightweight Wireless Systems (a partire dal 2009);
- **MUE**, International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering (a partire dal 2007);
- **PerCom**, IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (nell'anno 2006);
- **PWC**, International Conference on Personal Wireless Communications (a partire dal 2004);
- **SAC**, ACM International Symposium on Applied Computing (a partire dal 2007);
- **SIIT**, IEEE International Conference on Standardization and Innovation in Information Technology (nell'anno 2005);
- **SPCA**, International Symposium on Pervasive Computing and Applications (a partire dal 2006);
- **Tridentcom**, International Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities (a partire dal 2009);
- **UIC**, International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing (a partire dal 2007);
- **WiMob**, IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (a partire dal 2007);
- **World Class Solutions: Networking the Globe**, International Symposium all'interno di IEEE Global Telecommunications Conference – GLOBECOM (nell'anno 2006);
- **WoWMoM**, IEEE International Symposium on a World of Wireless Mobile and Multimedia Networks (a partire dal 2008);
- **WRECOM**, Wireless Rural and Emergency Communications Conference (nell'anno 2007).

Inoltre, è membro (o lo è stato) dei comitati di programma dei seguenti workshop internazionali:

- **CAML**, International Workshop on Context-Aware Mobile Learning, all'interno di IEEE/ACM International Conference on Soft Computing as Transdisciplinary Science and Technology (nell'anno 2008);
- **CANET**, International Workshop on Context Aware Networks Technologies and Applications, all'interno di International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context (nell'anno 2005);
- **CMMSE**, IEEE International Workshop on Context Modeling and Management for Smart Environments, all'interno di IEEE International Conference of Digital Information Management - ICDIM (a partire dal 2007);
- **CQR**, IEEE International Workshop on Communications Quality and Reliability (nell'anno 2003);
- **FUMCA**, International Workshop on System Support for Future Mobile Computing Applications, all'interno di International Conference on Ubiquitous Computing - UbiComp (nell'anno 2006);
- **IPOM**, IEEE International Workshop on IP Operations & Management, "Operations & Management Challenges in Next Generation Services and Networks" (nell'anno 2005);
- **MASS for Global and Homeland Security**, International Workshop on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems for Global and Homeland Security, all'interno di IEEE Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (MASS) (nell'anno 2007);
- **MATA**, International Workshop on Mobility Aware Technologies and Applications - formerly Mobile Agents for Telecommunication Applications - (dall'anno 2002 al 2005);
- **MOS**, International Workshop on Mobile Object Systems, all'interno di European Conference on Object-Oriented Programming (nell'anno 2005);
- **MPMC**, International Workshop on Managing Context Information in Mobile and Pervasive Environments, all'interno di IEEE International Conference on Mobile Data Management (nell'anno 2005);
- **PCAC**, IEEE International Workshop on Pervasive Computing and Ad Hoc Communications (nell'anno 2006);
- **Personalized Networks**, International Workshop on Personalized Networks, all'interno di Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networks and Services – Mobiquitous (nell'anno 2007);
- **PE-WASUN**, ACM International Workshop on Performance Evaluation of Wireless Ad Hoc, Sensor, and Ubiquitous Networks (a partire dal 2004);
- **SIUMI**, International Workshop on Services and Infrastructure for the Ubiquitous and Mobile Internet, all'interno di IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (negli anni 2005 e 2006);
- **SMD**, MiNEMA Workshop on Middleware for Small Mobile Devices, all'interno di International Middleware Conference (a partire dal 2008);
- **SPMS**, IEEE Workshop on Next Generation Service Platforms for Future Mobile Systems, all'interno di International Symposium on Applications and the Internet – SAINT (nell'anno 2007);
- **WPS**, IEEE International Workshop on Web and Pervasive Security, all'interno di Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications - PerCom (a partire dal 2008).

## Attività Organizzative

A partire dal 2007, sta svolgendo il ruolo di **Chair di ICST Publications Committee** (insieme a Vinton G. Cerf): il compito è quello di coordinare l'avvio delle numerose iniziative editoriali di ICST (IC@ST magazine, eScripts Journal, Springer LNICST, ebooks, Multipedia e sciSpace).

A partire dal 2008, svolge il ruolo di **coordinatore della collana di libri di Taylor & Francis Group** dal titolo "Mobile Systems and Services".

Sta svolgendo il ruolo di guest editor per un numero speciale con selected best paper dalla conferenza **Mobilware'08** per la rivista **Springer Journal of Mobile Networks and Applications (MONET)**, che sarà pubblicato in Novembre-Dicembre 2008.

Ha svolto il ruolo di guest editor (insieme a Thomas Magedanz ed Edmundo Madeira) per un numero speciale dal titolo "**Management of the IP Multimedia Subsystem**" per la rivista **Journal for Systems and Network Management**, pubblicato nel Marzo 2008.

Ha svolto il ruolo di guest editor (insieme a Chi-Ming Chen) per un numero speciale dal titolo "**Best Papers from IEEE International Symposium on Computers and Communications 2006**" della rivista **Elsevier Microprocessors and Microsystems Journal**, pubblicato nel Luglio 2007.

Ha svolto il ruolo di editor (insieme ad Antonio Corradi) per la monografia "**The Handbook of Mobile Middleware**", collana di Computer & Information Science, coordinatore della collana Sartaj Sahni, Taylor and Francis Group. Il libro è stato pubblicato nel Settembre 2006.

Nel 2002 ha svolto il ruolo di guest editor per un numero speciale dal titolo "**Middleware Solutions for QoS in Distributed Multimedia Services**" della rivista **Elsevier Microprocessors and Microsystems**, Vol. 27, No. 2, pubblicato nel Marzo 2003.

È membro dell'Advisory Council e del comitato di programma della serie di convegni **IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC)**, a partire dall'anno 2002. Nel giugno 2006 ha ricoperto il ruolo di **Technical Program Co-Chair per IEEE ISCC'06**, Cagliari, Italia.

Nel Dicembre 2008 svolgerà il ruolo di **General Co-Chair** (insieme a Daqing Zhang) per **Second International Workshop on Intelligent systems and Smart Home (WISH'08)**, Sydney, Australia.

Insieme a Imrich Chlamtac, è il **fondatore** della serie di **ICST International Conference on Mobile Wireless Middleware, Operating Systems, and Applications (Mobilware)** e **Co-Chair** del relativo **Steering Committee**. Nel Febbraio 2008 ha svolto il ruolo di **Technical Chair** nella prima edizione, Innsbruck, Austria; nell'Aprile 2009 svolgerà il ruolo di **General Co-Chair** (insieme a Linda Xie), Berlino, Germania.

Nel Maggio 2007 ha svolto il ruolo di **Technical Co-Chair** (insieme a Roy Campbell, Liviu Iftode e Anand Tripathi) per **International Workshop on Software Engineering for**

**Pervasive Computing Applications, Systems, and Environments (SEPCASE)**, all'interno di 29th International Conference on Software Engineering (ICSE), Minneapolis, USA.

Ha inoltre svolto il ruolo di panelist in occasione dei seguenti convegni internazionali:

- **COMPSAC'07**, 31<sup>st</sup> Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference, IEEE Computer Society, Pechino, Cina, Luglio 2007.
- **FTDCS'01**, 8<sup>th</sup> IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems, IEEE Computer Society Technical Committee on Distributed Processing, Bologna, Novembre 2001.
- **ISADS'99**, 4<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Autonomous Decentralized Systems, IEEE Computer Society, Tokyo, Marzo 1999.

Infine ha partecipato alle seguenti attività organizzative in qualità di Publicity Chair:

- **SERA'09**, ACIS/IEEE International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications;
- **PPPJ'08**, ACM International Conference on Principles and Practice of Programming in Java;
- **Middleware'07**, ACM/IFIP/USENIX International Middleware Conference;
- **Autonomics'07**, 1<sup>st</sup> International Conference on Autonomic Computing and Communication Systems;
- **PERCOM'06**, 4<sup>th</sup> IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications;
- **ISCC ('02, '04 e '05)**, IEEE International Symposium on Computers and Communications.

## 4 ATTIVITÀ DI RICERCA

Si descrive nel seguito l'attività di ricerca del candidato seguendo la suddivisione per argomento presentata al paragrafo 3.1: in particolare, si riportano le sigle dei diversi lavori descritti nel prosieguo e collocabili nei differenti filoni.

- c) **Sistemi ad Agenti Mobili e Relative Tecnologie di Standardizzazione per Ambienti di Programmazione Aperti, Interoperabili e Sicuri**  
[RI4, RI6, RI18, MI1, MI3, CI3, CI7, CI8, CI32, CN1, CN2, CN3]
  
- d) **Middleware di Supporto a Servizi Mobili Adattativi (Mobile Middleware)**. Tale attività si è articolata e ha coinvolto differenti sotto-filoni di ricerca e domini applicativi:
  - b.1) **Management Integrato di Reti, Sistemi e Servizi**  
[RI1, RI2, RI3, RI9, LI2, MI6, MI7, CI10, CI14, CI17, CI50, CI51, CN4, CN6, CINF1, CINF2, CINF3]
  - b.2) **Gestione della Mobilità di Utenti, Terminali e Risorse**  
[RI5, RI7, RI10, RI13, RI17, RI32, LI1, MI2, MI5, MI8, CI4, CI6, CI16, CI18, CI20, CI21, CI24, CI25, CI28, CI29, CI33, CI34, CN5]
  - b.3) **Servizi Multimediali Mobili con Monitoraggio, Controllo e Adattamento della Qualità di Servizio su Reti Best-effort e Wireless**  
[RI8, RI11, RI12, RI14, RI21, RI22, RI23, RI24, RI28, MI10, CI9, CI11, CI12, CI13, CI19, CI22, CI23, CI26, CI27, CI30, CI31, CI35, CI36, CI37, CI38, CI41, CI47, CI55, CINF4]
  - b.4) **Servizi di Accesso a Informazioni Distribuite e Distance Learning dipendenti da Locazione e Contesto**  
[RI19, RI25, RI26, MI4, MI9, MI11, MI12, CI1, CI2, CI5, CI15, CI43, CI44]
  - b.5) **Supporto a Connettività Always Best Served su Reti Wireless Eterogenee Multi-hop e Multi-path**  
[RI29, RI31, CI40, CI48, CI52, CI56]
  - b.6) **Servizi di Disseminazione Opportunistica in Reti Mobili Ad-hoc e Reti Veicolari di Sensori**  
[RI15, RI16, RI20, RI27, RI30, CI39, CI42, CI45, CI46, CI49, CI53, CI54]
  
- a) **Sistemi ad Agenti Mobili e Relative Tecnologie di Standardizzazione per Ambienti di Programmazione Aperti, Interoperabili e Sicuri**  
([RI4, RI6, RI18, MI1, MI3, CI3, CI7, CI8, CI32, CN1, CN2, CN3])

Le attività di ricerca di questo filone hanno l'obiettivo di investigare e proporre nuovi modelli computazionali adatti alla comunicazione e all'interazione tra le risorse, possibilmente eterogenee, di un sistema globale e distribuito su scala geografica. Tali modelli devono garantire proprietà come efficienza, interoperabilità, sicurezza, affidabilità, conformità a soluzioni e specifiche standard, integrando anche la possibilità di forme evolute di coordinamento sia dei componenti di supporto che di quelli applicativi.

Si è proposto un modello ad agenti mobili e si è implementato un ambiente di supporto basato su tale paradigma di programmazione, in grado di garantire le funzionalità necessarie alla migrazione, alla comunicazione e al coordinamento tra risorse distribuite ed eterogenee, con un ampio spettro possibile di politiche differenziate. L'ambiente di supporto realizzato

(Secure and Open Mobile Agents - SOMA) è capace di adeguarsi dinamicamente all'evoluzione di sistemi distribuiti globali e delle applicazioni erogate in tale scenario, nell'ottica di ottenere un utilizzo efficiente, bilanciato e adattativo delle risorse disponibili. SOMA è progettato in modo modulare e realizzato in Java, anche con l'obiettivo di consentire la rapida prototipazione di nuovi componenti, la loro facile integrazione nell'ambiente esistente e il riutilizzo/raffinamento di moduli middleware e servizi applicativi già presenti. Si sono investigate con particolare attenzione soluzioni progettuali e implementative per ottenere due proprietà, interoperabilità e sicurezza, che hanno costituito aspetti allo stato dell'arte nella ricerca sui sistemi ad agenti mobili negli anni 1998-2003. L'aspetto di apertura dei sistemi è stato affrontato in modo ampio per consentire da una parte l'accessibilità dei servizi offerti tramite strumenti di ampia diffusione, integrati nel Web e di semplice utilizzo, e dall'altra parte la possibilità di far interoperare servizi ad agenti mobili con altri servizi esistenti, basati o meno su tecnologie a codice mobile. Tale interoperabilità è stata ottenuta progettando SOMA in maniera conforme agli standard emergenti nel settore degli oggetti distribuiti e degli agenti mobili, come OMG CORBA, MASIF e FIPA. La competenza raggiunta nel campo dell'interoperabilità nei sistemi ad agenti mobili ha permesso di attuare collaborazioni con esperti internazionali nel settore. Per la sicurezza, le tecnologie a codice mobile, ed in particolare i sistemi ad agenti mobili, richiedono di integrare e adattare soluzioni tradizionali nell'ambito dei sistemi distribuiti (come, ad esempio, autenticazione, autorizzazione, politiche di sicurezza e infrastrutture a chiave pubblica) con nuove forme necessarie per risolvere problemi specifici connessi alla mobilità di codice (come, ad esempio, la protezione di un agente da altri agenti locali e dal nodo che ne ospita l'esecuzione in contesti di tipo active network, o la protezione del nodo da un eccessivo consumo di risorse da parte degli agenti ospitati).

## **b) Middleware di Supporto a Servizi Mobili Adattativi (Mobile Middleware)**

L'attività svolta dal candidato ha investigato le problematiche relative alla realizzazione di infrastrutture software per il supporto distribuito a servizi mobili in ambienti di deployment costituiti da reti wired-wireless integrate ed eterogenee, comunque basate su modello best-effort. Tali infrastrutture a livello middleware (mobile middleware) si sono dimostrate soluzioni efficienti per semplificare la progettazione e l'implementazione di servizi distribuiti personalizzabili, in fase di negoziazione, e adattativi, in fase di erogazione del servizio, caratterizzati da un elevato grado di dinamicità e di apertura, in sistemi aperti e non fidati. L'attività di ricerca ha investigato metodologie e strategie di soluzione basate su tecnologie a codice mobile, e ha permesso la progettazione e la prototipazione di servizi distribuiti in un ampio spettro di domini applicativi, con diversi gradi di dinamicità e di requisiti di scalabilità, che necessariamente influiscono in modo significativo sul design del middleware stesso. In particolare, il paradigma di progettazione degli agenti mobili si è dimostrato particolarmente adatto ed efficace per la rapida prototipazione, installazione ed estensione dinamica di servizi in diversi degli scenari applicativi affrontati. La ricerca ha permesso di contribuire significativamente ad un filone di ricerca, quello del mobile middleware, che nel frattempo si è progressivamente affermato in campo internazionale, motivando così l'attività del candidato in termini anche di curatela del libro "The Handbook of Mobile Middleware" e di lancio della serie di conferenze ICST Mobilware.

Scendendo in maggiore dettaglio, il candidato ha investigato soluzioni innovative di mobile middleware nei domini applicativi, brevemente descritti nel seguito, della gestione integrata

di reti, sistemi e servizi, della gestione della mobilità di utenti, terminali e risorse durante le sessioni di servizio, della distribuzione multimediale con garanzie/indicazioni di qualità di servizio, dell'accesso coordinato e adattativo a informazioni eterogenee dipendenti da locazione e contesto, della scelta autonoma della migliore connettività wireless su reti eterogenee multi-hop multi-path, e infine dei servizi di disseminazione opportunistica di informazioni in reti mobili ad-hoc e in reti veicolari di sensori.

#### **b.1) Management Integrato di Reti, Sistemi e Servizi**

([RI1, RI2, RI3, RI9, LI2, MI6, MI7, CI10, CI14, CI17, CI50, CI51, CN4, CN6, CINF1, CINF2, CINF3])

La dimensione e l'eterogeneità crescenti delle attuali reti, dei sistemi distribuiti e dei servizi globali rendono sempre più complessa la loro gestione attraverso strumenti basati sul tradizionale modello cliente/servitore. La tecnologia ad agenti mobili permette il superamento di alcuni significativi limiti imposti dagli approcci tradizionali in questo campo. Gli agenti sono in grado di operare in maniera autonoma e asincrona rispetto all'amministratore del sistema e possono adattarsi dinamicamente ad organizzazioni di risorse distribuite con architetture e topologie di interconnessione altamente differenziate e con diverse politiche di amministrazione. Gli agenti SOMA hanno mostrato di rappresentare una soluzione altamente flessibile ed efficace per il monitoraggio on-line e il controllo di sistemi globali, per l'introduzione dinamica e automatica di azioni correttive di gestione dove e quando richieste, e per la modifica run-time delle politiche di gestione delle risorse di sistema. La tecnologia degli agenti mobili è stata applicata sia alla gestione di dispositivi di rete che di sistemi distribuiti più complessi e di servizi di supporto e applicativi, e ha messo in luce la rilevanza di soluzioni con visibilità fino al livello applicativo per consentire una gestione ottimale delle risorse globali. Si sono dimostrate particolarmente efficaci soluzioni architetture basate sull'utilizzo di proxy mobili, capaci di migrare a tempo di esecuzione nei punti di criticità dell'infrastruttura di rete, in particolare nei punti di discontinuità fra rete wired e access point wireless. Tali proxy sono in grado di svolgere operazioni, a livello middleware, di caching/prefetching/disaccoppiamento spaziale/temporale nei confronti dei clienti serviti, permettendo così di incrementare l'efficienza complessiva del sistema, con minimo impatto sul design e sull'implementazione di client e server applicativi.

#### **b.2) Gestione della Mobilità di Utenti, Terminali e Risorse**

([RI5, RI7, RI10, RI13, RI32, LI1, MI2, MI5, MI8, CI4, CI6, CI16, CI18, CI20, CI21, CI24, CI25, CI28, CI29, CI33, CI34, CN5])

I recenti sviluppi della ricerca accademica e industriale negli ambiti dei dispositivi portatili, delle comunicazioni radiomobili e di Internet hanno fatto emergere la possibilità per l'utente di accedere a risorse e servizi mentre si muove in sistemi distribuiti aperti e globali. In tale dominio applicativo, le tecnologie a codice mobile possono fornire modelli e soluzioni adatti ed efficaci per il supporto non solo dei tradizionali concetti di mobilità di utenti e dispositivi, ma anche, più in generale, della migrazione dinamica di ogni tipo di risorsa, logica o fisica. In particolare, il candidato ha esplorato le problematiche e proposto soluzioni di supporto, principalmente basate sul paradigma degli agenti mobili, per mantenere l'ambiente di lavoro preferito dall'utente in maniera indipendente dal suo punto corrente di accesso alla rete (Virtual Home Environment), per consentire la connettività automatica di terminali mobili in un sistema globale organizzato gerarchicamente in astrazioni di località (sia per tipologie di mobilità nomadic che roaming), e per permettere funzionalità di discovery e collegamento a risorse, sia con visibilità globale che con visibilità locale dipendente dalla posizione corrente del cliente. Questa attività di ricerca ha permesso inoltre di investigare soluzioni adatte all'integrazione di dispositivi di accesso fortemente eterogenei e con forti vincoli sulla

disponibilità di risorse computazionali, come personal digital assistant, smart phone e dispositivi Bluetooth/IEEE802.11-enabled in grado di ospitare la sola piattaforma Java 2 Micro Edition. Il lavoro svolto in questa area ha gettato le basi per le seguenti attività di ricerca del candidato nell'area più generale del supporto context-based a servizi mobili, in cui il grado di mobilità di utenti/terminali/risorse contribuisce, insieme ad altre informazioni di contesto quali preferenze utente, requisiti applicativi e stato di utilizzo delle risorse del sistema, a guidare scelte di personalizzazione e adattamento nell'erogazione di servizi.

**b.3) Servizi Multimediali Mobili con Monitoraggio, Controllo e Adattamento della Qualità di Servizio su Reti Best-effort e Wireless**

([RI8, RI11, RI12, RI14, RI21, RI22, RI23, RI24, RI28, MI10, CI9, CI11, CI12, CI13, CI19, CI22, CI23, CI26, CI27, CI30, CI31, CI35, CI36, CI37, CI38, CI41, CI47, CI55, CINF4])

I progressi nelle comunicazioni wireless e nei sistemi di content delivery stanno rendendo possibili scenari di servizio innovativi in cui un crescente numero di utenti ha interesse nell'accesso di servizi continui, come audio/video streaming, mentre si muove fra diversi punti di accesso alla connettività Internet, anche con tecnologie di connettività differenziate ed eterogenee, ad esempio Wi-Fi, Bluetooth e cellular 3G. Questi scenari motivano nuove soluzioni middleware per la personalizzazione dinamica della fornitura di servizi multimediali dipendentemente dalle caratteristiche dell'ambiente di erogazione nella località del cliente, in particolare in dipendenza dalle discontinuità nella disponibilità di risorse in seguito a eventi di handoff.

L'attività di ricerca del candidato ha riguardato la proposta, l'implementazione e la validazione sperimentale di diverse soluzioni middleware, da ubiQoS a MADAMA a MUM, anche in collaborazione con altre Università e centri di ricerca. Da una prima fase della ricerca in cui il supporto middleware aveva principalmente il ruolo di personalizzazione/adattamento di namico della qualità di servizio in dipendenza dalle condizioni correnti del canale radio nella località di accesso cliente al servizio (in reti wired con last segment di tipo wireless), l'attività si è diretta negli ultimi tempi verso la gestione di eventi di handoff, sia orizzontali che verticali, in modo efficace e context-aware durante l'erogazione di sessioni multimediali, evitando ogni interruzione di servizio in modo trasparente. A tal fine, i middleware proposti sfruttano la completa visibilità delle connettività wireless disponibili e delle caratteristiche implementative dei relativi processi di handoff (handoff awareness), dei requisiti di qualità dei servizi in corso e del corrispondente degrado di qualità dovuto all'handoff (QoS awareness), e delle topologie di rete insieme alla disponibilità locale di risorse (location awareness). Queste tre forme di visibilità permettono sinergicamente di realizzare soluzioni originali per la predizione di handoff, per la continuità di servizi multimediali attraverso buffering/pre-fetching adattivo, e per il reindirizzamento/rebinding dinamico e proattivo.

**b.4) Servizi di Accesso a Informazioni Distribuite dipendenti da Locazione e Contesto**

([RI17, RI19, RI25, RI26, MI4, MI9, MI11, MI12, CI1, CI2, CI5, CI15, CI43, CI44])

L'ampia disponibilità di dispositivi con interfacce wireless multiple e l'esistenza di svariate tecniche di posizionamento eterogenee apre nuove potenzialità di mercato per i servizi basati su locazione (Location Based Services - LBS), seppur complicando sensibilmente la loro progettazione e implementazione. L'informazione di locazione costituisce il dato di contesto cruciale per personalizzare l'accesso a informazioni distribuite, che può ovviamente coinvolgere diversi domini applicativi, come quelli di reperimento di informazioni di natura diversa affrontati nei diversi anni di attività di ricerca del candidato, dal distance learning

all'advertising proattivo, dalle guide turistiche alla cooperazione opportunistica basata su prossimità.

Buona parte dell'attività recente di ricerca del candidato in questo filone si è concentrata sui sistemi di posizionamento, a sostegno della necessità di middleware innovativi per la gestione dinamica e sinergica delle tecniche eterogenee di localizzazione lato cliente che si scoprono disponibili a tempo di esecuzione. Il loro sfruttamento efficiente deve dipendere da informazioni di contesto, ovvero requisiti degli LBS in esecuzione, preferenze utente, proprietà dei dispositivi in uso e stato dell'ambiente di esecuzione in generale. A tal fine, si sono implementate alcune soluzioni middleware context-aware (tra cui SCaLaDE e PoSIM) per l'utilizzo e il controllo sinergici di sistemi di posizionamento plurimi. Un'idea centrale alle attività in questo filone è che i middleware proposti godono della proprietà di essere translucent, ovvero possano fornire agli sviluppatori di applicazioni forme differenziate di visibilità sia dei dati di posizionamento che del controllo di tali sistemi, così adattandosi dinamicamente ai requisiti di deployment specifici dei servizi correntemente considerati e abilitando la realizzazione di decisioni di gestione cross-layer. Questo principio è messo in pratica tramite il design di middleware con architetture modulari, tramite la descrizione di metadati di contesto in modo aperto e flessibile, e tramite l'enforcing efficiente di politiche di gestione basate su metadati e monitoraggio locale on-line.

#### **b.5) Supporto a Connettività Always Best Served su Reti Wireless Eterogenee Multi-hop e Multi-path**

([RI29, RI31, CI40, CI48, CI52, CI56])

La diffusa disponibilità di terminali wireless dotati di interfacce di comunicazione multiple, da IEEE 802.11 e WiMAX a Bluetooth e UMTS, rende potenzialmente possibile la realizzazione di sistemi di supporto che scelgano in modo seamless la tecnologia di connettività più opportuna in ogni istante, anche cambiando dinamicamente tale scelta mentre sessioni di servizio sono in atto. Ovviamente la scelta ottimale deve dipendere dalle condizioni correnti del contesto, comprese le preferenze utente, le strategie di gestione delle risorse di accesso wireless e i requisiti applicativi di ogni singolo servizio.

L'attività di ricerca del candidato si concentra specificatamente su due filoni, relativamente al settore originale della scelta di connettività in scenari multi-hop multi-path con tecnologie wireless eterogenee in cui opportunità di connessione siano offerte sia da access point (infrastructure-based connectivity) che da peer in prossimità (peer-based connectivity). Da una parte, l'attività investiga modalità innovative per l'ottenimento e lo sfruttamento di informazioni originali di contesto, quali la reciproca mobilità e la stabilità delle connessioni fra peer. I middleware proposti in questo ambito (MACHINE, MMHC) adottano tecniche decentralizzate per stimare probabilisticamente il grado di mobilità reciproca fra il nodo cliente considerato e il nodo vicino che gli può offrire un'opportunità di connettività. Inoltre vengono adottate euristiche originali al fine di stimare in modo semplificato la stabilità di connessioni ibride eterogenee combinando dati locali sulla stabilità dei singoli link, privilegiando cammini a basso numero di hop. Dall'altra parte, la ricerca intende proporre soluzioni innovative ed efficienti per la determinazione dinamica di path multi-hop multipli, anche eterogenei, in modo tale da rispondere appropriatamente ai requisiti di ogni singola applicazione in esecuzione. L'uso sinergico e concorrente di varie interfacce di rete e di vari connettori (sia access point che peer che offrono opportunità di connettività) non si limita alla realizzazione trasparente del canale applicativo ottimale con la granularità della singola applicazione, ma anche al suo aggiornamento dinamico mentre le sessioni di servizio sono in atto, anche alla luce di strategie complessive con la granularità del nodo cliente (come, ad esempio, per la gestione dell'energia residua).

#### **b.6) Servizi di Disseminazione Opportunistica in Reti Mobili Ad-hoc e Reti Veicolari di Sensori**

([RI15, RI16, RI20, RI27, RI30, CI39, CI42, CI45, CI46, CI49, CI53, CI54])

L'esplosione del mercato dei dispositivi wireless portabili e la riduzione dei costi nelle reti wireless di sensori aprono nuove importanti opportunità commerciali per la realizzazione di servizi distribuiti di intrattenimento e di monitoraggio opportunistico degli ambienti urbani.

Da una parte, l'attività di ricerca del candidato ha investigato scenari di deployment costituiti da quelle regioni spaziali di estensione limitata, come stadi, stazioni ferroviarie e aeroporti, che ospitano simultaneamente un grande numero di nodi wireless mobili (dense MANET). La fornitura di servizi di intrattenimento in una dense MANET, ad esempio la distribuzione di notizie, trailer cinematografici, canzoni e videogame, è un obiettivo difficile e impossibile da raggiungere in modo scalabile tramite le tradizionali infrastrutture di rete statiche. Il candidato ha proposto middleware originali e strategie innovative di disseminazione di risorse, autonome e a basso overhead, che sfruttano relazioni dinamiche di collaborazione fra pari per replicare risorse di interesse comune in modo efficiente e lascamente consistente. In particolare, è stato realizzato il middleware REDMAN per la gestione, il ritrovamento, e la disseminazione di repliche di dati e componenti applicativi in maniera trasparente per gli sviluppatori di servizi per permettere di diminuire la complessità della realizzazione di servizi di intrattenimento su larga scala. REDMAN propone soluzioni originali e a basso overhead per l'identificazione di dense MANET, per il mantenimento del grado di replicazione desiderato, e per il ritrovamento efficiente delle risorse richieste, grazie allo sfruttamento delle ipotesi di densità di nodi relativamente alta e pressoché costante su larghi intervalli di tempo.

Dall'altra parte, le reti veicolari di sensori rappresentano un paradigma di rete emergente e di primario interesse, in particolare per la raccolta proattiva di informazioni di monitoraggio in ambienti urbani (proactive urban monitoring). L'idea primaria di questo filone di attività è di proporre soluzioni middleware originali per supportare veicoli dotati di sensori che possano monitorare eventi di interesse comune in modo opportunistico. Le informazioni monitorate possono essere processate localmente al veicolo, ad esempio per riconoscere determinati numeri di targa, e i risultati di tale processamento possono essere istradati attraverso l'incontro opportunistico con altri veicoli, ad esempio diffondendo così notifiche rilevanti ad altri guidatori o agli agenti di polizia. In questo scenario innovativo, è stato realizzato MobEyes, un supporto middleware efficiente e leggero per proactive urban monitoring basato sulla linea guida fondamentale di sfruttare la mobilità intrinseca dei veicoli per diffondere opportunisticamente dei riassunti sintetici dei dati di monitoraggio. MobEyes si occupa di raccogliere questi riassunti in modo efficace, costruendo così un indice distribuito parzialmente consistente reattivo ai dati di monitoraggio memorizzati nella rete di veicoli. MobEyes è stato realizzato in stretta collaborazione con il gruppo di ricerca di Mario Gerla a UCLA e con contributi da parte di IBM Research e Università di Cambridge.

## 5 ELENCO PUBBLICAZIONI PER SEDE

Si elencano nel seguito i lavori suddivisi per sede di pubblicazione. Per ogni categoria si riporta un numero progressivo di identificazione. Il numero che segue tra parentesi quadre è il numero progressivo complessivo, ad indicare l'ordine temporale di pubblicazione dei lavori. Per i lavori in rivista, ove disponibile, è riportato anche il corrispondente Impact Factor (IF), come assegnato da ISI Journal of Citation Reports nel 2007 (ultimo disponibile).

### 5.1 Pubblicazioni in Riviste

#### Riviste Internazionali

- RI1** [06] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“An Open Secure Mobile Agent Framework for Systems Management”*,  
**Journal of Network and System Management**, Special Issue on "Mobile Agent-based Network and Service Management", Springer, Vol. 7, No. 3, pp. 323-339, Settembre 1999.
- RI2** [07] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli, F. Tarantino:  
*“Mobile Agents for Web-based Systems Management”*,  
**Internet Research: Electronic Networking Applications and Policy**, MCB University Press, Vol. 9, No. 5, pp. 360-371, Novembre 1999, IF=0.836.
- RI3** [08] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“An Integrated Management Environment for Network Resources and Services”*,  
**IEEE Journal of Selected Areas in Communications**, Special Issue on “Recent Advances in Network Management and Operations”, Vol. 18, No. 5, pp. 676-685, Maggio 2000, IF=1.799.
- RI4** [12] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“Interoperability and Protection for Mobile Agents: an Open and Secure Programming Environment”*,  
**IEICE Transactions on Communications**, IEICE/IEEE Joint Special Issue on “Autonomous Decentralized Systems”, IEICE Communications Society Press, Vol. E83-B, No. 5, pp. 961-972, Maggio 2000, IF=0.252.
- RI5** [19] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“Mobile Agent Middleware for Mobile Computing”*,  
**IEEE Computer**, Vol. 34, No. 3, pp. 73-81, Marzo 2001, IF=1.367.
- RI6** [21] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“Middleware Services for Interoperability in Open Mobile Agent Systems”*,  
**Microprocessors and Microsystems**, Vol. 25, No. 2, pp. 75-83, Elsevier Science, Maggio 2001, IF=0.524.

- RI7** [26] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*"The Ubiquitous Provisioning of Internet Services to Portable Devices"*,  
**IEEE Pervasive Computing**, Vol. 1, No. 3, pp. 81-87, Luglio-Settembre 2002,  
 IF=2.293.
- RI8** [29] P. Bellavista, A. Corradi:  
*"A Mobile Agent-activated Middleware for Internet Video on Demand"*,  
**IPSJ Journal**, Information Processing Society of Japan, Vol. 43, No. 11, pp. 3301-3315, Novembre 2002.
- RI9** [30] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*"Java for On-line Distributed Monitoring of Heterogeneous Systems and Services"*,  
**The Computer Journal**, Oxford University Press, Vol. 45, No. 6, pp. 595-607,  
 Novembre 2002, IF=0.880.
- RI10** [36] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*"Dynamic Binding in Mobile Applications: a Middleware Approach"*,  
**IEEE Internet Computing**, Numero speciale su "Mobile Applications", Vol. 7, No. 2, pp. 34-42, Marzo-Aprile 2003, IF=1.551.
- RI11** [34] P. Bellavista:  
*"Middleware Solutions for QoS in Distributed Multimedia Services"*,  
**Microprocessors and Microsystems**, guest editorial per il numero speciale su  
 "Middleware Solutions for QoS in Distributed Multimedia Services", Elsevier  
 Science, Vol. 27, No. 2, pp. 43-44, Marzo 2003, IF=0.524.
- RI12** [35] P. Bellavista, A. Corradi:  
*"Active Middleware for Internet Video on Demand: the QoS-aware Routing  
 Solution in ubiQoS"*,  
**Microprocessors and Microsystems**, numero speciale su "Middleware Solutions for  
 QoS in Distributed Multimedia Services", Elsevier Science, Vol. 27, No. 2, pp. 73-83,  
 Marzo 2003, IF=0.524.
- RI13** [44] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*"Context-aware Middleware for Resource Management in the Wireless Internet"*,  
**IEEE Transactions on Software Engineering**, Numero speciale su "Wireless  
 Internet", Vol. 29, No. 12, pp. 1086-1099, Dicembre 2003, IF=2.105.
- RI14** [31] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*"Application-level QoS Control for Video-on-Demand"*,  
**IEEE Internet Computing**, Vol. 7, No. 6, pp. 16-24, Novembre-Dicembre 2003,  
 IF=1.551.
- RI15** [62] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:  
*"Lightweight Autonomic Dissemination of Entertainment Services in Wide-scale  
 Wireless Environments"*,  
**IEEE Communications Magazine**, Vol. 43, No. 6, pp. 94-101, Giugno 2005,  
 IF=1.704.

- RI16** [66] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:  
**“REDMAN: an Optimistic Replication Middleware for Read-only Resources in Dense MANETs”**,  
**Pervasive and Mobile Computing Journal**, Elsevier Science, Vol. 1, No. 3, pp. 279-310, Settembre 2005.
- RI17** [67] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
**“A Mobile Computing Middleware for Location- and Context-Aware Internet Data Services”**,  
**ACM Transactions on Internet Technology**, Vol. 6, No. 4, pp. 356-380, Novembre 2006.
- RI18** [70] P. Bellavista, Chi-Ming Chen:  
**“Special Issue with Selected Papers from the 11th IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC’06)”**,  
**Microprocessors and Microsystems**, guest editorial per il numero speciale su “ISCC’06”, Elsevier Science, Vol. 31, No. 4, pp. 213-214, Giugno 2007, IF=0.524.
- RI19** [80] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, A. Toninelli:  
**“Context-aware Semantic Discovery for Next Generation Mobile Systems”**,  
**IEEE Communications**, Vol. 44, No. 9, pp. 62-71, Settembre 2006, IF=1.704.
- RI20** [81] U. Lee, E. Magistretti, B. Zhou, M. Gerla, P. Bellavista, A. Corradi:  
**“MobEyes: Smart Mobs for Urban Monitoring with Vehicular Sensor Networks”**,  
**IEEE Wireless Communications**, Vol. 13, No. 5, pp. 51-57, Ottobre 2006. IF=2.000.
- RI21** [92] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
**“Context-Aware Handoff Middleware for Transparent Service Continuity in Wireless Networks”**,  
**Pervasive and Mobile Computing Journal**, Elsevier Science, Vol. 3, No. 4, pp. 439-466, Agosto 2007.
- RI22** [93] P. Bellavista, C. Stefanelli, M. Tortonese:  
**“QoS Management Middleware Solutions for Bluetooth Audio Distribution”**,  
**Pervasive and Mobile Computing Journal**, Elsevier Science, Vol. 4, No. 1, pp. 117-138, Febbraio 2008.
- RI23** [96] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
**“The MUM Middleware to Counteract IEEE 802.11 Performance Anomaly in Context-aware Multimedia Provisioning”**,  
**International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering**, Science & Engineering Research Support Center (SERSC), Vol. 2, No. 2, pp. 15-33, Luglio 2007.
- RI24** [99] T. Magedanz, E. Madeira, P. Bellavista,  
**“Management Challenges and Solutions for IP Multimedia Subsystems”**,  
**Journal of Network and Systems Management**, guest editorial per numero speciale, Springer, Vol. 16, No. 1, pp. 12-14, Febbraio 2008.

- RI25** [100] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli,  
 “*The PoSIM Middleware for Translucent and Context-aware Integrated Management of Heterogeneous Positioning Systems*”,  
**Computer Communications Journal**, Special Issue on "Advanced Location-Based Services", Elsevier Science, Vol. 31, No. 6, pp. 1078-1090, Marzo 2008, IF=0.391.
- RI26** [104] P. Bellavista, A. Kupper, S. Helal,  
 “*Location Based Services: Back to the Future*”,  
**IEEE Pervasive Computing**, Vol. 7, No. 2, pp. 85-89, Aprile 2008, IF=2.293.
- RI28** [105] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini,  
 “*Dynamic and Context-aware Streaming Adaptation to Smooth Quality Degradation due to IEEE 802.11 Performance Anomaly*”,  
**Journal of Supercomputing**, Springer, Vol. 45, No. 1, pp. 15-28, July 2008, IF=0.246.

## 5.2 Libri e Capitoli in Monografie

### Libri

- LI1** [56] P. Bellavista, A. Corradi (editors):  
 “*The Handbook of Mobile Middleware*”,  
 Monografia invitata per la collana di Computer & Information Science, coordinatore della collana Sartaj Sahni, Taylor&Francis/CRC Press, ISBN 0849338336, Settembre 2006.

### Capitoli in Monografie

- MI1** [20] P. Bellavista, T. Magedanz:  
 “*Middleware Technologies: CORBA and Mobile Agents*”,  
 Capitolo 5 nella monografia “**Coordination for Internet Agents - Models, Technologies, and Applications**”, a cura di A. Omicini, F. Zambonelli, M. Klusch, R. Tolksdorf, ISBN 3-540-41613-7, pp. 110-152, Springer-Verlag, Marzo 2001.
- MI2** [45] P. Bellavista, D. Bottazzi, A. Corradi, R. Montanari, S. Vecchi:  
 “*Mobile Agent Middlewares for Context-aware Applications*”,  
 Capitolo invitato nella monografia “**Handbook of Mobile Computing**”, a cura di I. Mahgoub, M. Ilyas, ISBN 0-84931-971-4, pp. 315-334, CRC Press, Dicembre 2004.
- MI3** [46] P. Bellavista, A. Corradi, C. Federici, R. Montanari, D. Tibaldi:  
 “*Security for Mobile Agents: Issues and Challenges*”,  
 Capitolo invitato nella monografia “**Handbook of Mobile Computing**”, a cura di I. Mahgoub, M. Ilyas, ISBN 0-84931-971-4, pp. 941-960, CRC Press, Dicembre 2004.
- MI4** [47] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:

- “Policy-based Access Control for Context-aware Services over the Wireless Internet”*,  
 Capitolo (scelto da open call) nella monografia "**Advances in Security and Payment Methods for Mobile Commerce**", a cura di Wen-Chen Hu, Chung-wei Lee, e Weidong Kou, ISBN 1-59140-345-6, pp. 81-108, Idea Group, Dicembre 2004.
- MI5** [64] P. Bellavista, D. Bottazzi, A. Corradi, R. Montanari:  
*“Challenges, Opportunities, and Solutions for Ubiquitous Eldercare”*,  
 Capitolo (scelto da open call) nella monografia "**Web Mobile-Based Application for Healthcare Management**", a cura di Latif Al-Hakim, ISBN 1591406587, pp. 142-166, IGI Global, Dicembre 2006.
- MI7** [73] P. Bellavista, L. Garlaschelli, D. Tibaldi:  
*“Large-scale Integrated Academic Portals”*,  
 Capitolo (scelto da open call) nella monografia "**Portal Technology and Applications**", a cura di Arthur Tatnall, ISBN 1591409896, pp. 538-546, IGI Global, Aprile 2007.
- MI9** [88] P. Bellavista, R. Montanari, D. Tibaldi, A. Toninelli:  
*“Trust Management and Semantic Context-driven Access Control for Secure Ad-Hoc Collaborations”*,  
 Capitolo (scelto da open call) nella monografia "**Handbook of Research on Wireless Security**", a cura di Yan Zhang, Jun Zheng e Miao Ma, ISBN 159904899X, pp. 504-521, IGI Global, Aprile 2008.
- MI10** [89] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
*“Middleware Approaches for Handoff Management of Mobile Multimedia Services in the Wireless Internet”*,  
 Accettato per la pubblicazione come capitolo (scelto da open call) nella monografia "**Broadband Mobile Multimedia: Techniques and Applications**", a cura di Yan Zhang, Shiwen Mao, Laurence T. Yang e Thomas M. Chen, Taylor&Francis, ISBN 1420051849, Giugno 2008.
- MI11** [97] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“Policy-based Access Control for Context-aware Services over the Wireless Internet”*,  
 Ristampa invitata di [47] come Capitolo 4.35 nella monografia "**Information Security and Ethics: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications**", a cura di Hamid Nemati, ISBN-13 978-1-59904-933-5, pp. 2163-2186, IGI Global, Dicembre 2007.

## 5.3 Pubblicazioni in Convegni

### Convegni Internazionali

- CI1** [01] P. Bellavista, A. Corradi:  
*“Learning Effectively as in Presence (LEAP): an Internet-Based Integrated Environment for Distance Learning”*,  
**7<sup>th</sup> World Conference on Continuing Engineering Education (WCCEE’98)**: "The Knowledge Revolution, the Impact of Technology on Learning", pp. 56-61, Torino, Italia, Maggio 1998.
- CI2** [02] P. Bellavista, A. Corradi:  
*“Standard and Emerging Technologies for Distributed Applications in Internet-Based Distance Learning”*,  
**9<sup>th</sup> Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE’98)**: "Enhancement of Education in Electrical and Information Engineering through Industry Co-operation and Research", pp. 233-238, Lisbona, Portogallo, Maggio 1998.
- CI3** [03] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“A Secure and Open Mobile Agent Programming Environment”*,  
**4<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS’99)**, IEEE Computer Society Press, pp. 238-245, Tokyo, Giappone, Marzo 1999.
- CI4** [09] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“A Mobile Agent Infrastructure for Terminal, User and Resource Mobility”*,  
**2000 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS’00)**: "The Networked Planet: Management Beyond 2000", IEEE Press, pp. 877-890, Honolulu, USA, Aprile 2000.
- CI5** [10] P. Bellavista, A. Corradi, A. Tomasi:  
*“The Mobile Agent Technology to Support and to Access to Museum Information”*,  
**2000 ACM Symposium on Applied Computing (SAC’00)**, ACM Press, pp. 1006-1013, Como, Italia, Marzo 2000.
- CI6** [11] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“A Mobile Agent Infrastructure for the Mobility Support”*,  
**2000 ACM Symposium on Applied Computing (SAC’00)**, ACM Press, pp. 539-546, Como, Italia, Marzo 2000.
- CI7** [15] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“CORBA Solutions for Interoperability in Mobile Agent Environments”*,  
**2<sup>nd</sup> International Symposium on Distributed Objects and Applications (DOA’00)**, IEEE Computer Society Press, pp. 283-292, Anversa, Belgio, Settembre 2000.

- CI8 [16] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*"Security in Programmable Network Infrastructures: the Integration of Network and Application Solutions"*,  
**2<sup>nd</sup> International Working Conference on Active Networks (IWAN'00)**, Springer Lecture Notes on Computer Science, Vol. 1942, pp. 262-276, Tokyo, Giappone, Ottobre 2000.
- CI9 [18] P. Bellavista, A. Corradi, D. Cotroneo, S. Russo:  
*"Integrating Mobile Agent Infrastructures with CORBA-based Distributed Multimedia Applications"*,  
**9<sup>th</sup> Euromicro Workshop on Parallel and Distributed Processing (PDP'01)**, IEEE Computer Society Press, pp. 121-128, Mantova, Italia, Febbraio 2001.
- CI10 [22] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*"How to Monitor and Control Resource Usage in Mobile Agent Systems"*,  
**3<sup>rd</sup> International Symposium on Distributed Objects & Applications (DOA'01)**, IEEE Computer Society Press, pp. 65-75, Roma, Italia, Settembre 2001.
- CI11 [24] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*"An Active Middleware to Control QoS Level of Multimedia Services"*,  
**8<sup>th</sup> IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems (FTDCS'01)**, IEEE Computer Society Press, pp. 126-132, Bologna, Italia, Ottobre 2001.
- CI12 [25] F. Baschieri, P. Bellavista, A. Corradi:  
*"Mobile Agents for QoS Tailoring, Control and Adaptation over the Internet: the ubiQoS Video on Demand Service"*,  
**2<sup>nd</sup> IEEE International Symposium on Applications and the Internet (SAINT'02)**, IEEE Computer Society Press, pp. 109-118, Nara, Giappone, Gennaio 2002.
- CI13 [27] P. Bellavista, A. Corradi:  
*"How to Support Internet-based Distribution of Video on Demand to Portable Devices"*,  
**7<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'02)**, IEEE Computer Society Press, pp. 126-132, Taormina, Italia, Luglio 2002.
- CI14 [28] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*"Mobile Agent Solutions for Accounting Management in Mobile Computing"*,  
**7<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'02)**, IEEE Computer Society Press, pp. 753-760, Taormina, Italia, Luglio 2002.
- CI15 [32] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*"Policy-driven Binding to Information Resources in Mobility-enabled Scenarios"*,  
**4<sup>th</sup> International Conference on Mobile Data Management (MDM'03)**, Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 2574, pp. 212-219, Melbourne, Australia, Gennaio 2003.

- CI16** [33] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*"QoS-aware Accounting in Mobile Computing Scenarios"*,  
**11<sup>th</sup> Euromicro Conference on Parallel Distributed and Network-based Processing (PDP'03)**, IEEE Computer Society Press, pp. 537-543, Genova, Italia, Febbraio 2003.
- CI17** [38] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*"Application Domain Accounting for Roaming Services"*,  
**8<sup>th</sup> IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems (FTDCS'03)**, IEEE Computer Society Press, pp. 359-366, Portorico, Maggio 2003.
- CI18** [39] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*"Pervasive Accounting of Resource Consumption for Wireless Services with Adaptive QoS"*,  
**6<sup>th</sup> IFIP/IEEE International Conference on Management of Multimedia Networks and Services (MMNS'03)**, Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 2839, pp. 155-169, Belfast, Gran Bretagna, Settembre 2003.
- CI19** [40] P. Bellavista, A. Corradi:  
*"Mobile Middleware Solutions for the Adaptive Management of Multimedia QoS to Wireless Portable Devices"*,  
**9<sup>th</sup> IEEE International Workshop on Object-oriented Real-time Dependable Systems (WORDS'03F)**, IEEE Computer Society Press, pp. 283-291, Capri, Italia, Ottobre 2003.
- CI20** [43] P. Bellavista, R. Montanari, D. Tibaldi:  
*"COSMOS: a Context-centric Access Control Middleware for Mobile Environments"*,  
**5<sup>th</sup> IEEE/IFIP International Workshop on Mobile Agents for Telecommunication Applications (MATA'03)**, Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 2881, pp. 77-88, Marrakech, Marocco, Ottobre 2003.
- CI21** [48] P. Bellavista, A. Corradi:  
*"A QoS Management Middleware based on Mobility Prediction for Multimedia Service Continuity in the Wireless Internet"*,  
**9<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'04)**, IEEE Computer Society Press, pp. 531-538, Alexandria, Egitto, Luglio 2004.
- CI22** [49] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
*"MUM: a Middleware for the Provisioning of Continuous Services to Mobile Users"*,  
**9<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'04)**, IEEE Computer Society Press, pp. 498-505, Alexandria, Egitto, Luglio 2004.
- CI23** [51] P. Bellavista, C. Stefanelli, M. Tortonesi:  
*"The ubiQoS Middleware for Audio Streaming to Bluetooth Devices"*,

- Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (Mobiquitous'04)**, AAAI, IEEE Computer Society, ACM SIGMOBILE e European Union's IST program, pp. 138-145, Boston, USA, Agosto 2004.
- CI24** [52] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:  
***“Lightweight Code Mobility for Proxy-based Service Rebinding in MANET”***,  
**International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS'04)**,  
 IEEE Communication Society Press, pp. 208-214, Mauritius, Settembre 2004.
- CI25** [53] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
***“Mobility Prediction for Mobile Agent-based Service Continuity in the Wireless Internet”***,  
**1<sup>st</sup> International Workshop on Mobility Aware Technologies and Applications (MATA'04)**,  
 Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 3284, pp. 1-12, Florianopolis, Brasile, Ottobre 2004.
- CI26** [54] P. Bellavista, C. Stefanelli, M. Tortonesi:  
***“Middleware-level QoS Differentiation in the Wireless Internet: the ubiQoS Solution for Audio Streaming over Bluetooth”***,  
**1<sup>st</sup> International Conference on Quality of Service in Heterogeneous Wired/Wireless Networks (QShine'04)**,  
 IEEE Computer Society Press, pp. 172-180, Dallas, USA, Ottobre 2004.
- CI27** [55] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
***“MUMOC: an Active Infrastructure for Open Video Caching”***,  
**1<sup>st</sup> International Conference on Distributed Frameworks for Multimedia Applications (DFMA'05)**,  
 IEEE Computer Society Press, pp. 64-71, Besancon, France, Febbraio 2005.
- CI28** [57] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:  
***“REDMAN: a Decentralized Middleware Solution for Cooperative Replication in Dense MANETs”***,  
**2<sup>nd</sup> International Workshop on Middleware Supports for Pervasive Computing (PerWare'05)**,  
 all'interno di 3<sup>rd</sup> IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom),  
 IEEE Computer Society Press, pp. 158-162, Kauai, USA, Marzo 2005.
- CI29** [58] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:  
***“Lightweight Replication Middleware for Data and Service Components in Dense MANETs”***,  
**1<sup>st</sup> IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM'05)**,  
 IEEE Computer Society Press, pp. 142-152, Taormina, Italia, Giugno 2005.
- CI30** [59] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
***“Java-based Proactive Buffering for Multimedia Streaming Continuity in the Wireless Internet”***,

- 1<sup>st</sup> IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM'05)**, IEEE Computer Society Press, pp. 448-450, Taormina, Italia, Giugno 2005.
- CI31** [60] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Mobile Proxies for Proactive Buffering in Wireless Internet Multimedia Streaming”*,  
**1<sup>st</sup> International Workshop on Services and Infrastructure for the Ubiquitous and Mobile Internet (SIUMI'05)**, all'interno di 25<sup>th</sup> International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), IEEE Computer Society Press, pp. 297-304, Columbus, Ohio, Giugno 2005.
- CI32** [61] P. Bellavista, A. Corradi, S. Monti:  
*“Integrating Web Services and Mobile Agent Systems”*,  
**1<sup>st</sup> International Workshop on Services and Infrastructure for the Ubiquitous and Mobile Internet (SIUMI'05)**, all'interno di 25<sup>th</sup> International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), IEEE Computer Society Press, pp. 283-290, Columbus, Ohio, Giugno 2005.
- CI33** [63] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:  
*“Comparing and Evaluating Lightweight Solutions for Replica Dissemination and Retrieval in Dense MANETs”*,  
**10th IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'05)**, IEEE Computer Society Press, pp. 43-50, Cartagena, Spagna, Giugno 2005.
- CI34** [68] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Efficiently Managing Location Information with Privacy Requirements in Wi-Fi Networks: a Middleware Approach”*,  
**International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS'05)**, IEEE Computer Society Press, pp. 43-50, Siena, Italia, Settembre 2005.
- CI35** [69] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Adaptive Buffering based on Handoff Prediction for Wireless Internet Continuous Services”*,  
**International Conference on High Performance Computing and Communications (HPCC'05)**, Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 3726, pp. 1021-1032, Sorrento, Italia, Settembre 2005.
- CI36** [71] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
*“Application-level Middleware to Proactively Manage Handoff in Wireless Internet Multimedia”*,  
**8<sup>th</sup> International Conference on Management of Multimedia Networks and Services (MMNS'05)**, Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 3754, pp. 156-167, Barcellona, Spagna, Ottobre 2005.
- CI37** [72] P. Bellavista, M. Cinque, D. Cotroneo, L. Foschini:  
*“Integrated Support for Handoff Management and Context Awareness in Heterogeneous Wireless Networks”*,

- 3<sup>rd</sup> International Workshop on Middleware for Pervasive and Ad-Hoc Computing (MPAC'05)**, all'interno di Middleware'05, ACM Press, Grenoble, Francia, Novembre 2005.
- CI38** [74] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
*“Proactive Management of Distributed Buffers for Streaming Continuity in Wired-Wireless Integrated Networks”*,  
**2006 IEEE/IFIP Network Operations & Management Symposium (NOMS'06)**, IEEE Communication Society Press, pp. 351-360, Vancouver, Canada, Aprile 2006.
- CI39** [76] U. Lee, E. Magistretti, B. Zhou, M. Gerla, P. Bellavista, A. Corradi:  
*“Efficient Data Harvesting in Mobile Sensor Platforms”*,  
**2<sup>nd</sup> IEEE International Workshop on Sensor Networks and Systems for Pervasive Computing (PerSeNS'06)**, all'interno di 4<sup>th</sup> Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'06), IEEE Computer Society Press, pp. 120-124, Pisa, Italia, Marzo 2006.
- CI40** [77] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Evaluating Filtering Strategies for Decentralized Handover Prediction in the Wireless Internet”*,  
**11<sup>th</sup> IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC'06)**, IEEE Computer Society Press, Cagliari, Italia, Giugno 2006.
- CI41** [78] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
*“SIP-Based Proactive Handoff Management for Session Continuity in the Wireless Internet”*,  
**2<sup>nd</sup> International Workshop on Services and Infrastructure for the Ubiquitous and Mobile Internet (SIUMI'06)**, all'interno di 26<sup>th</sup> International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'06), IEEE Computer Society Press, pp. 69-76, Lisbona, Portogallo, Luglio 2006.
- CI42** [79] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:  
*“A k-hop Clustering Protocol for Dense Mobile Ad-Hoc Networks”*,  
**1<sup>st</sup> International Workshop on Dynamic Distributed Systems (IWDDS'06)**, all'interno di 26<sup>th</sup> International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'06), IEEE Computer Society Press, pp. 10-17, Lisbona, Portogallo, Luglio 2006.
- CI43** [82] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Enhancing JSR-179 for Positioning System Integration and Management”*,  
**International Workshop on Distributed Agent-based Retrieval Tools (DART'06)**, Polimetrica Press, pp. 49-66, Cagliari, Italia, Giugno 2006.
- CI44** [83] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Coupling Transparency and Visibility: a Translucent Middleware Approach for Positioning System Integration and Management (PoSIM)”*,  
**3<sup>rd</sup> International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS'06)**, IEEE Computer Society Press, pp. 35-40, Valencia, Spagna, Settembre 2006.

- CI45** [85] P. Bellavista, A. Corradi, M. Gerla, J. Kong, U. Lee, E. Magistretti:  
*“A Mobile Delay-tolerant Approach to Long-term Energy-efficient Underwater Sensor Networking”*,  
**IEEE Wireless Communications & Networking Conference (WCNC)**, IEEE Press, pp. 2868-2873, Hong Kong, Cina, Marzo 2007.
- CI46** [86] P. Bellavista, M. Gerla, U. Lee, E. Magistretti:  
*“Standard Integration of Sensing and Opportunistic Diffusion for Vehicular Sensor Networks Urban Monitoring: the MobEyes Architecture”*,  
**IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE’07)**, IEEE Press, pp. 401-406, Vigo, Spagna, Giugno 2007.
- CI47** [87] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
*“Context-Aware Multimedia Middleware Solutions for Counteracting IEEE 802.11 Performance Anomaly”*,  
 Paper invitato a **International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering (MUE’07)**, IEEE Computer Society Press, pp. 9-16, Seoul, Corea, Aprile 2007.
- CI48** [90] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Mobility-Aware Connectivity for Seamless Multimedia Delivery in the Heterogeneous Wireless Internet”*,  
 Paper invitato a **2<sup>nd</sup> Workshop on multiMedia Applications over Wireless Networks (MediaWiN)**, all'interno di **IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC’07)**, IEEE Computer Society Press, pp. 1-8, Aveiro, Portogallo, Luglio 2007.
- CI49** [91] P. Bellavista, E. Magistretti:  
*“Effective k-hop Cluster Maintenance and Backbone Formation for Content Sharing in Dense Mobile Ad Hoc Networks”*,  
 Paper invitato a **16<sup>th</sup> International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN’07)**, IEEE Communications Society Press, pp. 479-484, Honolulu, USA, Agosto 2007.
- CI50** [94] P. Mistrioni, C. Giannelli, P. Bellavista, L. Ghirardello:  
*“LIFE.net over Web: an Advanced Monitoring Protocol for UPS Systems”*,  
**International Telecommunications Energy Conference (Intelec’07)**, IEEE Press, Roma, Italia, Ottobre 2007.
- CI51** [95] P. Bellavista (panel organizer):  
*“Middleware for Next-Generation Converged Networks and Services: Myths or Reality?”*,  
**31<sup>st</sup> Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC’07)**, IEEE Computer Society Press, pp. 12-16, Pechino, Cina, Luglio 2007.
- CI52** [98] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“A Layered Infrastructure for Mobility-Aware Best Connectivity in the Heterogeneous Wireless Internet”*,

**1<sup>st</sup> International Conference on MOBILE Wireless MiddleWARE, Operating Systems, and Applications (Mobilware)**, ACM Press, pp. 266-273, Innsbruck, Austria, Febbraio 2008.

- CI54** [103] P. Bellavista, E. Magistretti,  
*“How Node Mobility Affects k-hop Cluster Quality in Mobile Ad Hoc Networks: a Quantitative Evaluation”*,  
**IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC’08)**, Marrakech, Marocco, Luglio 2008.
- CI55** [107] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini,  
*“An IMS Vertical Handoff Solution to Dynamically Adapt Mobile Multimedia Services”*,  
**IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC’08)**, Marrakech, Marocco, Luglio 2008.
- CI56** [108] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Context-aware Middleware for Dynamic Reorganization of Reliable Multi-hop Multi-path Connectivity”*,  
Paper invitato a **6<sup>th</sup> IFIP Workshop on Software Technologies for Future Embedded & Ubiquitous Systems (SEUS’08)**, Springer Lecture Notes on Computer Science LNCS 5287, pp. 66-78, Capri, Italia, Ottobre 2008.

## Convegni Nazionali

- CN1** [05] P. Bellavista, C. Cavallari, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“Agenti Mobili per Servizi in Internet: Direzioni di Standardizzazione e loro Implementazione in SOMA”*,  
**37<sup>a</sup> Conferenza dell’Associazione Italiana per l’Informatica ed il Calcolo Automatico (AICA’99)**, Edizioni Progetto, pp.19-31, Abano Terme, Italia, Settembre 1999.
- CN2** [13] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*“How a Secure and Open Mobile Agent Framework Suits Electronic Commerce Applications”*,  
**Workshop “Dagli Oggetti agli Agenti: Tendenze Evolutive dei Sistemi Software” (WOA’00)**, gruppo di lavoro Sistemi ad agenti e Multiagente dell’Associazione Italiana per l’Intelligenza Artificiale (AI\*IA) e Associazione Italiana per le Tecnologie Avanzate Basate su concetti Orientati agli Oggetti (TABOO), Pitagora Editrice, pp. 13-18, Parma, Italia, Maggio 2000.
- CN3** [23] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*“How to Prevent Denial-of-Service Attacks of Mobile Agents: a Solution for Java-based Platforms”*,  
**39<sup>a</sup> Conferenza dell’Associazione Italiana per l’Informatica ed il Calcolo Automatico (AICA’01)**, pp. 445-456, Cernobbio, Italia, Settembre 2001.

- CN4** [37] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*“Mobile Agents for Usage-based Accounting in Wireless Ubiquitous Environments”*,  
**Workshop "Dagli Oggetti agli Agenti: dall'Informazione alla Conoscenza"**  
 (WOA'02), gruppo di lavoro Sistemi ad agenti e Multiagente dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AI\*IA) e Associazione Italiana per le Tecnologie Avanzate Basate su concetti Orientati agli Oggetti (TABOO), ISBN88-371-1363-3, Pitagora Editrice, Milano, Italia, Novembre 2002.
- CN5** [41] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:  
*“Proxy-based Middleware for Service Continuity in Mobile Ad Hoc Networks”*,  
**Workshop "Dagli Oggetti agli Agenti: Sistemi Intelligenti e Pervasive Computing"**  
 (WOA'03), gruppo di lavoro Sistemi ad agenti e Multiagente dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AI\*IA) e Associazione Italiana per le Tecnologie Avanzate Basate su concetti Orientati agli Oggetti (TABOO), Cagliari, Settembre 2003.
- CN6** [42] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*“An Integrated Resource Management Architecture for Wireless Smart Environments”*,  
**Workshop "Dagli Oggetti agli Agenti: Sistemi Intelligenti e Pervasive Computing"**  
 (WOA'03), gruppo di lavoro Sistemi ad agenti e Multiagente dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AI\*IA) e Associazione Italiana per le Tecnologie Avanzate Basate su concetti Orientati agli Oggetti (TABOO), Cagliari, Settembre 2003.

## Convegni Internazionali con Atti Revisionati non Formali

- CINF1**[04] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*“An Integrated Environment for the Management of Network Resources and Services”*,  
**6<sup>th</sup> Workshop of the OpenView University Association (OVUA '99)**, Bologna, Italia, Giugno 1999.
- CINF2**[14] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*“On-line Distributed Monitoring of Heterogeneous Resources and Systems in Java”*,  
**7<sup>th</sup> Workshop of the OpenView University Association (OVUA '00)**, Santorini, Grecia, Giugno 2000.
- CINF3**[17] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“Monitor and Control of Mobile Agent Applications”*,  
**Object-Oriented Programming, Systems, Languages, and Applications (OOPSLA) Workshop on Experiences with Autonomous Mobile Objects and Agent Based Systems"**, Minneapolis, USA, Ottobre 2000.

**CINF4**[50] P. Bellavista, A. Corradi:  
“*Mobile Active Middleware for the QoS Management of Multimedia Streaming over Best-effort Networks*”,  
**IEEE International CQR Workshop on Quality and Reliability (CQR’04)**, IEEE Communications Society Technical Committee on Communications Quality & Reliability, San Antonio, Texas, Aprile 2004.

## 5.4 Accettati in Fase di Pubblicazione

### Riviste Internazionali

- RI27** [101] E. Magistretti, K.-W. Lee, M. Gerla, P. Bellavista, P. Liò, U. Lee:  
“*Bio-inspired Multi-Agent Data Harvesting in Vehicular Sensor Networks*”,  
Accettato per la pubblicazione in **Ad Hoc Networks Journal**, Elsevier Science, Autunno 2008.
- RI29** [106] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
“*Mobility Awareness for Always Best Served Connectivity in the Heterogeneous Wireless Internet*”,  
Accettato per la pubblicazione in **Journal of Mobile Networks and Applications (MONET)**, Springer Verlag, Inverno 2008, IF=0.586.
- RI30** [110] U. Lee, E. Magistretti, M. Gerla, P. Bellavista, A. Corradi:  
“*Dissemination and Harvesting of Urban Data using Vehicular Sensing Platforms*”,  
Accettato per la pubblicazione in **IEEE Transactions on Vehicular Technology**, Primavera 2009, IF=1.191.
- RI31** [111] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
“*Mobility-aware Middleware for Self-Organizing Heterogeneous Networks with Multi-hop Multi-path Connectivity*”,  
Accettato per la pubblicazione in **IEEE Wireless Communications**, Special issue on “Practical Aspects of Mobility in Wireless Self-Organizing Networks”, Inverno 2008, IF=2.000.
- RI32** [112] P. Bellavista, J. Xie, T. Tugcu:  
“*Recent Advances in Mobile Middleware for Wireless Systems and Services*”,  
Guest editorial, accettato per la pubblicazione in **Journal of Mobile Networks and Applications (MONET)**, Springer Verlag, Inverno 2008, IF=0.586.

### Libri

- LI2** [75] P. Bellavista (editor):  
“*EOLSS Theme 6.108 Telecommunication Systems and Technologies*”,  
Accettato per la pubblicazione come volume 6.108 in "UNESCO Encyclopaedia of Life Support Systems (EOLSS)", EOLSS Publishers Co Ltd, Giugno 2008.

## Capitoli in Monografie

- MI6** [65] P. Bellavista, R. Saracco:  
*“Telecommunication Systems and Technologies”*,  
Accettato per la pubblicazione come capitolo (theme-level writing) in "UNESCO Encyclopaedia of Life Support Systems (EOLSS)", EOLSS Publishers Co Ltd, Giugno 2008.
- MI8** [84] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Mobility-enabled Resource and Service Discovery”*,  
Accettato per la pubblicazione come capitolo invitato nella monografia "**Mobile Agents in Networking and Distributed Computing**", a cura di Jiannong Cao e Sajal K. Das, Wiley Series in Agent Technology, ISBN 047175160X, Giugno 2008.
- MI12** [109] P. Bellavista, A. Corradi, A. Toninelli:  
*“Secure Wireless Access to Services in Enterprise Networks”*,  
Accettato per la pubblicazione come capitolo invitato nella monografia "**Handbook of Enterprise Integration**", a cura di Mostafa Hashem Sherif, Taylor&Francis, ISBN 1420078216, Ottobre 2009.

## Convegni Internazionali

- CI53** [102] U. Lee, E. Magistretti, M. Gerla, P. Bellavista, P. Liò, K.-W. Lee,  
*“Bio-inspired Multi-Agent Collaboration for Urban Monitoring Applications”*,  
Accettato per la pubblicazione negli atti di **International Workshop on Bioinspired Design of Networks (Biowire’08)**, Hawthorne, USA, Ottobre 2008.

## Convegni Nazionali

- CN7** [113] S. Mattarozzi, P. Bellavista:  
*“Recent Advances in Mobile Middleware for Wireless Systems and Services”*,  
Accettato per la pubblicazione negli atti (paper invitato) di **Constructa – Conoscere, Progettare, Realizzare (Constructa’08)**, Venezia, Italia, Novembre 2008.

## 6 DESCRIZIONE DELLE PUBBLICAZIONI

Si descrivono nel seguito i lavori secondo la suddivisione in categorie proposta in precedenza. Per ogni categoria si riporta un numero progressivo di identificazione. Il numero che segue tra parentesi quadre è il numero progressivo in ordine cronologico di pubblicazione.

**RI1** [06] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“An Open Secure Mobile Agent Framework for Systems Management”*,  
**Journal of Network and System Management**, Special Issue on "Mobile Agent-based Network and Service Management", Springer, Vol. 7, No. 3, pp. 323-339, Settembre 1999.

Il lavoro esamina i temi connessi alla progettazione e allo sviluppo di servizi integrati per la gestione delle reti e dei sistemi in ambienti distribuiti, aperti ed eterogenei, quali Internet e il Web, proponendo l'utilizzo del paradigma ad agenti mobili (vedi anche [RI2] [RI3]). Sistemi di management basati sugli agenti mobili superano i problemi tipici di strumenti di gestione tradizionali, realizzati in accordo con il modello cliente/servitore, e permettono di trarre vantaggio in maniera significativa di caratteristiche degli agenti quali autonomia, capacità di pianificazione e asincronicità rispetto all'utente. La diffusione di soluzioni ad agenti mobili per la realizzazione di servizi distribuiti su scala industriale è attualmente limitata dalle problematiche di sicurezza e di interoperabilità intrinseche al paradigma. La sicurezza è indispensabile per il controllo e la gestione di sistemi globali tipicamente non fidati come Internet; l'interoperabilità è un requisito imprescindibile per permettere l'integrazione con i sistemi esistenti. L'articolo descrive un framework per la gestione basato su un'infrastruttura ad agenti mobili (descritta come sistema in [CI3] [RI4]), che garantisce le proprietà di sicurezza e interoperabilità. Tale infrastruttura propone un modello di sicurezza che integra un'ampia scelta di meccanismi, politiche e strumenti, e garantisce interoperabilità grazie alla conformità con standard diffusi come CORBA.

**RI2** [07] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli, F. Tarantino:  
*“Mobile Agents for Web-based Systems Management”*,  
**Internet Research: Electronic Networking Applications and Policy**, MCB University Press, Vol. 9, No. 5, pp. 360-371, Novembre 1999.

La dimensione e l'eterogeneità crescenti degli attuali sistemi globali rendono sempre più complessa la loro gestione attraverso strumenti basati sul tradizionale modello cliente/servitore. La tecnologia ad agenti mobili permette il superamento dei limiti imposti dagli approcci tradizionali e propone soluzioni particolarmente adatte per la gestione di sistemi Internet distribuiti ed eterogenei. Il lavoro descrive l'ambiente MAMAS (Mobile Agents for the Management of Applications and Systems) e la sua implementazione in termini di agenti mobili (lavoro correlato a [RI1]). MAMAS è in grado di adattarsi ad organizzazioni con architetture di interconnessione altamente differenziate e con diverse politiche di amministrazione. L'ambiente consente di monitorare l'intero sistema distribuito amministrato, di introdurre dinamicamente azioni correttive e di modificare run-time le politiche di gestione. Questi obiettivi sono stati ottenuti senza perdere di vista sia la proprietà di sicurezza, necessaria in sistemi non fidati come Internet, che quella di conformità con le più diffuse direzioni di standardizzazione. La scelta di Java come linguaggio di implementazione ha permesso di ottenere l'assoluta portabilità del sistema, di sfruttare le caratteristiche di sicurezza del linguaggio, e di fornire elevata accessibilità del servizio di

gestione tramite strumenti Web standard. L'integrazione con l'architettura CORBA ha consentito inoltre l'interoperabilità con altre piattaforme di gestione esistenti (legacy system).

- RI3** [08] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“An Integrated Management Environment for Network Resources and Services”*,  
**IEEE Journal of Selected Areas in Communications**, Special Issue on “Recent Advances in Network Management and Operations”, Vol. 18, No. 5, pp. 676-685, Maggio 2000.

Fattori derivanti sia dalla tecnologia che dagli utenti stanno contribuendo ad accrescere la complessità delle problematiche relative alle gestione delle reti. Da una parte l'eterogeneità e la globalizzazione delle risorse, dall'altra parte le crescenti aspettative degli utenti per ambienti e servizi sempre più flessibili e facili da usare, inducono a considerare il problema della gestione secondo modalità ed approcci di soluzione fortemente innovativi. Svartati lavori di ricerca riconoscono la necessità di soluzioni integrate che consentano la gestione sia di risorse di rete che di servizi in ambienti aperti, globali e non fidati. Tali soluzioni, inoltre, dovrebbero essere in grado di supportare la coesistenza contemporanea di differenti modelli di gestione, permettendo la completa interoperabilità con sistemi legacy. Il lavoro definisce un'architettura generale basata su un Distributed Processing Environment (DPE) che fornisce un ampio spettro di funzionalità al livello di servizio sovrastante. Questa architettura ha fornito le linee guida nello sviluppo di un ambiente integrato di gestione chiamato MESIS (vedi anche [CINF1]), che mette a disposizione un ricco DPE, implementato in maniera modulare sfruttando la tecnologia degli agenti mobili. MESIS gestisce uniformemente risorse e servizi, e pone l'accento sulla realizzazione di due proprietà cruciali: l'interoperabilità al fine di consentire il superamento dell'eterogeneità delle risorse distribuite, e la sicurezza al fine di garantire operazioni sicure e protette ad amministratori ed utenti. Il modulo Agent Interoperability Facility realizza il supporto per l'integrazione con sistemi di gestione conformi a CORBA e piattaforme ad agenti conformi a MASIF. Il modulo Agent Security Facility fornisce autenticazione, integrità, segretezza, autorizzazione, e interazione sicura con componenti CORBA.

- RI4** [12] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“Interoperability and Protection for Mobile Agents: an Open and Secure Programming Environment”*,  
**IEICE Transactions on Communications**, IEICE/IEEE Joint Special Issue on “Autonomous Decentralized Systems”, IEICE Communications Society Press, Vol. E83-B, No. 5, pp. 961-972, Maggio 2000.

La tecnologia degli agenti mobili può facilitare in modo significativo lo sviluppo di applicazioni per sistemi distribuiti, aperti ed eterogenei, ma deve soddisfare requisiti di sicurezza e interoperabilità per poter affermarsi largamente in ambito commerciale. Il lavoro, concentrandosi sulle problematiche connesse alla sicurezza e all'interoperabilità nei sistemi ad agenti mobili, descrive l'ambiente SOMA (vedi il lavoro correlato [CI3]). SOMA è basato su un modello di sicurezza che copre tutti i livelli di progetto del supporto, e fornisce un ampio ventaglio di meccanismi e strumenti per la costruzione e il controllo dinamico di politiche di sicurezza estremamente flessibili. Inoltre, SOMA permette di interoperare con componenti applicativi, sviluppati e implementati sulla base di altre tecnologie; l'interoperabilità è fornita grazie alla completa conformità di SOMA agli standard OMG CORBA e MASIF (vedi [CN1]). L'ambiente ha dimostrato la fattibilità e l'efficacia

dell'approccio per lo sviluppo di servizi flessibili e adattativi in diversi domini applicativi, in particolare nell'area della gestione integrata di reti e sistemi (vedi [RI1] [RI2] [RI3]).

**RI5** [19] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
“*Mobile Agent Middleware for Mobile Computing*”,  
**IEEE Computer**, Vol. 34, No. 3, pp. 73-81, Marzo 2001.

Internet e i moderni sistemi di telecomunicazione stanno convergendo verso uno scenario integrato in cui il mobile computing ricopre un ruolo sempre più rilevante, essendo in grado di attrarre un numero di utenti oramai simile, se non superiore, a quello della comunità di clienti dei servizi tradizionali di telefonia. Il concetto di mobilità è abitualmente identificato con la possibilità per gli utenti di connettersi alla rete globale da qualunque punto di accesso, anche tramite terminali con capacità computazionali estremamente eterogenee, mantenendo comunque le proprie configurazioni e preferenze personali (mobilità utente). Inoltre, con il termine mobilità si intende anche la capacità di muovere terminali portabili come laptop, telefoni cellulari WAP compatibili, personal digital assistant, ecc. (mobilità terminale). In aggiunta a questi due aspetti della mobilità e strettamente interrelato con essi, un problema che ancora non ha trovato soluzioni soddisfacenti è la necessità di assicurare, sia ad utenti che a terminali, la disponibilità di risorse e di servizi indipendentemente dalla loro posizione corrente (accesso mobile alle risorse). Tutti questi aspetti differenti, connessi al problema della mobilità concepita nel senso più ampio del termine, richiedono l'implementazione di un middleware di supporto integrato con le tecnologie standard di Internet. Il lavoro (vedi correlazioni con [CI4] [CI6]) presenta nel dettaglio la realizzazione di tre servizi specifici per la mobilità, in particolare per il supporto della mobilità degli utenti (User Virtual Environment), della mobilità dei terminali (Mobile Virtual Terminal) e dell'accesso mobile alle risorse (Virtual Resource Management). Questi servizi sono componenti integrati di un middleware che beneficia delle proprietà di flessibilità e dinamicità derivanti dalla sua implementazione in termini di agenti mobili.

**RI6** [21] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
“*Middleware Services for Interoperability in Open Mobile Agent Systems*”,  
**Microprocessors and Microsystems**, Vol. 25, No. 2, pp. 75-83, Elsevier Science,  
Maggio 2001.

Nonostante siano state progettate e implementate differenti piattaforme ad agenti mobili, mancano ancora servizi largamente diffusi in ambito commerciale e industriale basati sul paradigma degli agenti. Oltre alle problematiche di sicurezza connesse con la possibilità di muovere entità capaci di esecuzione, uno dei maggiori ostacoli che rallentano la diffusione della tecnologia è rappresentato dai problemi di interoperabilità fra agenti mobili, sistemi legacy e piattaforme ad agenti eterogenee. Il lavoro discute le soluzioni allo stato dell'arte per l'integrazione di sistemi ad agenti mobili ed altri sistemi, basati o meno sulla tecnologia ad agenti, attraverso la conformità con standard di interoperabilità. In particolare, l'articolo esamina soluzioni per la conformità con CORBA, lo standard diffusamente accettato nei componenti ad oggetti distribuiti, ma anche con MASIF e FIPA, rispettivamente la specifica OMG per il supporto alla mobilità e alla gestione degli agenti, e il framework per la standardizzazione dell'architettura di piattaforme ad agenti e di linguaggi di comunicazione. Le soluzioni esaminate hanno guidato il progetto e l'implementazione di un servizio middleware di interoperabilità per la piattaforma ad agenti SOMA, strutturato a livelli e implementato attraverso componenti modulari. Tali componenti possono essere distribuiti dinamicamente e installati unicamente ove richiesto senza imporre alcuna interruzione di

servizio. Il lavoro presenta inoltre uno scenario applicativo nel dominio della gestione integrata di reti, sistemi e servizi, in cui i componenti di interoperabilità permettono l'integrazione di agenti SOMA, di componenti conformi a SNMP, di risorse legacy, e di piattaforme ad agenti differenti da SOMA e conformi alle specifiche MASIF e FIPA.

**RI7** [26] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*"The Ubiquitous Provisioning of Internet Services to Portable Devices"*,  
**IEEE Pervasive Computing**, Vol. 1, No. 3, pp. 81-87, Luglio-Settembre 2002.

I recenti sviluppi tecnologici nelle telecomunicazioni mobili e nella miniaturizzazione dei dispositivi stanno spingendo la ricerca e il mercato verso la possibilità di erogare servizi Internet tradizionali a clienti mobili. Inoltre, la mobilità rende possibili nuove classi di servizi capaci di adattarsi dinamicamente alla posizione corrente dell'utente e alle capacità hardware/software, solitamente molto limitate, del suo dispositivo portatile di accesso. La fornitura di servizi in questo scenario non solo necessita di soluzioni per permettere la connettività di dispositivi wireless, ma anche di infrastrutture innovative per supportare il tracking della posizione dei dispositivi mobili, il discovery automatico delle risorse disponibili nella località corrente, la gestione dell'erogazione dei servizi durante la temporanea disconnessione dei dispositivi cliente, l'adattamento e la personalizzazione del servizio alle caratteristiche altamente eterogenee dei dispositivi/punti di accesso. L'articolo presenta la prosecuzione del lavoro [RI5] focalizzando specificatamente sul supporto a dispositivi wireless con limitate capacità computazionali. In particolare, esso descrive un middleware in cui gli agenti mobili giocano il ruolo di proxy sulla rete fissa per i dispositivi portatili, al fine di adattare il servizio erogato alle specifiche caratteristiche del dispositivo di accesso e ai requisiti espressi dall'utente mobile.

**RI8** [29] P. Bellavista, A. Corradi:  
*"A Mobile Agent-activated Middleware for Internet Video on Demand"*,  
**IPJS Journal**, Information Processing Society of Japan, Vol. 43, No. 11, pp. 3301-3315, Novembre 2002.

La crescita continua dei requisiti utente e l'ampliamento dell'eterogeneità dei terminali di accesso spingono ancora con maggiore urgenza a considerare i problemi connessi all'erogazione di servizi Internet con qualità di servizio differenziata e con accessibilità ubiqua. Il lavoro estende la proposta di [CI12] e mostra come sia possibile fornire servizi con negoziazione e controllo della qualità anche su reti che rispondono al tradizionale modello best-effort. La nostra soluzione si basa sull'idea di infrastrutture distribuite di supporto capaci di rendere attivi i nodi intermedi attraversati dai flussi multimediali dai server verso i clienti. L'articolo propone l'utilizzo degli agenti mobili come tecnologia di "attivazione" per realizzare le suddette infrastrutture attive e presenta il progetto e l'implementazione di un middleware, chiamato ubiQoS, per il supporto alla erogazione di flussi Video on Demand. A tempo di negoziazione, ubiQoS è in grado di determinare un cammino attivo di nodi che si occupano di fare il tailoring della qualità di servizio dei flussi multimediali in dipendenza da informazioni di profilo sulle preferenze utente e sulle caratteristiche dei terminali di accesso. A tempo di erogazione, ubiQoS fa il monitoraggio della qualità offerta e reagisce rapidamente a cambiamenti nella disponibilità di risorse grazie a operazioni di controllo/gestione locali alle risorse, come, ad esempio, transcoding/downscaling dei flussi erogati e preemption di risorse da destinarsi a flussi con maggiore priorità.

- RI9** [30] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*"Java for On-line Distributed Monitoring of Heterogeneous Systems and Services"*,  
**The Computer Journal**, Oxford University Press, Vol. 45, No. 6, pp. 595-607,  
Novembre 2002.

Il controllo e la gestione della qualità nell'erogazione di servizi Web richiede l'estensione dell'infrastruttura Internet con funzionalità di monitoraggio capaci di ottenere dinamicamente la visibilità dello stato delle risorse di rete e di propagare tale visibilità a livello applicativo. Il lavoro descrive nel dettaglio la progettazione e l'implementazione dello strumento Monitoring Application Programming Interface (MAPI), un sistema basato su Java per il monitoraggio on-line di risorse Internet eterogenee. MAPI fornisce indicatori di monitoraggio a differenti livelli di astrazione. A livello applicativo, MAPI è in grado di instrumentare la macchina virtuale Java e di produrre la notifica di differenti tipologie di eventi legati all'esecuzione di applicazioni Java, come ad esempio l'allocazione di nuovi oggetti e le chiamate a metodi. A livello di kernel, MAPI è in grado di ottenere visibilità di informazioni di sistema, generalmente nascoste dalla macchina virtuale, come ad esempio l'utilizzo di CPU e il numero di pacchetti di rete ricevuti; queste funzionalità sono ottenute tramite l'integrazione con agenti SNMP e con moduli di monitoraggio platform-dependent. MAPI costituisce il nucleo centrale di uno strumento portatile per il monitoraggio, il controllo e la gestione distribuita in ambiente Internet. Lo strumento è implementato in termini di agenti mobili che si muovono localmente alle risorse e mettono in atto politiche di gestione in maniera autonoma, con una significativa riduzione sia dell'overhead di traffico che del tempo di reazione.

- RI10** [36] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*"Dynamic Binding in Mobile Applications: a Middleware Approach"*,  
**IEEE Internet Computing**, Numero speciale su "Mobile Applications", Vol. 7, No. 2, pp. 34-42, Marzo-Aprile 2003.

La mobilità di utenti, terminali e risorse solleva nuovi problemi e nuove sfide tecnologiche per il supporto alla erogazione di servizi Internet. In particolare, sono necessarie soluzioni innovative per gestire in modo appropriato l'insieme di collegamenti che un'entità mobile instaura con le risorse di cui ha bisogno durante l'esecuzione. Il lavoro propone un middleware per il supporto dinamico a strategie di binding che possano essere definite e modificate a tempo di erogazione del servizio, e che dipendano da condizioni runtime, come ad esempio la disponibilità locale di determinate risorse, preferenze utente, e caratteristiche hardware/software del terminale cliente. La soluzione proposta separa nettamente le decisioni di binding dalla logica applicativa, ed è in grado di aggiornare automaticamente i collegamenti alle risorse anche sulla base di differenti tipologie di metadati, da politiche di gestione di alto livello specificate da amministratori di sistema e service provider, a profili per la descrizione di utenti/terminali/risorse e vincoli di co-località sulle risorse. Ciò consente l'adattamento dinamico ed automatico di servizi mobili ai cambiamenti dell'ambiente di esecuzione senza alcun intervento diretto sulla logica applicativa.

**RI11** [34] P. Bellavista:

*"Middleware Solutions for QoS in Distributed Multimedia Services"*,

**Microprocessors and Microsystems**, editorial per il numero speciale su "Middleware Solutions for QoS in Distributed Multimedia Services", Elsevier Science, Vol. 27, No. 2, pp. 43-44, Marzo 2003.

Il numero speciale cerca di tracciare lo stato dell'arte della ricerca nel settore, composito e articolato, delle infrastrutture middleware per la realizzazione di servizi multimediali con garanzie/requisiti di livelli di qualità differenziata, sia su reti che supportino protocolli di prenotazione delle risorse che su reti best-effort tradizionali. Il numero speciale raccoglie contributi da alcuni dei maggiori esperti internazionali nel settore, da Douglas C. Schmidt per i middleware real-time conformi a CORBA a Klara Nahrstedt per le soluzioni middleware orientate allo streaming e al caching collaborativo.

**RI12** [35] P. Bellavista, A. Corradi:

*"Active Middleware for Internet Video on Demand: the QoS-aware Routing Solution in ubiQoS"*,

**Microprocessors and Microsystems**, numero speciale su "Middleware Solutions for QoS in Distributed Multimedia Services", Elsevier Science, Vol. 27, No. 2, pp. 73-83, Marzo 2003.

Diversi fattori, dall'ampliamento continuo dell'eterogeneità dei dispositivi portabili di accesso ai servizi, alla crescita dei requisiti e delle aspettative degli utenti, obbligano a considerare cruciali i problemi connessi all'erogazione di servizi Internet con qualità di servizio differenziata e con accessibilità ubiqua, specie in ambito multimediale. Il lavoro estende le proposte [CI12] e [RI8] focalizzando sul problema della determinazione dinamica del cammino attivo ottimale per il monitoraggio, il controllo e l'adattamento dinamico della qualità di servizio nella distribuzione multicast di flussi tipo Video on Demand. In particolare, il lavoro discute l'opportunità di realizzare un discovery dinamico basato su una architettura peer-to-peer ibrida, dove la determinazione del cammino e dei nodi di adattamento dei flussi tenga conto anche di informazioni di profilo sulle preferenze utente e sulle caratteristiche dei terminali di accesso. Viene proposta una soluzione e ne viene mostrata un'implementazione integrata con la piattaforma ubiQoS. Infine, il lavoro presenta e discute le prestazioni sperimentali della soluzione innovativa proposta, messe a confronto con le performance di soluzioni più tradizionali basate sul modello client/server.

**RI13** [44] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:

*"Context-aware Middleware for Resource Management in the Wireless Internet"*,

**IEEE Transactions on Software Engineering**, Numero speciale su "Wireless Internet", Vol. 29, No. 12, pp. 1086-1099, Dicembre 2003.

La fornitura di servizi Web su reti Internet integrate wired-wireless introduce nuove e complesse problematiche nella progettazione e nell'implementazione di applicazioni distribuite: dalla mobilità utente/terminale durante l'esecuzione del servizio, all'ampia eterogeneità dei dispositivi di accesso e ai cambiamenti non predicibili nella disponibilità delle risorse a runtime. In questo scenario si verificano frequenti variazioni dinamiche nel contesto, definito come l'insieme logico delle risorse accessibili in dipendenza dalla locazione del cliente, dalle capacità del suo terminale di accesso, e dalle politiche di gestione del sistema e dei servizi erogati. Il lavoro discute e motiva la necessità di middleware innovativi con piena visibilità del contesto per lo sviluppo di servizi in tale scenario, e propone un middleware, chiamato CARMEN, per la gestione context-aware delle risorse distribuite.

CARMEN è in grado di supportare la riconfigurazione automatica dei servizi in ambiente Internet wired-wireless in risposta a cambiamenti di contesto, senza bisogno di alcun intervento sull'implementazione della logica applicativa. CARMEN determina dinamicamente il contesto sulla base di metadati che comprendono politiche dichiarative di gestione e profili per le preferenze utente e per le caratteristiche dei dispositivi di accesso e delle risorse. Inoltre, CARMEN impiega la tecnologia degli agenti mobili per realizzare componenti di middleware che possono migrare e seguire il movimento a runtime dei clienti, supportando localmente il loro accesso personalizzato ai servizi. Il middleware proposto mostra come l'adozione combinata di metadati e agenti mobili può favorire il riuso di componenti e la riconfigurazione automatica dei servizi, riducendo considerevolmente la complessità dello sviluppo e del deployment di applicazioni distribuite.

**RI14** [31] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:

*"Application-level QoS Control for Video-on-Demand"*,

**IEEE Internet Computing**, Vol. 7, No. 6, pp. 16-24, Novembre-Dicembre 2003.

Il numero crescente di utenti Internet con preferenze e requisiti di servizio differenziati e la grande eterogeneità dei dispositivi di accesso, anche wireless, correntemente utilizzati in rete suggeriscono l'erogazione di livelli di qualità differenti. In particolare, servizi con vincoli stringenti di controllo sul tempo di risposta, come nel settore del Video on Demand (VoD), richiedono la differenziazione, il controllo e l'adattamento dinamico della qualità di servizio (QoS). Il lavoro presenta e discute le linee guida per la progettazione di soluzioni middleware per il supporto a livelli di QoS differenziati in servizi distribuiti VoD che operano su reti globali con modello di comunicazione di tipo best-effort. La soluzione middleware proposta sfrutta sia la visibilità di informazioni di locazione che la capacità di adattamento dinamico dei flussi di servizio erogati. Da una parte, le informazioni di locazione permettono operazioni di management distribuito efficaci ed efficienti. Dall'altra, i flussi VoD erogati sono adattati dal middleware in risposta a cambiamenti dinamici nella disponibilità di risorse distribuite. L'articolo presenta ubiQoS, un middleware con visibilità di informazioni di QoS che permette, in fase di negoziazione, di fare il tailoring del livello di qualità dipendentemente dalle preferenze utente e dalle caratteristiche del terminale di accesso, e che permette, a tempo di erogazione, di reagire prontamente a modifiche nella disponibilità delle risorse coinvolte attraverso operazioni di QoS management sui flussi erogati.

**RI15** [62] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:

*"Lightweight Autonomic Dissemination of Entertainment Services in Wide-scale Wireless Environments"*,

**IEEE Communications Magazine**, Vol. 43, No. 6, pp. 94-101, Giugno 2005.

L'esplosione del mercato dei dispositivi wireless portabili apre nuove importanti opportunità commerciali per la realizzazione di servizi distribuiti di intrattenimento. Uno scenario di potenziale interesse è rappresentato da quelle regioni spaziali di estensione limitata, come stadi, stazioni ferroviarie e aeroporti, che ospitano simultaneamente un grande numero di nodi wireless mobili (dense MANET). La fornitura di servizi di intrattenimento in una dense MANET, ad esempio la distribuzione di notizie, trailer cinematografici, canzoni e videogame, è un obiettivo difficile e impossibile da raggiungere in modo scalabile tramite le tradizionali infrastrutture di rete statiche. Il lavoro propone strategie innovative di disseminazione di risorse, autonome e a basso overhead, che sfruttano relazioni dinamiche di collaborazione fra pari per replicare risorse di interesse comune in modo efficiente e lascamente consistente. In particolare, viene presentato il middleware REDMAN per la gestione, il ritrovamento, e la

disseminazione di repliche di dati e componenti applicativi in maniera trasparente per gli sviluppatori di servizi per permettere di diminuire la complessità della realizzazione di servizi di intrattenimento su larga scala. REDMAN propone soluzioni originali e a basso overhead per l'identificazione di dense MANET, per il mantenimento del grado di replicazione desiderato, e per il ritrovamento efficiente delle risorse richieste, grazie allo sfruttamento delle ipotesi di densità di nodi relativamente alta e pressoché costante su larghi intervalli di tempo. Sotto queste ipotesi, i protocolli implementati assicurano buona scalabilità e limitato overhead in termini di traffico di rete.

**RI16** [66] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:

*“REDMAN: an Optimistic Replication Middleware for Read-only Resources in Dense MANETs”*,

**Pervasive and Mobile Computing Journal**, Elsevier Science, Vol. 1, No. 3, pp. 279-310, Settembre 2005.

La diffusione di dispositivi wireless sta rendendo possibili nuovi scenari di servizio, fra cui di particolare rilievo risulta essere quello delle dense MANET, ovvero aree spaziali limitate, come centri commerciali e aeroporti, in cui un numero elevato di nodi mobili possono cooperare in modo autonomo e peer-to-peer, senza il bisogno di una infrastruttura di rete pre-stabilita staticamente. Il lavoro illustra il middleware REDMAN per la gestione, il ritrovamento e la disseminazione di repliche di risorse dati e componenti di servizio in una dense MANET. La principale linea guida adottata è lo sfruttamento della larga popolazione di nodi per abilitare una replicazione di risorse di tipo ottimistico e a basso overhead, capace di tollerare guasti e uscite di nodi dalla regione densa. REDMAN propone soluzioni approssimate ed euristiche originali, specificatamente progettate per dense MANET, che hanno dimostrato buona scalabilità e overhead limitato nella fase di configurazione della dense MANET (determinazione dei nodi ed elezione del manager), di distribuzione e ritrovamento delle repliche, e di mantenimento lascamente consistente del grado di replicazione. Il lavoro estende, con numerosi dettagli di implementazione e ampi risultati sperimentali, l'architettura di soluzione presentata in [RI15].

**RI17** [67] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:

*“A Mobile Computing Middleware for Location- and Context-Aware Internet Data Services”*,

**ACM Transactions on Internet Technology**, Vol. 6, No. 4, pp. 356-380, Novembre 2006.

Il successo pervasivo del mobile computing stimola nuove applicazioni distribuite capaci di fornire risultati che dipendano sia dalla posizione corrente del cliente (location) che dall'insieme logico di risorse accessibili, servizi, preferenze e requisiti (context). Lasciare tutto il carico della gestione delle informazioni di location/context agli sviluppatori di applicazioni rende estremamente complessa la realizzazione di servizi mobili innovativi. Inoltre, soluzioni middleware tradizionali tendono a nascondere al livello applicativo la visibilità di informazioni di location/context e non sono appropriate per il supporto a servizi adattativi per ambienti mobili. Il lavoro propone un middleware flessibile per il supporto allo sviluppo e al deployment di servizi location/context-aware per l'accesso a sorgenti eterogenee di dati su rete Internet wired-wireless integrata. Una scelta cruciale nella progettazione del middleware è stata quella di sfruttare politiche di alto livello per semplificare la specifica di servizi che si adattino dinamicamente a location/context dei cliente correntemente serviti. Inoltre, il middleware proposto adotta la tecnologia degli agenti mobili per supportare,

efficacemente ed efficientemente, l'accesso autonomo, asincrono e locale alle risorse dati, in modo particolarmente appropriato per clienti con possibili disconnessioni temporanee durante l'erogazione del servizio. Il middleware è mostrato in azione nel supporto ad un servizio di case study, ovvero un'applicazione di guida museale virtuale che fornisce ai visitatori informazioni artistiche dipendenti da location/context. Il case study illustrato mette in evidenza la flessibilità e l'usabilità del middleware proposto che permette la riconfigurazione automatica dei servizi senza alcun impatto sull'implementazione della logica applicativa.

**RI18** [70] P. Bellavista, Chi-Ming Chen:

*"Special Issue with Selected Papers from the 11th IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC'06)"*,

**Microprocessors and Microsystems**, editorial per il numero speciale su "ISCC'06", Elsevier Science, Vol. 31, No. 4, pp. 213-214, Giugno 2007.

Il numero speciale propone versioni estese dei migliori paper accettati all'interno della conferenza IEEE ISCC 2006, per la quale il sottoscritto ha svolto il ruolo di Technical Program Co-Chair. I contributi selezionati ben rappresentano sia l'eccellenza del lavoro di ricerca presentato alla conferenza che la varietà di argomenti che sono oggetto di interesse della serie di conferenze ISCC. Questa molteplicità è cruciale e parte fondante della natura stessa di ISCC, che ha l'ambizioso obiettivo di rappresentare un forum capace di stimolare la cross-fertilization fra le differenti aree dei sistemi distribuiti e delle telecomunicazioni, e di incoraggiare la discussione proficua fra esperti industriali e dell'accademia in relazione a campi differenti della convergenza telecom/distributed computing.

**RI19** [80] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, A. Toninelli:

*"Context-aware Semantic Discovery for Next Generation Mobile Systems"*,

**IEEE Communications**, Vol. 44, No. 9, pp. 62-71, Settembre 2006.

Un vasto mercato di utenti con preferenze differenziate e terminali eterogenei per l'accesso wireless avrà accesso nei prossimi anni in modo sempre crescente a un ampio spettro di servizi distribuiti dinamicamente introdotti da diversi provider di servizio in competizione fra loro. Per questo, nella prossima generazione di sistemi mobili i servizi di service discovery centrati sull'utente (user-centric discovery) saranno cruciali per la realizzazione di viste personalizzate dei soli servizi di interesse potenziale per il dato utente. Riteniamo che la personalizzazione della vista dei servizi disponibili debba essere basato sul concetto di contesto, ad esempio in base alle preferenze utente, alle capacità del dispositivo di accesso e alle condizioni correnti dell'ambiente di esecuzione. Inoltre user-centric discovery dovrebbe sfruttare tecnologie semantiche per consentire massima flessibilità di matching fra requisiti e capacità in scenari di deployment massimamente aperti e dinamici. Il lavoro presenta il nostro middleware MIDAS che esemplifica come sia possibile ed efficace lo sfruttamento di visibilità piena di informazioni di contesto basate su metadati di profilazione utente/dispositivo/servizio e su matchmaking semantico.

**RI20** [81] U. Lee, E. Magistretti, B. Zhou, M. Gerla, P. Bellavista, A. Corradi:  
“*MobEyes: Smart Mobs for Urban Monitoring with Vehicular Sensor Networks*”,  
**IEEE Wireless Communications**, Vol. 13, No. 5, pp. 51-57, Ottobre 2006.

Le reti veicolari di sensori rappresentano un paradigma di rete emergente e di primario interesse, in particolare per la raccolta proattiva di informazioni di monitoraggio in ambienti urbani (proactive urban monitoring). L'idea primaria dell'articolo è che ogni veicolo, che usualmente non ha vincoli stringenti su capacità computazionali e di memorizzazione come avviene per altri tipi di nodi sensori, possa monitorare eventi di interesse comune in modo opportunistico, ad esempio scattando fotografie delle strade o monitorando la presenza di sostanze chimiche nocive. Tali informazioni possono essere processate localmente al veicolo, ad esempio per riconoscere determinati numeri di targa, e i risultati di tale processamento possono essere istruati attraverso l'incontro opportunistico con altri veicoli, ad esempio diffondendo così notifiche rilevanti ad altri guidatori o agli agenti di polizia. In questo scenario innovativo, tali sensori possono generare grandi quantità di dati che rendono non praticabili gli approcci più tradizionali adottati nelle reti di sensori. Il nostro lavoro propone MobEyes, un supporto middleware efficiente e leggero per proactive urban monitoring basato sulla linea guida fondamentale di sfruttare la mobilità intrinseca dei veicoli per diffondere opportunisticamente dei riassunti sintetici dei dati di monitoraggio. MobEyes si occupa di raccogliere questi riassunti in modo efficace, costruendo così un indice distribuito parzialmente consistente realtivo ai dati di monitoraggio memorizzati nella rete di veicoli. I risultati presentati, sia derivanti da lavoro analitico che di simulazione, mostrano che MobEyes è in grado di realizzare un indice ragionevolmente completo con buona scalabilità e overhead molto limitato senza richiedere alcun tipo di centralizzazione.

**RI21** [92] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
“*Context-Aware Handoff Middleware for Transparent Service Continuity in Wireless Networks*”,  
**Pervasive and Mobile Computing Journal**, Elsevier Science, Vol. 3, No. 4, pp. 439-466, Agosto 2007.

I progressi nelle comunicazioni wireless e nei sistemi di content delivery stanno rendendo possibili scenari di servizio innovativi in cui un crescente numero di utenti ha interesse nell'accesso di servizi continui, come audio/video streaming, mentre si muove fra diversi punti di accesso alla connettività Internet, anche con tecnologie di connettività differenziate ed eterogenee, ad esempio Wi-Fi, Bluetooth e cellular 3G. Questi scenari motivano nuove soluzioni middleware per la personalizzazione dinamica della fornitura di servizi multimediali dipendentemente dalle caratteristiche dell'ambiente di erogazione nella località del cliente, in particolare in dipendenza dalle discontinuità nella disponibilità di risorse in seguito a eventi di handoff. Il nostro lavoro propone una nuova soluzione middleware, chiamata Mobile agent-based Ubiquitous multimedia Middleware (MUM), che si occupa di gestire gli handoff in modo efficace e context-aware durante l'erogazione di sessioni multimediali, evitando ogni interruzione di servizio durante gli eventi di handoff, sia orizzontali che verticali, in modo trasparente. MUM sfrutta la completa visibilità delle connettività wireless disponibili e delle caratteristiche implementative dei relativi processi di handoff (handoff awareness), dei requisiti di qualità dei servizi in corso e del corrispondente degrado di qualità dovuto all'handoff (QoS awareness), e delle topologia di rete insieme alla disponibilità locale di risorse (location awareness). Queste tre forme di visibilità permettono sinergicamente di realizzare soluzioni originali per la predizione di eventi di handoff, per la continuità di servizi multimediali attraverso buffering/pre-fetching adattivo, e per il re-indirizzamento/rebinding dinamico e proattivo.

**RI22** [93] P. Bellavista, C. Stefanelli, M. Tortonesi:  
“*QoS Management Middleware Solutions for Bluetooth Audio Distribution*”,  
**Pervasive and Mobile Computing Journal**, Elsevier Science, Vol. 4, No. 1, pp. 117-138, Febbraio 2008.

Un problema cruciale negli scenari di Internet mobile è sicuramente la differenziazione dinamica dei livelli di Quality of Service (QoS) forniti ai vari clienti, dipendentemente dalle caratteristiche di utenza e dalla disponibilità corrente di risorse. In questo ambito generale, il nostro lavoro suggerisce come un middleware a livello applicativo (ubiQoS) possa supportare l'erogazione di audio streaming con differenti livelli di QoS sull'ultima tratta Bluetooth verso dispositivi cliente wireless. In particolare ubiQoS è in grado di fare il deployment dinamico di proxy mobili, col ruolo di master delle loro piconet Bluetooth, che si occupano autonomamente di configurare e di gestire opportunamente le connessioni Bluetooth verso i clienti. Le applicazioni audio possono lavorare sfruttando il supporto ubiQoS, realizzando così livelli di QoS differenziati semplicemente tramite la specifica di differenti classi di utenza e profili di terminale. I proxy ubiQoS utilizzano JSR82ext, una libreria Java che abbiamo realizzato estendendo la specifica standard JSR82 (per comunicazioni Bluetooth in Java) con funzionalità avanzate di gestione QoS per tutte le possibili tipologie di connessione Bluetooth. I risultati sperimentali inclusi nel lavoro dimostrano che la nostra implementazione Java-based può supportare senza problemi livelli di QoS dinamicamente differenziati per svariate tipologie di traffico audio, con un uso efficiente della banda Bluetooth disponibile.

**RI23** [96] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
“*The MUM Middleware to Counteract IEEE 802.11 Performance Anomaly in Context-aware Multimedia Provisioning*”,  
**International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering**, Science & Engineering Research Support Center (SERSC), Vol. 2, No. 2, pp. 15-33, Luglio 2007.

L'erogazione di servizi multimediali su reti Wi-Fi include problematiche tecniche ancora non del tutto risolte e dovrebbe considerare anche problematiche innovative derivanti dal comportamento specifico dei protocolli della famiglia IEEE 802.11. In particolare, in questo lavoro sottolineiamo la necessità di avere visibilità di dati di contesto riguardo la cosiddetta anomalia di performance di IEEE 802.11, ovvero la situazione in cui anche un singolo nodo posizionato ai confini dell'area di copertura di un access point Wi-Fi può produrre un degrado rilevante della qualità di connettività ottenibile da tutti gli altri nodi nell'area, qualunque sia il loro posizionamento. Il lavoro propone un middleware innovativo a livello applicativo per contrastare l'anomalia IEEE 802.11 senza imporre alcuna modifica ai protocolli Wi-Fi standard, permettendo così di mantenere l'ampia base installata di access point senza alcuno sforzo ulteriore di deployment. Il middleware proposto è in grado di identificare situazioni di anomalia IEEE 802.11 in modo portatile e decentralizzato attraverso meccanismi di monitoraggio standard disponibili sui clienti. La visibilità delle situazioni di anomalia è sfruttata per reagire in modo rapido con operazioni di management a livello applicativo (downscaling della qualità dei flussi erogati e traffic shaping). Il risultato è sia di preservare il goodput ai nodi posti in aree ben coperte, sia di minimizzare il degrado della qualità presso i clienti che stanno producendo le situazioni di anomalia. I risultati sperimentali mostrati evidenziano la fattibilità di un approccio middleware a livello applicativo nonostante i vincoli stringenti dovuti al dominio applicativo dei servizi multimediali.

**RI24** [99] T. Magedanz, E. Madeira, P. Bellavista,  
*“Management Challenges and Solutions for IP Multimedia Subsystems”*,  
**Journal of Network and Systems Management**, guest editorial per numero speciale,  
Springer, Vol. 16, No. 1, pp. 12-14, Febbraio 2008.

IP Multimedia Subsystem (IMS) è ampiamente considerato oggi come la piattaforma di servizio comune e maggiormente promettente per l'erogazione unificata di servizi con controllo della sessione su differenti tecnologie di accesso alla rete. Da questo punto di vista, IMS è strettamente correlato con l'idea stessa di reti convergenti di prossima generazione (Fixed Mobile Convergence, ovvero Triple Play, ovvero Quadruple Play) in cui i servizi vengono erogati in modo uniforme e seamless su differenti reti di trasporto tramite il mescolamento e la sinergia di concetti dal mondo delle reti di telecomunicazione fissa/mobile e dei sistemi distribuiti basati su IP. In questo contesto generale, il numero speciale vuole investigare lo stato dell'arte del settore IMS in riferimento alle soluzioni innovative per la gestione di tale infrastruttura, dall'integrazione di meccanismi di controllo differenziati su reti eterogenee fino alla gestione dinamica dell'adattamento e della personalizzazione dei servizi, anche in occasione di trasferimento seamless fra diversi reti di accesso a tempo di esecuzione.

**RI25** [100] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli,  
*“The PoSIM Middleware for Translucent and Context-aware Integrated Management of Heterogeneous Positioning Systems”*,  
**Computer Communications Journal**, Special Issue on "Advanced Location-Based Services", Elsevier Science, Vol. 31, No. 6, pp. 1078-1090, Marzo 2008.

L'ampia disponibilità di dispositivi con interfacce wireless multiple e l'esistenza di svariate tecniche di posizionamento eterogenee apre nuove potenzialità di mercato per i servizi basati su locazione (Location Based Services - LBS), seppur complicando sensibilmente la loro progettazione e implementazione. In questo lavoro sosteniamo la necessità di middleware innovativi per la gestione dinamica e sinergica dei vari sistemi di posizionamento eterogenei lato client che si scoprono disponibili a tempo di esecuzione. Il loro sfruttamento efficiente deve dipendere da informazioni di contesto, ovvero requisiti degli LBS in esecuzione, preferenze utente, proprietà dei dispositivi in uso e stato dell'ambiente di esecuzione in generale. A tal fine il nostro lavoro di ricerca ha portato alla progettazione e all'implementazione di PoSIM, un middleware context-aware per l'utilizzo e il controllo sinergici di sistemi di posizionamento plurimi. PoSIM si pone inoltre l'obiettivo di facilitare e accelerare lo sviluppo e la portabilità di LBS in diversi ambienti di esecuzione. Un'idea centrale è quella che il nostro middleware sia translucent, ovvero possa fornire agli sviluppatori di LBS forme differenziate di visibilità sia dei dati di posizionamento che del controllo di tali sistemi, così adattandosi dinamicamente ai requisiti di deployment specifici dell'applicazione LBS considerata e abilitando la realizzazione di decisioni di gestione cross-layer. Il lavoro descrive approfonditamente il design e l'implementazione di PoSIM e come il middleware possa essere impiegato praticamente per semplificare lo sviluppo di LBS attraverso la semplice definizione di alto livello di opportuni eventi, filtri e politiche.

**RI26** [104] P. Bellavista, A. Kupper, S. Helal,  
“*Location Based Services: Back to the Future*”,  
**IEEE Pervasive Computing**, Vol. 7, No. 2, pp. 85-89, Aprile 2008.

Questo lavoro presenta in modo visionario le principali direzioni di evoluzione attuali delle tecnologie correlate e dell'ingegneria del software dei servizi basati su localizzazione. La fiction di presentazione si basa sull'idea della descrizione di un panel in un'ipotetica conferenza ambientata nel 2012, dove alcuni esperti internazionali discutono di quali siano stati i maggiori elementi di evoluzione tecnologica che hanno portato al grande successo corrente della seconda generazione di servizi dipendenti dalla localizzazione. Al contempo, questo permette di mettere in evidenza quali furono i principali punti di debolezza che impedirono ai primi servizi location-based di avere grande successo commerciale e di mercato nei primi anni del terzo millennio.

**RI27** [101] E. Magistretti, K.-W. Lee, M. Gerla, P. Bellavista, P. Liò, U. Lee,  
“*Bio-inspired Multi-Agent Data Harvesting in Vehicular Sensor Networks*”,  
Accettato per la pubblicazione in **Ad Hoc Networks Journal**, Elsevier Science,  
Autunno 2008.

Le reti veicolari di sensori rappresentano un argomento di grande interesse corrente perché rendono possibile una serie di applicazioni innovative e promettenti, dal monitoraggio del traffico e ambientale in genere, alla sorveglianza distribuita dei luoghi pubblici. Mentre in lavori precedenti si erano illustrati i principi architetturali, i protocolli e l'implementazione di MobEyes, in questo articolo ci siamo concentrati specificamente su come permettere la collaborazione decentralizzata ed efficiente di agenti multipli nella raccolta e nella ricerca di metadata cruciali all'interno del database distribuito, parzialmente replicato e parzialmente consistente che è realizzato dal nostro middleware innovativo. In particolare, il lavoro presenta un algoritmo originale di metadata harvesting, chiamato datataxis, la cui linea guida principale è quella di coprire efficacemente un'ampia porzione di spazio urbano alternando opportunamente differenti comportamenti di ispirazione biologica: il comportamento di chemotaxis del batterio E. coli e i voli Lévy per favorire lo spostamento preferenziale degli agenti verso segmenti della rete stradale dove la concentrazione di metadata non ancora raccolti è presumibilmente più alta. La nostra proposta, inoltre, evita ogni tipo di duplicazione del lavoro di raccolta di metadata attraverso un approccio preventivo basato su stigmergy per evitare l'inutile presenza contemporanea di più agenti nella stessa regione. Il nostro algoritmo di datataxis è stato validato sperimentalmente tramite un ampio set di simulazioni che mostrano come il comportamento bio-inspired proposto permette di bilanciare efficacemente il movimento degli agenti, migliorando in modo sensibile le performance se confrontato con le altre strategie decentralizzate note in letteratura. Infine, la soluzione proposta ha dimostrato la sua robustezza ed efficienza in un'ampia casistica di valori per i parametri che descrivono l'ambiente operativo; questo corrobora l'idea che la proposta sia facilmente applicabile, in modo rapido, in differenti applicazioni di monitoraggio urbano con differenti requisiti e caratteristiche.

**RI28** [105] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini,  
*“Dynamic and Context-aware Streaming Adaptation to Smooth Quality Degradation due to IEEE 802.11 Performance Anomaly”*,  
**Journal of Supercomputing**, Springer, Vol. 45, No. 1, pp. 15-28, July 2008.

La letteratura del settore sta cominciando a riconoscere la necessità di visibilità di contesto a livello applicativo per la gestione efficace di servizi di streaming in reti wired-wireless integrate. In particolare, il nostro lavoro tende a mettere in evidenza il ruolo cruciale della consapevolezza di informazioni di contesto riguardanti la cosiddetta anomalia di performance IEEE 802.11, ovvero la situazione in cui anche un solo nodo posizionato ai confini dell'area di copertura di un access point Wi-Fi genera un degrado importante della qualità della connettività per tutti gli altri nodi serviti dal medesimo access point, indipendentemente dalla loro posizione. Il lavoro propone un middleware che da una parte predice e identifica le situazioni di anomalia attraverso meccanismi, non intrusivi e totalmente decentralizzati, di monitoraggio lato cliente. Dall'altra parte il nostro middleware sfrutta la visibilità delle situazioni di anomalia per mettere in esecuzione proattivamente operazioni di gestione del servizio a livello applicativo (come downscaling della qualità offerta). Inoltre questo articolo si concentra in modo originale su come il nostro middleware realizzi il downscaling sia al fine di preservare il goodput presso i nodi con buona copertura del segnale Wi-Fi che per minimizzare il peggioramento della qualità ai clienti che stanno producendo la situazione di anomalia. I risultati sperimentali riportati nel lavoro mostrano come la previsione/identificazione di situazioni di anomalia permetta di migliorare sensibilmente l'efficienza delle azioni di downscaling, consentendo il mantenimento di livelli di qualità del tutto accettabili anche in presenza di occorrenze di anomalia Wi-Fi a tempo di esecuzione.

**RI29** [106] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli,  
*“Mobility Awareness for Always Best Served Connectivity in the Heterogeneous Wireless Internet”*,  
Accettato per la pubblicazione in **Journal of Mobile Networks and Applications (MONET)**, Springer Verlag, Inverno 2008.

La diffusa disponibilità di terminali wireless dotati di interfacce di comunicazione multiple, da IEEE 802.11 e WiMAX a Bluetooth e UMTS, rende potenzialmente possibile la realizzazione di sistemi di supporto che scelgano in modo seamless la tecnologia di connettività più opportuna in ogni istante, anche cambiando dinamicamente tale scelta mentre sessioni di servizio sono in atto. Il lavoro estende significativamente il paper presentato alla conferenza Mobilware [98] (selezionato per il numero speciale di ACM MONET come terzo miglior paper della conferenza) concentrandosi specificatamente sull'ottenimento e lo sfruttamento di informazioni originali di contesto, quali la reciproca mobilità e la stabilità delle connessioni fra peer. Da una parte il nostro middleware adotta tecniche decentralizzate per stimare probabilisticamente il grado di mobilità reciproca fra il nodo cliente considerato e il nodo vicino che gli può offrire un'opportunità di connettività (sia esso un access point fisso o un nodo peer mobile). Dall'altra parte viene adottata una euristica originale che permette di stimare in modo semplificato la stabilità di connessioni ibride eterogenee combinando dati locali sulla stabilità dei singoli link, privilegiando cammini a basso numero di hop. Il prototipo del middleware presentato ha dimostrato sul campo la fattibilità dell'approccio proposto, con buone prestazioni in termini di sfruttamento della banda potenzialmente disponibile e con minima intrusione in termini di overhead aggiuntivo imposto sulla rete.

**RI30** [110] U. Lee, E. Magistretti, M. Gerla, P. Bellavista, A. Corradi, *“Dissemination and Harvesting of Urban Data using Vehicular Sensing Platforms”*,

Accettato per la pubblicazione in **IEEE Transactions on Vehicular Technology**, Inverno 2008.

La recente evoluzione delle tecnologie di comunicazione in ambito veicolare sta rendendo industrialmente possibile la realizzazione di reti veicolari di sensori, ovvero ambienti collaborativi in cui i veicoli si muovono equipaggiati con sensori di differenti tipologie (da sensori di sostanze tossiche a fotocamere e videocamere) e cooperano al fine di implementare applicazioni di monitoraggio distribuito. In particolare, si sta manifestando un interesse industriale crescente per applicazioni di monitoraggio urbano proattivo in cui i veicoli si occupano di monitorare continuamente alcune grandezze, di processare localmente e autonomamente i dati monitorati (ad esempio riconoscendo numeri di targa) e di istradare messaggi verso veicoli nelle loro vicinanze per raggiungere un obiettivo comune, come ad esempio consentire ad agenti di polizia di tracciare i movimenti di alcune automobili specificate. Questo scenario innovativo richiede soluzioni originali rispetto a quelle proposte per reti di sensori wireless più tradizionali. Infatti, i veicoli hanno mobilità vincolata alla sede stradale, non hanno requisiti stringenti su potere computazionale e capacità di memorizzazione, e ospitano sensori che possono generare grandi quantità di dati, rendendo così non applicabili molte soluzioni in letteratura per data reporting in reti di sensori. In questo lavoro presentiamo approfonditamente MobEyes, il nostro middleware specificamente progettato per applicazioni di monitoraggio urbano proattivo; MobEyes sfrutta la mobilità intrinseca dei veicoli per diffondere opportunisticamente riassunti dei dati monitorati fra veicoli in prossimità, costruendo così un indice distribuito e a basso costo che permette query efficienti sui dati di monitoraggio memorizzati sui veicoli sensori. I protocolli originali utilizzati in MobEyes sono stati validati tramite testbed simulativo e sperimentale, e hanno dimostrato la loro efficacia in termini di completezza dell'indicizzazione, latenza di raccolta e overhead introdotto sulla rete. In particolare, i contributi proposti dall'articolo riguardano i) un modello analitico per le performance dei protocolli MobEyes e la verifica della sua consistenza con i risultati raccolti dalle simulazioni, ii) la valutazione delle performance del sistema come funzione del grado di mobilità dei veicoli, iii) la valutazione degli effetti dell'utilizzo concorrente di agenti multipli per la raccolta di dati, sfruttando comunicazioni single/multi-hop, iv) la stima dell'overhead di rete e della stabilità complessiva del sistema, e v) la validazione sperimentale in uno scenario difficile di tracking di veicoli in cui la polizia è chiamata a ricostruire i movimenti di un soggetto sospetto tramite semplice specifica del suo numero di targa.

**RI31** [111] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:

*“Mobility-aware Middleware for Self-Organizing Heterogeneous Networks with Multi-hop Multi-path Connectivity”*,

Accettato per la pubblicazione in **IEEE Wireless Communications**, Special issue on “Practical Aspects of Mobility in Wireless Self-Organizing Networks”, Inverno 2008.

Lo sfruttamento pieno delle opportunità di connettività multi-hop multi-path offerte dalle interfacce wireless eterogenee attualmente disponibili rende possibili scenari di deployment innovativi in cui i nodi mobili si organizzano autonomamente per offrire/utilizzare la connettività Internet nel modo migliore. A tal fine, il lavoro mostra l'utilità di adottare soluzioni middleware innovative, mobility-aware e a livello applicativo: tali soluzioni devono essere in grado di considerare efficacemente un insieme limitato di indicatori che permettano una stima dinamica coarse-grained dell'affidabilità/qualità prevista su alcuni cammini multi-

hop candidati. Per validare questo claim, il gruppo di ricerca ha sviluppato il prototipo di un middleware originale che gestisce la formazione simultanea e la selezione di diversi cammini multi-hop in dipendenza da criteri di durabilità e throughput attesi; le stime sono basate su indicatori pratici e scarsamente intrusivi relativi alla mobilità dei nodi e alle caratteristiche delle reti wireless coinvolte. I risultati riportati nel lavoro mostrano l'efficacia del middleware proposto e, più in generale, la fattibilità di soluzioni middleware a livello applicativo basate su assunzioni semplificative sulla stima degli indicatori monitorati al fine di prendere decisioni di gestione mobility-aware della connettività con overhead estremamente limitato.

**RI32** [112] P. Bellavista, J. Xie, T. Tugcu:

*“Recent Advances in Mobile Middleware for Wireless Systems and Services”*,

Guest editorial, accettato per la pubblicazione in **Journal of Mobile Networks and Applications (MONET)**, Springer Verlag, Inverno 2008.

Indiscutibilmente i servizi mobili, sia in termini di servizi verso utenti mobili con dispositivi portabili con interfacce wireless multiple ed eterogenee, che in termini di applicazioni dipendenti da differenti aspetti di contesto (locazione dei clienti, disponibilità di risorse locali, caratteristiche dei terminali mobili coinvolti, ...), costituiranno un mercato di estremo interesse nei prossimi anni. Uno degli aspetti più significativi di tale mercato negli ultimissimi tempi è l'ampio riconoscimento del ruolo cruciale che sarà ricoperto dall'identificazione, dalla proposta, dalla validazione, e soprattutto dall'ampia adozione di soluzioni middleware di supporto aperte e interoperabili, specificamente progettate e implementate per dispositivi portabili wireless. Solo tali soluzioni di supporto, spesso indicate con il termine di mobile middleware, possono consentire di accelerare e semplificare lo sviluppo e il deployment di servizi mobili verso dispositivi eterogenei, lasciando idealmente agli sviluppatori il solo compito di concentrarsi sulla logica applicativa senza tener conto dei dettagli implementativi relativi al complesso context-aware service provisioning in ambienti ubiqui (raccolta e processamento di dati di contesto, gestione sinergica di interfacce wireless eterogenee multiple e delle relative opportunità di multi-homing, integrazione e orchestrazione di componenti di servizio eterogenei disponibili a runtime, ...). A ribadire la centralità del ruolo dei mobile middleware, i principali attori industriali di grande dimensione sono scesi tutti sul campo di battaglia dei mobile middleware, dai primi lavori di Sun Java Micro Edition e Microsoft Windows Mobile ai più recenti Google Android e Apple iPhone Software Development Kit. Con questo scenario in mente, si è deciso di organizzare un numero speciale di Springer MONET con le versioni estese dei migliori lavori presentati alla conferenza Mobilware'08 (vedi parti precedenti del cv per una descrizione più dettagliata degli obiettivi della conferenza).

**LI1** [56] P. Bellavista, A. Corradi (editors):

*“The Handbook of Mobile Middleware”*,

**Monografia** invitata per la collana di Computer & Information Science, coordinatore della collana Sartaj Sahni, Taylor&Francis/CRC Press, ISBN 0849338336, Settembre 2006.

I recenti progressi nella miniaturizzazione dei dispositivi e nelle comunicazioni wireless stanno fortemente stimolando il mercato verso la realizzazione di servizi distribuiti innovativi capaci di sfruttare tutte le potenziali opportunità offerte dal mobile computing. L'obiettivo finale è la realizzazione di servizi distribuiti ubiqui e pervasivi, derivanti dalla collaborazione autonoma e trasparente di risorse wireless a supportare le attività umane senza bisogno di interventi espliciti da parte degli utenti finali o degli amministratori del sistema. Tuttavia,

l'erogazione in scenari mobili sia di servizi tradizionali che di servizi innovativi dipendenti dalla locazione e dal contesto introduce nuove sfide tecnologiche riguardo alle funzionalità di supporto: dalla gestione della mobilità runtime di utenti/terminali alla possibile perdita temporanea di connettività di rete, dall'ampia eterogeneità dei dispositivi coinvolti a modifiche imprevedibili nell'insieme di risorse localmente accessibili. In generale, devono essere affrontati una serie di problemi, di natura diversa e a diversi livelli di astrazione. Lasciare agli sviluppatori di servizi mobili il compito di affrontare tutti i suddetti problemi renderebbe particolarmente complesso e costoso lo sviluppo di applicazioni in questo scenario. È necessario un approccio a livello middleware per supportare gli aspetti cruciali di gestione della connettività, della dipendenza dalla locazione, e della dipendenza dal contesto, necessari ad un pieno supporto di nuovi servizi adattativi avanzati per ambienti mobili.

L'obiettivo di questa monografia è di fornire una panoramica esaustiva del lavoro di ricerca compiuto negli ultimi anni nelle differenti aree legate al supporto del mobile computing. I rilevanti risultati di ricerca ottenuti sono presentati sotto l'originale e inclusiva prospettiva dello sviluppo e del deployment di middleware specifici per la mobilità. La monografia, infatti, presenta motivazioni, requisiti e tecnologie correlate all'area del mobile middleware, e fornisce una tassonomia delle proposte emerse sulla base del crescente insieme degli obiettivi affrontati (dalla gestione della mobilità e delle disconnessioni, al supporto a servizi location-dependent, fino al supporto a servizi dipendenti dal contesto). Infine, il libro include un'ampia panoramica di domini applicativi in cui l'approccio a mobile middleware sta mostrando la sua fattibilità ed efficacia; tale panoramica mostra anche, tramite esemplificazioni concrete e casi d'uso, i vantaggi, svantaggi e trade-off delle soluzioni emergenti in ambito mobile middleware.

La monografia si articola in 7 sezioni e 48 capitoli, e raccoglie contributi da parte dei maggiori esperti internazionali nell'area delle infrastrutture di supporto al mobile computing. Solo per citare alcuni autori coinvolti: Roberto Saracco, Radu Popescu-Zeletin, Gordon Blair, Vinny Cahill, Sajal Das, Francis Lau, Jean Bacon, Tim Finin, Andrei Campbell, Henning Schulzrinne, Nalini Venkatasubramanian, Stephen Yau, Gruia-Catalin Roman.

**LI2** [75] P. Bellavista (editor):

***“EOLSS Theme 6.108 Telecommunication Systems and Technologies”***,

Accettato per la pubblicazione come volume 6.108 in "UNESCO Encyclopaedia of Life Support Systems (EOLSS)", EOLSS Publishers Co Ltd, Giugno 2008.

La monografia, invitata dall'UNESCO a far parte di un ampio progetto che intende coprire svariati campi dell'ingegneria e delle scienze applicate al fine di avere massima disseminazione anche nei paesi in via di sviluppo, si occupa di fornire un'ampia panoramica introduttiva al mondo della ricerca nei sistemi e nelle tecnologie di comunicazione. La monografia presenta, anche con una prospettiva di evoluzione storica, le varie discipline relative alla grande area dei sistemi di comunicazione, mettendo in evidenza le direzioni e i trend emergenti di convergenza con i sistemi distribuiti e le reti basate su IP. La monografia si compone di una ventina di contributi da parte di esperti internazionali, provenienti sia dall'industria che dall'accademia. Nel suo insieme; essa cerca di rappresentare una fotografia aggiornata e di facile accesso delle generalità del settore e dei filoni di ricerca correntemente più promettenti.

**MI1** [20] P. Bellavista, T. Magedanz:

***“Middleware Technologies: CORBA and Mobile Agents”***,

Capitolo 5 nella monografia “**Coordination for Internet Agents - Models, Technologies, and Applications**”, a cura di A. Omicini, F. Zambonelli, M. Klusch, R. Tolksdorf, ISBN 3-540-41613-7, pp. 110-152, Springer-Verlag, Marzo 2001.

La progettazione, l'implementazione e l'erogazione di servizi su Internet stanno spingendo sia l'area tradizionale dei sistemi distribuiti cliente/servitore sia il settore emergente delle tecnologie ad agenti verso la definizione di un middleware distribuito comune, ovvero di un insieme di funzionalità di base che l'infrastruttura di comunicazione renda accessibili da parte di un qualsiasi componente distribuito, indipendentemente dalla sua posizione. Questo middleware non deve essere solamente la base sulla quale i progettisti di applicazioni lavorano per lo sviluppo e l'erogazione dei loro servizi, ma deve anche essere così flessibile da permettere la sua semplice e rapida estensione in risposta all'evoluzione dei requisiti richiesti ai sistemi/servizi e delle aspettative dei clienti finali. Il capitolo descrive lo stato dell'arte nel settore delle tecnologie per l'implementazione di middleware distribuiti, descrivendo nel dettaglio due approcci diversi da numerosi punti di vista: CORBA e agenti mobili (interoperabilità e trasparenza alla locazione vs. mobilità e visibilità della locazione). Nonostante le evidenti differenze, il lavoro (correlato a [RI4] [RI6] [CI3]) cerca di dimostrare che l'integrazione di CORBA e agenti mobili come tecnologie implementative per un middleware distribuito rappresenta la soluzione più promettente per ottenere la massima flessibilità e apertura a livello di infrastruttura comune di servizi. In questo contesto, allo stato attuale le piattaforme ad agenti mobili integrate con CORBA rappresentano un passo evolutivo molto importante verso la realizzazione di sistemi ad oggetti mobili e interoperabili, in cui i servizi Internet possano essere implementati in termini di comuni componenti ad oggetti, che possano essere distribuiti e riutilizzati dinamicamente.

**MI2** [45] P. Bellavista, D. Bottazzi, A. Corradi, R. Montanari, S. Vecchi:

“*Mobile Agent Middlewares for Context-aware Applications*”,

Capitolo invitato nella monografia “**Handbook of Mobile Computing**”, a cura di I. Mahgoub, M. Ilyas, ISBN 0-84931-971-4, pp. 315-334, CRC Press, Dicembre 2004.

Internet e le comunicazioni wireless stanno convergendo a costituire uno scenario integrato in cui sia i servizi tradizionali che quelli innovativi devono essere accessibili in maniera ubiqua, indipendentemente dalla mobilità di utenti, terminali, risorse e componenti di servizio. Fornire servizi in contesti di mobilità introduce svariati problemi allo stato dell'arte, dal cambio di locazione di clienti/servitori a runtime, all'ampia eterogeneità dei terminali di accesso, alle modifiche non predicibili nella disponibilità di risorse, dovuta sia alla mobilità che alla natura best-effort delle reti utilizzate. Due linee guida principali stanno emergendo negli ultimi tempi per affrontare la complessità dello scenario: la necessità di soluzioni middleware innovative per il supporto allo sviluppo e al deployment dei servizi, e il ruolo cruciale della completa visibilità del contesto al fine di adattare la fornitura del servizio alle specifiche condizioni runtime. Il capitolo descrive e motiva l'utilità dell'adozione della tecnologia ad agenti mobili per l'implementazione di middleware innovativi per il mobile computing, a causa delle proprietà di mobilità, asincronicità, decentralizzazione e consapevolezza della locazione tipiche di tale paradigma di progettazione. Il capitolo fornisce inoltre un ampio survey delle attività di ricerca allo stato dell'arte nel settore dei supporti ad agenti mobili per il mobile computing, e in particolari di quelli con visibilità del contesto. Tale rassegna mette in evidenza, attraverso le esemplificazioni dei sistemi e dei prototipi esistenti, le principali lezioni apprese e le direzioni primarie che stanno emergendo per la ricerca futura.

**MI3** [46] P. Bellavista, A. Corradi, C. Federici, R. Montanari, D. Tibaldi:

*“Security for Mobile Agents: Issues and Challenges”*,

Capitolo invitato nella monografia "**Handbook of Mobile Computing**", a cura di I. Mahgoub, M. Ilyas, ISBN 0-84931-971-4, pp. 941-960, CRC Press, Dicembre 2004.

Il paradigma di programmazione degli agenti mobili rappresenta una tecnologia estremamente promettente per lo sviluppo di applicazioni distribuite in sistemi mobili aperti ed eterogenei. Gli agenti mobili possono sopperire ad alcuni limiti tipici del modello tradizionale di interazione cliente/servitore e possono facilmente integrarsi con il Web per ampliare significativamente l'accessibilità dei servizi, anche da dispositivi portabili limitati. Diverse aree applicative, dal commercio elettronico alla gestione di reti/sistemi e al reperimento di informazioni, possono beneficiare dell'adozione della tecnologia ad agenti. Tuttavia, la larga diffusione di tale adozione è limitata al momento dalla mancanza di un framework per la sicurezza integrato e completo. Il capitolo descrive le soluzioni, in termini di meccanismi, strumenti e politiche, allo stato dell'arte per rispondere ai diversi requisiti di protezione sia degli ambienti di esecuzione che degli agenti mobili stessi. Le varie soluzioni vengono presentate, discusse e confrontate, anche in termini di livelli di sicurezza forniti e di costi/prestazioni, in maniera tale da fornire un survey delle soluzioni di sicurezza disponibili, utile alla selezione dei meccanismi più adatti per le esigenze di sicurezza specifiche del dominio applicativo di interesse.

**MI4** [47] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:

*“Policy-based Access Control for Context-aware Services over the Wireless Internet”*,

Capitolo (scelto da open call) nella monografia "**Advances in Security and Payment Methods for Mobile Commerce**", a cura di Wen-Chen Hu, Chung-wei Lee, e Weidong Kou, ISBN 1-59140-345-6, pp. 81-108, Idea Group, Dicembre 2004.

La ormai ampia diffusione di connettività wireless alla rete Internet sta stimolando la erogazione di servizi di mobile commerce anche a terminali di accesso estremamente limitati ed eterogenei. Questo scenario richiede metodologie di programmazione innovative per supportare e semplificare lo sviluppo di nuove classi di servizi, in cui i risultati e i livelli di qualità offerti dipendano dalla posizione del cliente e dalle risorse localmente disponibili (contesto). Inoltre, è fondamentale essere in grado di gestire le frequenti modifiche nella disponibilità delle risorse in conseguenza dei movimenti dei clienti wireless durante le loro sessioni di servizio. In questa prospettiva, il capitolo illustra la necessità di soluzioni innovative per il controllo degli accessi, al fine di controllare in maniera flessibile l'accesso dei clienti mobili alle risorse distribuite in dipendenza dal contesto correntemente applicabile. In particolare, il capitolo discute ed esemplifica come supporti innovativi per il controllo degli accessi debbano determinare il contesto dei clienti sulla base di direttive dichiarative specificate ad un alto livello di astrazione (profili e politiche) e di informazioni di monitoraggio on-line sulle risorse distribuite.

**MI5** [64] P. Bellavista, D. Bottazzi, A. Corradi, R. Montanari:  
“*Challenges, Opportunities, and Solutions for Ubiquitous Eldercare*”,  
Capitolo (scelto da open call) nella monografia “**Web Mobile-Based Application for Healthcare Management**”, a cura di Latif Al-Hakim, ISBN 1591406587, pp. 142-166, IGI Global, Dicembre 2006.

La percentuale crescente di persone di terza età nella popolazione della maggior parte dei paesi del primo mondo spinge a considerare servizi innovativi di healthcare, anche con l'obiettivo di supportare meglio la qualità della vita e l'indipendenza degli anziani nelle loro attività quotidiane. Le tecnologie wireless attuali, che potenzialmente abilitano una connettività ubiqua, creano nuove opportunità per fornire servizi di healthcare anche negli usuali ambienti di vita degli anziani e per mettere insieme squadre di pronta risposta in caso di emergenza in ogni istante e in ogni luogo. Per raggiungere tale scopo è tuttavia necessario affrontare alcune sfide tecnologiche complesse. In particolare, si deve essere in grado di gestire opportunamente la formazione ad-hoc di gruppi di emergenza e la collaborazione dinamica dei membri di tali gruppi. Il lavoro fornisce un contributo in tale ambito proponendo un sistema di gestione dinamica dei gruppi, chiamato AGAPE, che sfrutta la visibilità di contesto sia per supportare la formazione dinamica di coalizioni temporanee ad-hoc in caso di emergenza sia per coordinare le interazioni fra i membri del gruppo al fine di pianificare e distribuire le attività di emergenza fra le differenti entità, possibilmente distribuite. Il capitolo descrive inoltre il prototipo di un'applicazione, basata sul middleware AGAPE, che fornisce supporto all'emergenza outdoor ad anziani in situazioni critiche, quali l'insorgenza di attacco cardiaco al di fuori delle mura domestiche.

**MI6** [65] P. Bellavista, R. Saracco:  
“*Telecommunication Systems and Technologies*”,  
Accettato per la pubblicazione come capitolo (theme-level writing) in “UNESCO Encyclopaedia of Life Support Systems (EOLSS)”, EOLSS Publishers Co Ltd, Giugno 2008.

Questa relazione tematica invitata ha l'obiettivo principale di introdurre un'ampia audience di lettori al mondo sfaccettato dei sistemi e delle tecnologie di telecomunicazione, che verrà descritto nel dettaglio all'interno dei contributi specifici contenuti nei capitoli successivi del volume. Per questo, il nostro capitolo d'apertura ha il compito primario di offrire una panoramica rapida e di facile accessibilità delle problematiche tecnologiche, dei modelli di gestione, degli aspetti organizzativi e delle prospettive, anche visionarie, di evoluzione futura del mondo dei servizi di telecomunicazione. Dopo un rapido excursus sulla storia dell'evoluzione dei sistemi di telecomunicazione, il capitolo descrive sinteticamente i principali modelli, tecnologie e soluzioni che si sono succeduti negli ultimi anni, e soprattutto cerca di porre in evidenza l'esistenza di due linee guida primarie di evoluzione che stanno emergendo chiaramente fra le numerose evoluzioni/rivoluzioni organizzative e tecniche del mondo dinamico delle comunicazioni globali. Da una parte il successo delle tecnologie wireless (specialmente per la connettività last-meter), dall'altra la convergenza sempre più stringente fra l'infrastruttura telecom e quella Internet. Queste due direzioni sono visibili effetti di un trend generale verso una visione di un mondo di utenti, possibilmente mobili, centrato sulla possibilità di comunicazione; gli utenti sono pensati come entità immerse in un ambiente pervasivo, ubiquo e sempre connesso, che supporti al meglio la condivisione di informazioni e di servizi basata su appartenenza a comunità. Il capitolo è il risultato di un fruttuoso scambio di idee con un alto dirigente Telecom Italia, ben noto nel settore (fra le tante attività, Vice President di IEEE Communications Society), e che ha saputo dare un

importante contributo anche in termini di visione industriale e analisi di comportamento di un grande pubblico di utenti.

**MI7** [73] P. Bellavista, L. Garlaschelli, D. Tibaldi:

***“Large-scale Integrated Academic Portals”***,

Capitolo (scelto da open call) nella monografia "**Portal Technology and Applications**", a cura di Arthur Tatnall, ISBN 1591409896, pp. 538-546, IGI Global, Aprile 2007.

Il contributo presenta l'esperienza diretta di progettazione, implementazione, deployment e utilizzo di un portale accademico di grandi dimensioni in cui risulta cruciale il problema della scalabilità, sia di gestione che di prestazioni all'accesso. In particolare, il capitolo descrive le principali scelte organizzative e di design alla base dei servizi personalizzati inclusi all'interno del portale accademico dell'Università degli Studi di Bologna (<http://www.unibo.it>). La dimensione del portale, sia in termini di contenuti gestiti che di possibilità di personalizzazione e di numero di accessi, rende rilevante il contributo di questo experience report come guida e insieme di lessons learned sulla realizzazione scalabile di un portale accademico di larga scala.

**MI8** [84] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:

***“Mobility-enabled Resource and Service Discovery”***,

Accettato per la pubblicazione come capitolo invitato nella monografia "**Mobile Agents in Networking and Distributed Computing**", a cura di Jiannong Cao e Sajal K. Das, Wiley Series in Agent Technology, ISBN 047175160X, Giugno 2008.

L'importanza sempre crescente dell'erogazione di servizi in ambienti di mobile computing fa crescere anche la rilevanza di meccanismi, strumenti e politiche per supportare il ritrovamento dinamico di risorse e componenti di servizio, ovvero di servizi di resource/service discovery. Le varie forme di mobilità (mobilità di clienti, servizi, codice, ...) e le sue caratteristiche (velocità, predicibilità, ...) devono essere considerate in modo centrale all'atto della progettazione di soluzioni di discovery per scenari mobili. Il capitolo si occupa di fornire una panoramica completa delle principali direzioni di soluzione per il discovery in letteratura, organizzando tali contributi secondo una tassonomia originale basata sull'idea di strutturazione in dipendenza da crescenti livelli di mobilità: i) mobilità tradizionale dei clienti di discovery a tempo di esecuzione, ii) addizionale mobilità delle risorse che sono possibile oggetto di discovery e iii) possibilità per gli stessi componenti di servizio (insieme al loro codice e allo stato di esecuzione raggiunto) di cambiare la loro allocazione mentre la sessione di servizio è in atto, perché implementati in termini di agenti mobili. In ognuno dei casi, il capitolo mette in evidenza quando e con quali costi sia opportuno sfruttare tecnologie per mobilità di codice/stato al fine di implementare soluzioni efficienti di discovery in scenari caratterizzati da alta dinamicità.

- MI9** [88] P. Bellavista, R. Montanari, D. Tibaldi, A. Toninelli:  
*“Trust Management and Semantic Context-driven Access Control for Secure Ad-Hoc Collaborations”*,  
Capitolo (scelto da open call) nella monografia **"Handbook of Research on Wireless Security"**, a cura di Yan Zhang, Jun Zheng e Miao Ma, ISBN 159904899X, pp. 504-521, IGI Global, Aprile 2008.

Scenari di reti mobili ad-hoc composte da dispositivi wireless portabili sono sempre più usuali. Ciò promuove fortemente l'idea di condividere informazioni e risorse in genere in modo opportunistico (sulla base di incontri casuali con nodi che si muovono all'interno del proprio raggio di copertura wireless) in ogni istante e in ogni luogo. Tuttavia, il timore di esporsi a interazioni pericolose per le proprie risorse è oggi un forte fattore di limitazione per la diffusione di collaborazioni ad-hoc su larga scala. Il capitolo si occupa di descrivere il problema dell'identificazione e della validazioni di modelli e sistemi di sicurezza innovativi per abilitare collaborazioni ad-hoc sicure, che tengano in considerazione l'elevata non predicibilità, eterogeneità e dinamicità degli scenari wireless di interesse. In particolare, il capitolo sostiene e motiva il ruolo fondamentale che dovrà essere giocato dal concetto di gestione della fiducia (trust management) come principio primario di design delle soluzioni nel settore. Sistemi avanzati di trust management devono essere in grado di assegnare una prima stima di trust, di raffinare tale stima nel tempo, e di tradurre tale stima consolidata in efficaci politiche di autorizzazione, grazie all'ausilio anche di modelli originali per il controllo dell'accesso. Il capitolo fornisce una panoramica completa dello stato dell'arte nel settore del trust management e del controllo degli accessi in ambienti wireless, mettendo in evidenza la necessità per la loro integrazione stretta e le linee guida emergenti nei sistemi proposti, primi fra tutti lo sfruttamento della piena visibilità di informazioni di contesto e l'adozione di tecnologie semantiche.

- MI10** [89] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
*“Middleware Approaches for Handoff Management of Mobile Multimedia Services in the Wireless Internet”*,  
Accettato per la pubblicazione come capitolo (scelto da open call) nella monografia **"Broadband Mobile Multimedia: Techniques and Applications"**, a cura di Yan Zhang, Shiwen Mao, Laurence T. Yang e Thomas M. Chen, Taylor&Francis, ISBN 1420051849, Giugno 2008.

I recenti sviluppi nelle tecnologie di connettività wireless e nei sistemi di content delivery rendono di grande interesse industriale scenari di servizio “tecnologicamente difficili” in cui l'accesso a servizi multimediali, come audio/video streaming, dovrebbe essere garantito verso un alto numero di utenti simultanei che si muovono a runtime fra diversi punti di accesso alla rete Internet, anche sfruttando differenti tecnologie di connettività (Wi-Fi, Bluetooth, 3G cellular, ...). Il supporto a tali scenari richiede middleware innovativi capaci di personalizzare dinamicamente l'erogazione dei servizi multimediali in dipendenza dalle caratteristiche dell'ambiente degli attuali clienti, in particolare per ottenere continuità di servizio in modo efficiente durante l'occorrenza di handoff mentre sessioni di servizio sono in atto. Tale personalizzazione è cruciale per un buon utilizzo delle risorse wireless e per evitare discontinuità temporanee nell'erogazione dei flussi multimediali. Il capitolo descrive i principali problemi e requisiti tecnologici correlati agli eventi di handoff; identifica le principali linee guida di soluzione per il progetto di middleware per la gestione di handoff nel supporto a servizi continui; presenta inoltre un ampio survey sulle soluzioni middleware allo stato dell'arte nella gestione dell'handoff, includendo anche le interessanti direzioni di standardizzazione emerse in ambito industriale negli ultimi anni.

**MI11** [97] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:

*“Policy-based Access Control for Context-aware Services over the Wireless Internet”*,

Ristampa invitata di [47] come Capitolo 4.35 nella monografia "**Information Security and Ethics: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications**", a cura di Hamid Nemati, ISBN-13 978-1-59904-933-5, pp. 2163-2186, IGI Global, Dicembre 2007.

L'ampia diffusione di tecnologie eterogenee per la connettività wireless alla rete Internet sta stimolando l'erogazione di servizi di mobile commerce anche a terminali di accesso estremamente limitati ed eterogenei. Questo scenario richiede metodologie di programmazione innovative per supportare e semplificare lo sviluppo di nuove classi di servizi, in cui i risultati e i livelli di qualità offerti dipendano dalla posizione del cliente e dalle risorse localmente disponibili (contesto). Inoltre, è fondamentale essere in grado di gestire le frequenti modifiche nella disponibilità delle risorse in conseguenza dei movimenti dei clienti wireless mentre sessioni di servizio sono in atto. In questa prospettiva, il capitolo illustra la necessità di soluzioni innovative per il controllo degli accessi, al fine di controllare in maniera flessibile l'accesso dei clienti mobili alle risorse distribuite in dipendenza dal contesto corrente. In particolare, il nostro contributo discute ed esemplifica come supporti innovativi per il controllo degli accessi debbano determinare il contesto dei clienti sulla base di direttive dichiarative specificate ad un alto livello di astrazione (profili e politiche) e di informazioni di monitoraggio on-line sulle risorse distribuite.

**MI12** [109] P. Bellavista, A. Corradi, A. Toninelli:

*“Secure Wireless Access to Services in Enterprise Networks”*,

Accettato per la pubblicazione come capitolo invitato nella monografia "**Handbook of Enterprise Integration**", a cura di Mostafa Hashem Sherif, Taylor&Francis, ISBN 1420078216, Ottobre 2009.

Le reti enterprise allo stato dell'arte spesso includono un ampio spettro di opportunità di connettività wireless che viene offerto all'insieme di utenti riconosciuti, al fine di permettere il supporto alla mobilità delle persone fra dipartimenti differenti e geograficamente distribuiti della medesima compagnia oppure anche fra sedi di compagnie diverse che hanno stabilito rapporti di collaborazione e di business. Data l'usuale ampia scala delle reti enterprise, questi scenari rendono necessaria l'integrazione di soluzioni eterogenee di accesso wireless, di meccanismi di sicurezza differenziati e di modalità decentralizzate ed autonome di gestire risorse e servizi in modo sicuro nei vari domini amministrativi. Oltre alle vulnerabilità di sicurezza ben note dell'accesso wireless ai bassi livelli dello stack OSI, il capitolo ritiene cruciale prendere in esame le sfide tecnologiche rappresentate dal supporto a servizi di discovery sicuro e al controllo degli accessi verso risorse e componenti di servizio enterprise. Infatti, questo tipo di supporto sicuro richiede di affrontare tematiche di sicurezza innovative e con una prospettiva originale, inusuale per sistemi enterprise più tradizionali in cui l'assenza di elevata mobilità consente assunzioni statiche sulla stabilità delle risorse disponibili e sulla parziale conoscenza dell'ambiente di deployment. Il nostro lavoro motiva l'appropriatezza di approcci innovativi basati sulla piena visibilità di informazioni di contesto e propone soluzioni originali per il supporto a discovery sicuro e al controllo degli accessi. Oltre a esaminare approfonditamente la letteratura del settore e le linee guida di soluzione emergenti, il capitolo esemplifica come e in quali casi le proposte allo stato dell'arte si possano applicare praticamente in modo efficace in scenari di deployment industriale, mettendo in evidenza

punti di forza, punti di debolezza e problemi di ricerca correlati ancora irrisolti, perlomeno dal punto di vista della matura applicazione industriale delle soluzioni.

- CI1** [01] P. Bellavista, A. Corradi:  
*"Learning Effectively as in Presence (LEAP): an Internet-Based Integrated Environment For Distance Learning"*,  
**7<sup>th</sup> World Conference on Continuing Engineering Education (WCCEE'98)**: "The Knowledge Revolution, the Impact of Technology on Learning", pp. 56-61, Torino, Italia, Maggio 1998.

Il lavoro (correlato a [CI2]) esplora le direzioni di ricerca nelle moderne tecnologie educative per determinare le linee guida di un ambiente virtuale di interazione per il supporto ottimale alla didattica a distanza. Viene descritto lo sviluppo del sistema LEAP che fornisce un framework integrato per la progettazione e l'authoring di siti Web, capaci di ospitare ipertesti HTML standard arricchiti mediante l'introduzione di specifici strumenti e servizi per la didattica a distanza. Il principio fondamentale è di fornire una ampia molteplicità di canali di interazione differenti, nelle tre direzioni principali dell'ipermedialità, del lavoro collaborativo, e dei metalivelli di informazione. Le modalità di interazione imposte dal linguaggio HTML, eccessivamente rigide, sono state estese permettendo l'integrazione di ipertesti standard con risorse dinamiche di esecuzione, sia sul lato server (servizi a basso livello di interattività - interazione remota), sia sul lato cliente (servizi ad alto livello di interattività - interazione locale). La programmazione orientata agli oggetti si è dimostrata una soluzione implementativa ottimale per ottenere i desiderati obiettivi di portabilità, estensibilità, rapida prototipazione e apertura del sistema.

- CI2** [02] P. Bellavista, A. Corradi:  
*"Standard and Emerging Technologies for Distributed Applications in Internet-based Distance Learning"*,  
**9<sup>th</sup> Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE'98)**: "Enhancement of Education in Electrical and Information Engineering through Industry Co-operation and Research", pp. 233-238, Lisbona, Portogallo, Maggio 1998.

L'articolo descrive nel dettaglio il sistema LEAP (vedi [CI1]), un ambiente virtuale di interazione per la didattica a distanza e integrato con la tecnologia Web. Viene presentato l'ambiente di programmazione e di sviluppo fornito da LEAP, in cui gli autori di ipertesti possono progettare materiale didattico interattivo e cooperativo, costituito da ipertesti standard HTML con possibilità di integrazione con strumenti specifici per la didattica a distanza. Il sistema assiste il progettista di materiale didattico nell'integrazione trasparente delle tradizionali modalità di interazione fornite dal linguaggio standard HTML con tutti i tipi di risorse di esecuzione disponibili negli odierni sistemi distribuiti, aperti e globali: il materiale didattico realizzato in LEAP può usufruire di risorse di esecuzione sul lato server (interazione remota), sul lato cliente (interazione locale), e di risorse dinamiche completamente distribuite come quelle progettate ed implementate sfruttando la tecnologia degli agenti mobili.

- CI3** [03] P. Bellavista, A. Corradi, Cesare Stefanelli:  
*"A Secure and Open Mobile Agent Programming Environment"*,  
**4<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Autonomous Decentralized Systems**

(ISADS'99), IEEE Computer Society Press, pages 238-245, Tokyo, Giappone, 21-23 Marzo 1999.

Il lavoro valuta la applicabilità della tecnologia ad agenti mobili per lo sviluppo di servizi in ambienti intrinsecamente aperti, distribuiti ed eterogenei. Approcci tradizionali nella progettazione e nella programmazione di applicazioni distribuite vengono messi a confronto con approcci innovativi basati sulla tecnologia ad agenti mobili e, in particolare, con la realizzazione di applicazioni all'interno di SOMA, un middleware integrato di supporto a servizi distribuiti che gode delle proprietà di sicurezza e di interoperabilità. SOMA realizza un modello di sicurezza integrato ad ogni livello di sistema e fornisce un ampio insieme di meccanismi e di strumenti per la realizzazione di politiche di sicurezza estremamente flessibili. Inoltre, l'ambiente permette l'integrazione delle applicazioni con componenti applicativi progettati e realizzati secondo modelli di programmazione diversi da quello ad agenti mobili, grazie alla conformità con standard affermati nell'area dei componenti orientati agli oggetti (correlato a [RI4]). L'articolo presenta anche diversi prototipi di applicazioni distribuite sviluppati sul supporto SOMA in differenti campi applicativi, dalla gestione e il controllo di reti e sistemi, alla coordinazione di strumenti per il lavoro cooperativo, alla interrogazione di risorse informative distribuite ed eterogenee.

**CI4** [09] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*"A Mobile Agent Infrastructure for Terminal, User and Resource Mobility"*,  
**2000 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS'00)**:  
"The Networked Planet: Management Beyond 2000", IEEE Press, pp. 877-890,  
Honolulu, USA, Aprile 2000.

I recenti sviluppi tecnologici nel mondo delle telecomunicazioni e di Internet hanno reso possibile per l'utente l'accesso a risorse e servizi mentre si muove in sistemi distribuiti aperti e globali, e hanno fatto emergere la necessità di mantenere l'ambiente di lavoro preferito dell'utente in maniera indipendente dal suo attuale punto di connessione alla rete. Tale scenario ha motivato la ricerca di nuovi modelli e soluzioni per la realizzazione di servizi distribuiti, in particolare nell'area delle tecnologie a codice mobile. Il lavoro mostra come la piattaforma ad agenti mobili SOMA (vedi [CI3] [RI4]) possa fornire un'infrastruttura di supporto non solo per consentire i tradizionali concetti di mobilità di utenti e terminali, ma anche, più in generale, per rendere possibile la migrazione dinamica di ogni tipo di risorsa. SOMA supporta la mobilità dei terminali attraverso la specifica astrazione di località di mobile place, e la mobilità degli utenti attraverso il servizio di virtual home environment. La mobilità delle risorse è resa possibile grazie ad un servizio di nomi ad hoc (resource discovery), in grado di conservare le relazioni pendenti cliente/servitore indipendentemente dalle locazioni fisiche di risorse e utenti. Il lavoro fornisce, inoltre, risultati sperimentali che mostrano i costi associati con i principali meccanismi forniti dal supporto per la mobilità di terminali, utenti e risorse.

- CI5** [10] P. Bellavista, A. Corradi, A. Tomasi:  
“*The Mobile Agent Technology to Support and to Access to Museum Information*”,  
**2000 ACM Symposium on Applied Computing (SAC’00)**, ACM Press, pp. 1006-1013, Como, Italia, Marzo 2000.

Lo scenario globale realizzato tramite le odierne reti di comunicazione ha determinato nuove opportunità per la realizzazione di servizi Internet in una serie di nuove aree applicative, fra le quali i musei virtuali. La complessità di fornire soluzioni in questo dominio applicativo è dovuta principalmente all’eterogeneità delle differenti modalità di rappresentazione dei dati, alla loro distribuzione geografica, al grande numero di risorse informative coinvolte, e alla richiesta di personalizzazione del servizio acceduto da parte dell’utente. Il lavoro sostiene che una tale flessibilità di servizio richiede un approccio a livello di middleware e l’implementazione di un’infrastruttura distribuita di supporto. Viene presentato l’ambiente VM (Virtual Museum), realizzato tramite componenti ad agenti mobili SOMA. Gli agenti mobili sono stati scelti per le loro intrinseche capacità di autonomia e asincronicità rispetto all’utente, di dinamicità nella distribuzione e nel comportamento, e di adattamento dinamico alla disponibilità di risorse. VM prevede differenti scenari d’uso: gli utenti possono ricoprire ruoli differenti a seconda dei diversi livelli di competenza e di responsabilità di gestione; di conseguenza, possono richiedere a VM funzionalità di complessità differente, dalla semplice accessibilità Web, alla registrazione del consumo di risorse effettuato, dalla personalizzazione delle informazioni in accordo a dati di profilo, all’aggiornamento automatico dei risultati di ricerche in abbonamento. Il primo prototipo implementato ha dimostrato non solo la fattibilità dell’approccio, ma anche la flessibilità dell’infrastruttura, in grado di adattare il servizio ai differenti requisiti degli utenti ed alla diversa disponibilità di risorse.

- CI6** [11] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
“*A Mobile Agent Infrastructure for the Mobility Support*”,  
**2000 ACM Symposium on Applied Computing (SAC’00)**, ACM Press, pp. 539-546, Como, Italia, Marzo 2000.

La possibilità di avere terminali e utenti in movimento durante l'erogazione e la fruizione di servizi sta diventando sempre più un elemento cruciale in Internet. Il supporto alla mobilità di terminali e utenti può beneficiare in maniera significativa della disponibilità di un'infrastruttura middleware capace di rispondere efficientemente ed efficacemente alla necessità di servizi scalabili per il discovery delle risorse, per la sicurezza e l'interoperabilità nel loro utilizzo, per il monitoraggio e l'adattamento dinamico della Qualità di Servizio (QoS) offerta a run-time. Alcune attività di ricerca propongono l'implementazione di tale middleware tramite soluzioni a livello di rete, mentre altre si concentrano su proposte a livello applicativo. Seguendo principalmente quest'ultimo approccio, il lavoro mostra come sia possibile adottare la tecnologia degli agenti mobili per la modellazione e il supporto delle diverse forme di mobilità delineate. In particolare, l'articolo (correlato a [CI4] [RI5]) descrive nel dettaglio i componenti e i moduli della piattaforma ad agenti mobili SOMA, che sono stati implementati al fine specifico del supporto della mobilità di utenti e terminali. Il servizio di SOMA per *tracing & discovery* estende il servizio di base per la gestione di nomi distribuiti; esso permette di identificare e tenere traccia di tutte le entità mobili nel sistema (agenti, terminali, utenti). Il servizio per l'adattamento dinamico della qualità di servizio sfrutta le funzionalità messe a disposizione dagli strumenti di monitoraggio disponibili in SOMA (vedi [CINF2] [CINF3]), e permette operazioni dinamiche correttive sul servizio erogato in risposta a cambiamenti nelle condizioni della rete e dei nodi coinvolti.

- CI7** [15] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
“*CORBA Solutions for Interoperability in Mobile Agent Environments*”,  
**2<sup>nd</sup> International Symposium on Distributed Objects and Applications (DOA'00)**,  
IEEE Computer Society Press, pp. 283-294, Antwerp, Belgio, Settembre 2000.

Il paradigma di programmazione degli agenti mobili propone diverse soluzioni interessanti ai problemi che derivano dalla programmazione di servizi network-centric. Tuttavia, nonostante la disponibilità di numerose piattaforme ad agenti mobili, sono ancora pochi i servizi distribuiti basati sugli agenti che abbiano raggiunto un utilizzo di tipo commerciale. Oltre ai problemi di sicurezza sollevati dalla possibilità di muovere codice dinamicamente, uno dei maggiori ostacoli alla diffusione in larga scala del paradigma degli agenti è la mancanza di interoperabilità fra agenti e sistemi/servizi già esistenti. L'articolo prende lo spunto dal lavoro già compiuto e descritto in [RI4] [CI3], e discute pro e contro di soluzioni che permettano l'integrazione fra differenti sistemi ad agenti mobili eterogenei e fra piattaforme ad agenti e sistemi tradizionali. In particolare, il lavoro descrive l'implementazione di un sistema ad agenti conforme a CORBA, lo standard accettato e diffuso nella comunità della progettazione ad oggetti, ma anche con MASIF e FIPA, rispettivamente la specifica OMG per il supporto interoperabile a mobilità/gestione degli agenti e il framework per la definizione di linguaggi/protocolli standard nella comunicazione fra agenti. L'articolo riporta i costi dell'interoperabilità in SOMA, confrontati con le corrispondenti soluzioni proprietarie e misurati in un'applicazione reale di gestione di un sistema distribuito. I risultati mostrano la fattibilità e l'efficacia delle soluzioni di interoperabilità adottate.

- CI8** [16] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
“*Security in Programmable Network Infrastructures: the Integration of Network and Application Solutions*”,  
**2<sup>nd</sup> International Working Conference on Active Networks (IWAN'00)**, Springer  
Lecture Notes on Computer Science, Vol. 1942, pp. 262-276, Tokyo, Giappone,  
Ottobre 2000.

La possibilità di programmare l'infrastruttura di rete arricchisce in maniera significativa la sua flessibilità e favorisce il rapido sviluppo e la prototipazione di nuovi protocolli, ma espone anche ad un ampio spettro di possibili violazioni di sicurezza da parte di pacchetti attivi introdotti da utenti malevoli. La disponibilità dell'infrastruttura globale di rete è ovviamente un requisito cruciale e tale infrastruttura deve essere difesa anche nei confronti di possibili attacchi di tipo denial-of-service e dall'accesso non autorizzato a risorse e componenti comuni di servizio. Un ambiente di prototipazione per reti programmabili deve fornire soluzioni di sicurezza a differenti livelli di astrazione, dal livello di rete a quello applicativo. Le active network tendono a fornire soluzioni a livello di rete, estendendo il formato dei pacchetti trasmessi per includere informazioni di sicurezza. Le tecnologie a codice mobile si concentrano invece su strumenti di sicurezza a livello applicativo, capaci di integrarsi facilmente con infrastrutture esterne standardizzate e diffuse, come le infrastrutture a chiave pubblica. L'articolo descrive i framework di sicurezza proposti da diverse attività di ricerca nell'ambito delle reti programmabili e mette in evidenza i vantaggi/svantaggi che derivano dai vari livelli di astrazione adottati. Tale confronto rende evidente la necessità di ambienti integrati per la sicurezza, in cui sia possibile scegliere dinamicamente il compromesso più opportuno fra la flessibilità disponibile a livello applicativo e l'efficienza ottenibile a livello di rete. L'articolo descrive inoltre l'architettura e l'implementazione di un componente di rete programmabile (Programmable Network Component) che integra soluzioni di sicurezza a differenti livelli di astrazione.

- CI9** [18] P. Bellavista, A. Corradi, D. Cotroneo, S. Russo:  
*“Integrating Mobile Agent Infrastructures with CORBA-based Distributed Multimedia Applications”*,  
**9<sup>th</sup> Euromicro Workshop on Parallel and Distributed Processing (PDP'01)**, IEEE Computer Society Press, pp. 121-128, Mantova, Italia, Febbraio 2001.

La crescente potenza di calcolo e la sempre più ampia capacità di connessione degli attuali sistemi distribuiti stanno incoraggiando lo sviluppo di nuove classi di servizi, che richiedono da una parte una elevata personalizzabilità in base ai requisiti utente specificati dinamicamente, e dall'altra lo sfruttamento dell'infrastruttura Internet standard. Le applicazioni multimediali distribuite rappresentano un caso esemplare di questa classe di servizi, contraddistinti da requisiti stringenti in termini di richiesta di risorse, di dinamicità e di adattamento della qualità di servizio. Il lavoro sostiene la tesi che oggetti distribuiti e agenti mobili sono tecnologie complementari per il supporto di un middleware estremamente flessibile per applicazioni multimediali distribuite. Esso inoltre descrive il case study di MADAMA (Mobile Agent-based Distributed Architecture for Multimedia Applications), che adotta la tecnologia degli agenti mobili per semplificare la distribuzione dinamica del controllo del servizio e per fornire capacità di adattamento della qualità di servizio guidata dalla visibilità delle condizioni locali riguardo le risorse disponibili. MADAMA, inoltre, è implementato tramite componenti distribuiti che offrono interfacce CORBA per assicurare la più larga accessibilità e interoperabilità del servizio.

- CI10** [22] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:  
*“How to Monitor and Control Resource Usage in Mobile Agent Systems”*,  
**3<sup>rd</sup> International Symposium on Distributed Objects & Applications (DOA'01)**, IEEE Computer Society Press, pp. 65-75, Roma, Italia, Settembre 2001.

La recente ricerca sugli agenti mobili ha mostrato i punti di forza della tecnologia ma anche i suoi problemi aperti che ne stanno ancora limitando la diffusione in ambito industriale. Un requisito chiave è la possibilità di controllare dinamicamente le operazioni che agenti mobili autorizzati eseguono sugli ambienti di esecuzione ospitanti. È necessario non solo regolamentare l'accesso degli agenti alle risorse ma anche controllare l'utilizzo effettivo delle risorse che gli agenti autorizzati compiono durante la loro esecuzione, per esempio per proteggere l'ambiente da possibili attacchi di tipo denial-of-service (correlato a [CN3]). Il lavoro presenta un framework di soluzione per il monitoraggio e il controllo on-line di sistemi ad agenti mobili basati su Java. In particolare, l'articolo descrive il progetto e l'implementazione di MAPI, un componente per il monitoraggio on-line integrato nella piattaforma ad agenti SOMA. MAPI può essere utilizzato come componente base per la costruzione di strumenti per il monitoraggio distribuito, capaci di fornire informazioni, sia a livello di kernel che a livello applicativo, riguardo lo stato degli agenti mobili e del loro utilizzo di risorse. Questo permette di specificare e mettere in atto politiche di controllo e gestione del consumo delle risorse da parte di agenti mobili.

- CI11** [24] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*"An Active Middleware to Control QoS Level of Multimedia Services"*,  
**8<sup>th</sup> IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems (FTDCS'01)**, IEEE Computer Society Press, pp. 126-132, Bologna, Italia, Ottobre 2001.

Il progetto, l'implementazione e la fornitura di servizi Internet innovativi richiedono sia di poter specificare a tempo di negoziazione che di poter mantenere a tempo di esecuzione livelli di qualità di servizio (QoS) differenziati. I servizi devono essere personalizzati in risposta ai differenti requisiti dell'utente e alle differenti proprietà di qualità ottenibili a seconda dei server utilizzati e dei terminali/punti di accesso dei clienti. Il lavoro cerca di dimostrare che la fornitura di servizi con negoziazione e controllo dinamico di QoS su reti best-effort necessita di un'infrastruttura di supporto che renda attivi i nodi intermedi lungo il cammino fra clienti e server. L'articolo presenta MASQ, un middleware attivo per l'adattamento del QoS in servizi di streaming multimediale, integrato con politiche di gestione definite tramite linguaggi di specifica ad alto livello. A tempo di negoziazione, MASQ sfrutta la mobilità di codice per stabilire un cammino attivo fra i clienti e il server multimediale scelto per il servizio personalizzato in dipendenza dei profili utente e delle caratteristiche dei dispositivi di accesso. A tempo di erogazione del servizio, MASQ controlla dinamicamente il livello di QoS offerto per reagire con un adattamento dinamico quando e dove intervengono condizioni di congestione di rete. MASQ può essere programmato e configurato dinamicamente tramite la specifica di politiche espresse nel linguaggio Ponder.

- CI12** [25] F. Baschieri, P. Bellavista, A. Corradi:  
*"Mobile Agents for QoS Tailoring, Control and Adaptation over the Internet: the ubiQoS Video on Demand Service"*,  
**2<sup>nd</sup> IEEE International Symposium on Applications and the Internet (SAINT'02)**, IEEE Computer Society Press, pp. 109-118, Nara, Giappone, Gennaio 2002.

La distribuzione di servizi su reti best-effort come Internet necessita di affrontare i problemi connessi alla fornitura di livelli differenziati di qualità di servizio (QoS) e alla accessibilità dei servizi stessi da ogni punto di connessione alla rete globale. I servizi Internet devono considerare le preferenze di qualità degli utenti insieme con le differenti proprietà dei server che forniscono servizi replicati/partizionati e dei differenti punti/dispositivi di accesso, dalle workstation connesse su collegamenti ATM ad alta velocità a personal digital assistant sulle reti packet-switched della telefonia mobile di terza generazione. Il lavoro afferma che la fornitura di servizi su reti best-effort con livelli di qualità negoziati e controllati dinamicamente necessita di un'infrastruttura di supporto distribuita costituita da nodi attivi intermedi lungo il cammino fra clienti e server (correlato a [CI9] [CI11]). La tecnologia degli agenti mobili è adatta alla implementazione di questa infrastruttura attiva e l'articolo presenta, in particolare, il progetto di un middleware per il Video on Demand chiamato ubiQoS. A tempo di negoziazione, ubiQoS stabilisce un cammino attivo fra il cliente e il server più adatto a fornire lo stream multimediale con il livello di qualità dipendente dal profilo utente e dalle caratteristiche del suo dispositivo di accesso. A tempo di erogazione, ubiQoS controlla dinamicamente il livello di qualità offerto in modo da permettere un adattamento on-line locale quando e dove muta la disponibilità corrente delle risorse di rete coinvolte.

- CI13** [27] P. Bellavista, A. Corradi:  
*"How to Support Internet-based Distribution of Video on Demand to Portable Devices"*,  
**7<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'02)**, IEEE Computer Society Press, pp. 126-132, Taormina, Italia, Luglio 2002.

La crescente diffusione di dispositivi portabili con connettività wireless identifica nuovi scenari per l'erogazione di servizi distribuiti su sistemi globali. L'accesso a servizi Internet tradizionali e a nuove classi di servizio da parte di terminali portabili con capacità fortemente limitate ed eterogenee richiede nuove infrastrutture di supporto per consentire l'integrazione con la rete fissa e la personalizzazione/adattamento del servizio nelle fasi di negoziazione/erogazione. Il lavoro descrive la prosecuzione dell'attività di ricerca presentata in [CI12] [RT1], che ha portato alla progettazione ed implementazione di un middleware basato sulla tecnologia degli agenti mobili per la distribuzione di servizi multimediali verso dispositivi portabili. Gli agenti mobili svolgono il ruolo di proxy per i dispositivi sulla rete fissa, possono negoziare il livello di qualità di servizio più appropriato e adattarlo anche dinamicamente, a seconda delle caratteristiche dei dispositivi, delle preferenze utente e della corrente disponibilità di risorse di rete. L'articolo descrive inoltre un prototipo di servizio location-dependent per la distribuzione di informazioni cinematografiche che sfrutta il middleware proposto: il servizio permette l'accesso ai trailer delle pellicole in programmazione nelle sale in vicinanza della posizione corrente del dispositivo portabile nonostante i severi vincoli sulle capacità computazionali e di visualizzazione lato cliente, come nel caso di Palm personal digital assistant capaci di ospitare solo la piattaforma Java ridotta KVM/CLDC/MIDP.

- CI14** [28] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*"Mobile Agent Solutions for Accounting Management in Mobile Computing"*,  
**7<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'02)**, IEEE Computer Society Press, pp. 753-760, Taormina, Italia, Luglio 2002.

La convergenza delle telecomunicazioni mobili e dei sistemi distribuiti globali obbliga a riconsiderare le soluzioni tradizionali cliente/servitore per la gestione integrata di reti e sistemi. L'articolo mostra come la funzionalità di accounting nella rete Internet estesa al supporto della mobilità richieda nuovi componenti di infrastruttura, residenti sulla rete fissa e in grado di monitorare, controllare e registrare il consumo di risorse localmente ai domini di corrente connessione di utenti/terminali mobili, senza richiedere la continua connettività verso gestori di accounting remoti e centralizzati. Il lavoro inoltre indica nel paradigma degli agenti mobili una soluzione estremamente utile ed efficace, in differenti scenari di mobilità, per superare i limiti delle tradizionali soluzioni di accounting. Gli agenti possono massimizzare la località nell'accesso ai dati di monitoraggio, possono consentire funzionalità di accounting anche in caso di temporaneo partizionamento delle reti, e possono installare nuovo comportamento di monitoraggio/controllo ove richiesto dinamicamente. L'articolo descrive inoltre la progettazione e l'implementazione di un middleware ad agenti mobili per la gestione dell'accounting in ambito di mobilità (MAM<sup>2</sup>), basato sulla piattaforma SOMA, insieme a alcuni casi d'uso che mostrano i vantaggi dell'adozione della tecnologia ad agenti mobili.

**CI15** [32] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*"Policy-driven Binding to Information Resources in Mobility-enabled Scenarios"*,  
**4<sup>th</sup> International Conference on Mobile Data Management (MDM'03)**, Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 2574, pp. 212-229, Melbourne, Australia, Gennaio 2003.

L'emergente diffusione del mobile computing, in generale, e di dispositivi portabili con connettività wireless, in particolare, produce nuovi e difficili scenari per l'erogazione di servizi Internet. La mobilità di utenti, terminali, e anche di componenti di middleware e di servizio, richiede soluzioni innovative per la gestione dinamica dei collegamenti fra risorse informative ed entità mobili in seguito a una migrazione di queste ultime. Le strategie di binding ottimali da applicare possono dipendere da condizioni dinamiche di deployment, come la disponibilità locale di risorse, preferenze utente e caratteristiche hardware/software del terminale di accesso al servizio, e di conseguenza dovrebbero essere determinate a tempo di fornitura del servizio. Sono necessari nuovi middleware capaci di supportare il binding a risorse in contesti di mobilità e di mantenere separate la logica applicativa dalle strategie di binding applicate. Il lavoro presenta un middleware, chiamato SCaLaDE, per il supporto a servizi informativi acceduti da utenti e dispositivi mobili. SCaLaDE associa ad ogni cliente mobile un agente mobile proxy che segue il roaming dell'utente/terminale e riorganizza i suoi binding in maniera trasparente e in dipendenza da strategie guidate da politiche, valutate dinamicamente, espresse in un linguaggio di specifica di alto livello e completamente separate dalla logica applicativa. Questa separazione è fondamentale per contenere la complessità associata allo sviluppo di servizi informativi in contesti di mobilità.

**CI16** [33] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*"QoS-aware Accounting in Mobile Computing Scenarios"*,  
**11<sup>th</sup> Euromicro Conference on Parallel Distributed and Network-based Processing (PDP'03)**, IEEE Computer Society Press, pp. 537-543, Genova, Italia, Febbraio 2003.

Il crescente mercato dei dispositivi portabili e delle reti wireless sta motivando e stimolando l'erogazione di servizi Internet in ambienti mobili e con livelli di qualità (QoS) differenziati, al fine di adattarsi alle caratteristiche eterogenee dei possibili dispositivi di accesso e alla disponibilità dinamica di risorse di rete. Ciò richiede non solo protocolli di negoziazione specifici che considerino i profili cliente e lo stato delle risorse distribuite, ma anche di determinare e controllare dinamicamente il livello di QoS effettivamente erogato all'utente finale. Queste nuove problematiche impattano in maniera significativa sulla definizione e sulla realizzazione di strategie di accounting adatte, e delle corrispondenti operazioni di pricing e di billing. L'articolo discute e motiva la necessità di soluzioni middleware altamente dinamiche con ampia visibilità dei differenti livelli di QoS erogati. Il middleware deve evolvere dinamicamente dipendentemente dalla mobilità utente/terminale, al fine di monitorare, controllare e registrare il livello di qualità effettivamente ricevuto sul lato cliente, e tali operazioni devono essere svolte direttamente entro le località dove dinamicamente utenti e terminali si muovono. Inoltre, le soluzioni middleware devono essere massimamente portabili, data l'intrinseca apertura dello scenario indirizzato. Il lavoro presenta le linee guida del progetto e dell'implementazione di AQuAM (Active middleware for Quality-aware Accounting of Mobile services), un middleware per il supporto a operazioni di accounting dipendenti dall'effettivo livello di QoS ricevuto da utenti/terminali mobili. AQuAM distribuisce nuovi componenti middleware attivi sull'infrastruttura di rete fissa, quando e dove necessario, a supporto e integrazione delle limitazioni tipiche dei dispositivi portabili.

**CI17** [38] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
“*Application Domain Accounting for Roaming Services*”,  
**8<sup>th</sup> IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems (FTDCS'03)**, IEEE Computer Society Press, pp. 359-366, Portorico, Maggio 2003.

Il lavoro propone una originale architettura di accounting, chiamata roaming accounting, in cui gli Home Service Provider (HSP) possono delegare dinamicamente le funzionalità di accounting dei propri clienti mobili a entità locali ai clienti, i Foreign Service Provider (FSP). La delega è implementata anche tramite meccanismi di mobilità di codice che permettono di muovere dinamicamente la logica di metering e charging agli FSP che ne hanno necessità. Questo approccio permette di evitare, da una parte, il continuo trasferimento di grandi quantità di informazioni di monitoraggio fra service provider differenti. Dall'altra parte, gli FSP non sono così costretti a conoscere preventivamente la logica di accounting pertinente a tutti gli utenti mobili ospitati, ma semplicemente a mettere a disposizione parte delle loro risorse di esecuzione al codice di monitoraggio/charging inviato a runtime dagli HSP. È stata progettata e implementata una infrastruttura di supporto estensibile e mobile per metering/charging a livello applicativo. La soluzione proposta è mobile nel senso che è in grado di migrare dinamicamente componenti di infrastruttura laddove necessario in dipendenza dal roaming cliente a tempo di esecuzione. I componenti di accounting realizzati sono ampiamente portabili, basati su tecnologie standard di monitoraggio, e implementati in Java.

**CI18** [39] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
“*Pervasive Accounting of Resource Consumption for Wireless Services with Adaptive QoS*”,  
**6<sup>th</sup> IFIP/IEEE International Conference on Management of Multimedia Networks and Services (MMNS'03)**, Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 2839, pp. 155-169, Belfast, Gran Bretagna, Settembre 2003.

Le comunicazioni wireless e la miniaturizzazione dei dispositivi stanno rendendo possibili scenari pervasivi in cui è cruciale avere a disposizione meccanismi e strumenti avanzati per l'adattamento dinamico della qualità di servizio (QoS), data la limitata disponibilità di risorse e l'elevata eterogeneità dei terminali di accesso. In particolare, nel caso di servizi ad elevato consumo di risorse, i livelli di QoS dovrebbero essere automaticamente scalati verso il basso in dipendenza dalle specifiche limitazioni dell'ambiente di erogazione del servizio e del dispositivo corrente di accesso. In questo scenario, un aspetto allo stato dell'arte è l'accounting dei clienti che consideri non solo il traffico generato, ma anche le risorse distribuite coinvolte nell'adattamento dinamico del QoS. Il lavoro propone una infrastruttura di accounting che estende la tradizionale rete Internet, dove e quando necessario a seconda dei pattern di mobilità dei clienti wireless, tramite l'introduzione di componenti middleware mobili per il monitoraggio e il charging. La soluzione sfrutta la tecnologia ad agenti mobili per ottenere massima flessibilità, dinamicità nel comportamento di metering/charging, località nell'accesso ai dati di monitoraggio. Inoltre, gli agenti mobili permettono di realizzare strategie di accounting dipendenti dalla sessione utente, anche in caso di partizionamento temporaneo della rete.

- CI19** [40] P. Bellavista, A. Corradi:  
“*Mobile Middleware Solutions for the Adaptive Management of Multimedia QoS to Wireless Portable Devices*”,  
**9<sup>th</sup> IEEE International Workshop on Object-oriented Real-time Dependable Systems (WORDS'03F)**, IEEE Computer Society Press, pp. 283-291, Capri, Italia, Ottobre 2003.

Gli scenari di servizio allo stato dell'arte coinvolgono sempre più dispositivi portabili wireless con capacità limitate e fortemente eterogenee. Questi dispositivi sono utilizzati per accedere sia servizi Internet tradizionali che servizi innovativi dipendenti dal contesto. Ciò richiede infrastrutture innovative che supportino l'integrazione di dispositivi mobili con la rete fissa, dove e quando necessario, ma soprattutto che permettano il tailoring della qualità di servizio (QoS) a tempo di negoziazione e il suo adattamento a tempo di erogazione. Il lavoro propone un middleware flessibile per la gestione del QoS in sistemi multimediali che coinvolgano dispositivi portabili wireless interessati da operazioni di roaming durante la fruizione del servizio. Il middleware sfrutta agenti mobili che si comportano da proxy sulla rete fissa per i dispositivi associati e ne seguono trasparentemente i movimenti fra località wireless. I proxy negoziano il livello di QoS più appropriato e si occupano delle operazioni di tailoring/adattamento on-the-fly dei flussi multimediali in dipendenza dai profili dei dispositivi associati e dalle preferenze degli utenti coinvolti. In particolare, il lavoro si concentra su come la soluzione middleware proposta acquisisca la visibilità on-line dei cambiamenti di località dei clienti mobili in modo portabile su differenti implementazioni di differenti tecnologie wireless, ad esempio IEEE 802.11 and Bluetooth. I risultati sperimentali presentati mostrano che, nonostante l'approccio a livello applicativo, i tempi di riorganizzazione del middleware sono compatibili con i requisiti stringenti imposti dalle comuni applicazioni multimediali distribuite.

- CI20** [43] P. Bellavista, R. Montanari, D. Tibaldi:  
“*COSMOS: a Context-centric Access Control Middleware for Mobile Environments*”,  
**5<sup>th</sup> IEEE/IFIP International Workshop on Mobile Agents for Telecommunication Applications (MATA'03)**, Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 2881, pp. 77-88, Marrakech, Marocco, Ottobre 2003.

L'erogazione di servizi in ambienti pervasivi e ubiqui, come la rete Internet estesa da accessibilità wireless (wireless Internet), suggerisce la realizzazione di soluzioni middleware con componenti mobili (mobile proxy) che seguono i movimenti dei clienti wireless limitati e che agiscono in loro vece sulla rete fissa. È cruciale che i proxy mobili abbiano completa visibilità del loro contesto, ovvero dell'insieme delle risorse disponibili e di interesse in dipendenza dalle regole per il controllo degli accessi, dai requisiti di privacy, dalla locazione cliente, dalle preferenze utente, dalle caratteristiche del terminale, e dallo stato corrente dell'ambiente ospitante. Il lavoro presenta il progetto e l'implementazione di un middleware per il controllo degli accessi in wireless Internet, incentrato sul concetto di contesto e chiamato COSMOS. COSMOS determina dinamicamente il contesto dei proxy mobili e regola il loro accesso alle risorse considerando differenti tipi di metadato (profili utente e politiche di autorizzazione). Inoltre, il lavoro mostra come COSMOS semplifichi significativamente lo sviluppo di strategie articolate per il controllo degli accessi, mostrando il caso di studio concreto di un servizio di informazioni cinematografiche dipendenti dal contesto e realizzato su celle IEEE 802.11.

- CI21** [48] P. Bellavista, A. Corradi:  
*"A QoS Management Middleware based on Mobility Prediction for Multimedia Service Continuity in the Wireless Internet"*,  
**9<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'04)**, IEEE Computer Society Press, pp. 531-538, Alexandria, Egitto, Luglio 2004.

I nuovi scenari di erogazione di servizi distribuiti stanno integrando dispositivi wireless mobili con capacità limitate ed eterogenee. Questo non solo richiede innovative soluzioni che supportino differenti forme di mobilità e di connettività in reti integrate wired-wireless, ma evidenzia anche la necessità di azioni di adattamento dinamico della qualità di servizio offerta, specie in applicazioni resource-consuming come la distribuzione di contenuto multimediale. Il lavoro presenta il sistema Mobile ubiQoS, un middleware ad agenti mobili per la gestione della qualità di servizio di flussi multimediali erogati a terminali cliente in movimento in wireless Internet. In particolare, l'articolo si concentra su come Mobile ubiQoS è capace di predire, in maniera portabile, la mobilità wireless inter-cella senza bisogno dell'ausilio di un sistema di posizionamento globale. La predizione della mobilità cliente permette di migrare agenti mobili personalizzati per l'adattamento di contenuti multimediali alle caratteristiche del dispositivo e alle preferenze dell'utente, anticipando i movimenti dell'utente. Questo anticipo è cruciale per riorganizzare pro-attivamente sessioni di servizio personalizzate mantenendo la continuità del servizio. La soluzione di predizione adottata è completamente decentralizzata ed efficiente; sfrutta unicamente informazioni lato cliente sulla potenza del segnale ricevuto dalle base station IEEE 802.11b in visibilità, in modo totalmente portabile. Risultati di simulazione e di sperimentazione sul campo hanno dimostrato che, nonostante l'approccio a livello applicativo, il middleware proposto è in grado di predire la prossima cella wireless visitata dall'utente con un anticipo sufficiente a garantire la continuità dei flussi multimediali.

- CI22** [49] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
*"MUM: a Middleware for the Provisioning of Continuous Services to Mobile Users"*,  
**9<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'04)**, IEEE Computer Society Press, pp. 498-505, Alexandria, Egitto, Luglio 2004.

I recenti progressi nelle soluzioni di connettività wireless e nei dispositivi portabili stanno rendendo possibili scenari di accesso ubiquo e continuo ai servizi distribuiti. Sono necessari middleware innovativi per adattare i contenuti di servizio alle caratteristiche del cliente, seguendo il cliente associato nei suoi spostamenti a tempo di fornitura del servizio. MUM è un middleware dinamico e flessibile per il supporto a servizi continui erogati a utenti mobili. MUM è in grado di riconfigurare i servizi dinamicamente tramite la distribuzione runtime di componenti di supporto sui nodi intermedi lungo il cammino cliente->servitore; inoltre, MUM supporta il mantenimento della sessione di servizio muovendo automaticamente lo stato della sessione in risposta ai movimenti utente (e agli eventuali cambi di terminale di accesso). Il middleware proposto sfrutta la tecnologia degli agenti mobili per muovere sia il codice dei componenti che lo stato della sessione, dove e quando necessario; MUM invece sfrutta il tradizionale modello client/server per l'interazione fra i componenti applicativi. Il lavoro mostra anche come realizzare un servizio di video-on-demand sul middleware MUM, al fine di rendere evidente la fattibilità dell'approccio proposto anche nel difficile dominio applicativo della distribuzione multimediale. I primi risultati sperimentali evidenziano che i tempi di riconfigurazione e di migrazione della sessione in MUM sono compatibili anche con

i severi requisiti imposti dalla distribuzione di flussi multimediali sulla rete Internet best-effort.

**CI23** [51] P. Bellavista, C. Stefanelli, M. Tortonesi:

*“The ubiQoS Middleware for Audio Streaming to Bluetooth Devices”*,

**Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (MobiQoS’04)**, AAAI, IEEE Computer Society, ACM SIGMOBILE e European Union's IST program, IEEE Computer Society Press, pp. 138-145, Boston, USA, Agosto 2004.

L’integrazione completa e automatica dei dispositivi wireless all’interno delle tradizionali infrastrutture di rete fissa diventa sempre più rilevante e cruciale per promuovere l’accesso mobile e ubiquo ai servizi Internet. In particolare, l’eterogeneità e le risorse limitate dei terminali wireless suggeriscono la realizzazione di infrastrutture di supporto innovative che possano facilitare l’integrazione wired-wireless e farsi carico della personalizzazione dinamica del servizio a seconda delle caratteristiche dei clienti interessati. Il lavoro presenta un middleware, a livello applicativo e altamente portatile, per il supporto allo streaming audio con controllo della qualità di servizio verso clienti Bluetooth. Il middleware proposto sfrutta componenti proxy per il tailoring e la gestione della qualità sull’ultimo segmento del cammino di distribuzione del flusso audio verso il cliente, in particolare sfruttando differenti tipologie di link Bluetooth. I proxy eseguono al confine fra rete wired e rete wireless e possono anche migrare dinamicamente, seguendo i movimenti del dispositivo wireless associato. I risultati sperimentali riportati mostrano la fattibilità dell’approccio a livello applicativo e la compatibilità delle sue prestazioni anche quando ci si misura con casi applicativi “difficili”, quali lo streaming audio con controllo di qualità di servizio verso dispositivi Bluetooth limitati.

**CI24** [52] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:

*“Lightweight Code Mobility for Proxy-based Service Rebinding in MANET”*,

**International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS’04)**, IEEE Communication Society Press, pp. 208-214, Mauritius, Settembre 2004.

I recenti sviluppi nella miniaturizzazione dei dispositivi e nelle tecnologie di comunicazione wireless stanno stimolando la ricerca su Mobile Ad-hoc NETWORKS (MANET), in cui i nodi mobili sono in grado di organizzarsi autonomamente in modalità peer-to-peer, senza il bisogno di una infrastruttura di rete preparata precedentemente in modo statico. Data la mobilità dei nodi, l’insieme dei componenti di servizio a distanza one-hop dai nodi cliente all’interno di una MANET si modifica frequentemente a tempo di esecuzione. Questo continuo cambiamento nei servizi localmente accessibili rende significativamente più complesse la progettazione e l’implementazione di applicazioni distribuite efficienti ed efficaci. Il lavoro chiarisce perché siano necessari, in ambito MANET, supporti middleware altamente dinamici, non solo per affrontare problematiche di routing e configurazione, ma anche al fine di automatizzare la riqualificazione dinamica dei binding a risorse e servizi. Il lavoro descrive COMMAND, un middleware flessibile, basato su tecnologie a codice mobile, per il rebinding trasparente di servizi in reti MANET. COMMAND sfrutta componenti proxy eletti a tempo di erogazione del servizio; i proxy svolgono il ruolo di intermediari che disaccoppiano clienti mobili e componenti di servizio in uso. In particolare, il lavoro si concentra su come COMMAND implementi una soluzione per la distribuzione dinamica del codice dei proxy dinamicamente eletti; tale soluzione ha overhead particolarmente limitato ed è ritagliata sulle caratteristiche specifiche delle reti MANET. Inoltre, viene presentata

l'implementazione di un'applicazione distribuita di forum realizzata su COMMAND, e ne vengono illustrate le performance, mostrando come l'adozione del middleware proposto semplifichi significativamente lo sviluppo di servizi in reti MANET.

- CI25** [53] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Mobility Prediction for Mobile Agent-based Service Continuity in the Wireless Internet”*,  
**1st International Workshop on Mobility Aware Technologies and Applications (MATA'04)**, Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 3284, pp. 1-12, Florianopolis, Brasile, Ottobre 2004.

Scenari innovativi per il deployment di servizi di rete vedono integrati dispositivi mobili con capacità limitate e fortemente eterogenee, che si muovono fra località di accesso wireless anche durante la fruizione dei servizi. Questi scenari richiedono soluzioni middleware innovative per supportare differenti forme di mobilità/connettività in reti wired-wireless integrate e per svolgere operazioni di riconfigurazione/adattamento del servizio in dipendenza delle caratteristiche del cliente servito e in risposta ai cambiamenti di stato della località che fornisce l'accesso wireless. Il lavoro propone l'adozione di proxy ad agenti mobili che lavorano ai confini fra rete wired e rete wireless al fine di supportare l'accesso personalizzato dei clienti wireless limitati alle risorse su rete fissa di cui hanno bisogno a runtime. Il lavoro si concentra specificamente su come predire i movimenti dei dispositivi cliente fra celle IEEE 802.11 in modo portatile e con overhead limitato, senza sfruttare sistemi esterni di posizionamento. La predizione della mobilità cliente è essenziale per mantenere la continuità di servizio: grazie alla predizione, gli agenti mobili possono migrare in anticipo verso le celle wireless dove i dispositivi mobili a loro associati si riconnetteranno nel futuro prossimo, e possono così riorganizzare proattivamente sessioni personalizzate di servizio. Il lavoro propone e confronta differenti soluzioni di predizione della mobilità, integrate nel sistema SOMA, basate o sulla potenza del segnale ricevuto o sul sistema di posizionamento di Ekahau. I risultati sperimentali presentati, derivanti sia da simulazioni che da prove sul campo, mostrano che la soluzione originale basata sulla potenza del segnale riesce a predire la prossima cella wireless visitata con un overhead molto limitato e con un anticipo sufficiente a garantire la continuità di servizio per un'ampia classe di servizi.

- CI26** [54] P. Bellavista, C. Stefanelli, M. Tortonese:  
*“Middleware-level QoS Differentiation in the Wireless Internet: the ubiQoS Solution for Audio Streaming over Bluetooth”*,  
**1<sup>st</sup> International Conference on Quality of Service in Heterogeneous Wired/Wireless Networks (QShine'04)**, IEEE Computer Society Press, pp. 172-180, Dallas, USA, Ottobre 2004.

L'obiettivo ultimo dell'accessibilità estesa ed ubiqua a servizi Internet deve comprendere non solo l'integrazione autonoma e trasparente di dispositivi wireless all'interno di reti fisse tradizionali, ma anche la differenziazione dinamica dei livelli di qualità di servizio offerti, anche in dipendenza dalle caratteristiche degli specifici clienti serviti. In questo ambito, il lavoro presenta la nostra proposta originale, integrata nel nostro middleware ubiQoS, per l'erogazione di streaming audio con differenti livelli di qualità di servizio. In particolare, in questo lavoro ci concentriamo su come ubiQoS gestisca dinamicamente la qualità di servizio offerta sull'ultimo segmento del cammino di distribuzione verso dispositivi cliente Bluetooth-enabled. ubiQoS alloca tipologie differenti di canali Bluetooth (unicast connection-oriented o broadcast connectionless) dipendentemente dai differenti requisiti di qualità richiesti da

differenti classi di utenza. Più specificamente, il lavoro descrive l'attività di progetto ed implementazione di una libreria che estende la specifica standard JSR82, anche con il supporto a canali di comunicazione di tipo Active Slave Broadcast. La libreria realizzata semplifica drasticamente la gestione della comunicazione a livelli di qualità differenziata da parte di applicazioni Java-based ed è un risultato significativo messo a disposizione dei partecipanti del progetto IS-MANET, nonché dell'intera comunità di sviluppatori Java su Bluetooth. I risultati sperimentali misurati sul campo mostrano come il nostro approccio, nonostante sia a livello applicativo, raggiunga buone performance, del tutto compatibili anche nella difficile area applicativa dell'erogazione di flussi audio streaming con qualità differenziata verso dispositivi Bluetooth con risorse limitate.

**CI27** [55] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:

**“MUMOC: an Active Infrastructure for Open Video Caching”**,

**1<sup>st</sup> International Conference on Distributed Frameworks for Multimedia Applications (DFMA'05)**, IEEE Computer Society Press, pp. 64-71, Besancon, France, Febbraio 2005.

I recenti progressi nei sistemi distribuiti per content delivery, in particolare di tipo multimediale, stanno rendendo possibili scenari di erogazione del servizio in cui un grande numero di utenti accedono a contenuti di Video on Demand (VoD), anche mentre si stanno muovendo fra diverse località di accesso a Internet e sfruttando terminali di accesso differenziati. Questi scenari richiedono middleware innovativi capaci di supportare accessi multimediali personalizzati tramite l'attivazione di nodi intermedi dinamicamente scelti lungo il cammino fra clienti e server correntemente attivi. Il lavoro propone e presenta MUMOC, una infrastruttura a overlay, dinamica e flessibile, per il caching distribuito sia di metadati per la descrizione dei flussi multimediali disponibili che di prefissi (sequenze iniziali) degli stessi flussi. Per raggiungere obiettivi di apertura e facile interoperabilità con sistemi multimediali legacy, MUMOC adotta formati standard per la rappresentazione di metadati multimediali, basati sull'integrazione delle specifiche Dublin Core e MPEG7. I primi risultati sperimentali ottenuti mostrano che MUMOC riduce in maniera significativa l'utilizzo di banda e la latenza iniziale percepiti lato cliente. Inoltre, nonostante la determinazione/costruzione dinamica dell'infrastruttura a overlay e l'approccio completamente a livello applicativo, l'overhead introdotto da MUMOC è del tutto compatibile con i requisiti tipici della distribuzione multimediale su rete Internet.

**CI28** [57] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:

**“REDMAN: a Decentralized Middleware Solution for Cooperative Replication in Dense MANETs”**,

**2<sup>nd</sup> International Workshop on Middleware Supports for Pervasive Computing (PerWare'05)**, all'interno di 3<sup>rd</sup> IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom), IEEE Computer Society Press, pp. 158-162, Kauai, USA, Marzo 2005.

La diffusione crescente di dispositivi portabili wireless sta facendo emergere la possibilità di fornire servizi anche su reti Mobile Ad-hoc NETWORKS (MANET) dense, ovvero in regioni spaziali limitate (come centri commerciali, stazioni ferroviarie e aeroporti) dove un ampio numero di nodi wireless mobili possono cooperare autonomamente, senza il bisogno di infrastrutture di rete predisposte staticamente. Scenari di servizi di MANET dense possono sfruttare l'elevata popolazione di nodi presenti per replicare le risorse di interesse comune, al fine di accrescere la loro disponibilità anche in casi di uscita imprevedibile di nodi mobili

dalla regione densa. Il lavoro propone l'architettura di un middleware, chiamato REDMAN, per la gestione, la disseminazione e il ritrovamento di repliche di dati e componenti di servizio in una MANET densa. In particolare, il lavoro investiga e propone soluzioni originali, efficienti e specifiche per MANET dense per 1) la determinazione dei nodi appartenenti alla regione densa, senza far uso di sistemi di posizionamento, e 2) l'elezione dinamica di nodi gestori di repliche col compito di mantenere il grado di replicazione desiderato in modo lazy-consistent ma a costo estremamente basso.

**CI29** [58] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:

*“Lightweight Replication Middleware for Data and Service Components in Dense MANETs”*,

**1<sup>st</sup> IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM'05)**, IEEE Computer Society Press, pp. 142-152, Taormina, Italia, Giugno 2005.

La crescente diffusione di dispositivi portabili con connettività wireless sta stimolando la realizzazione e la fornitura di servizi su Mobile Ad-hoc NETWORK (MANET) dense, ovvero in limitate aree (come centri commerciali, stazioni ferroviarie e aeroporti) in cui un alto numero di dispositivi mobili possono cooperare in maniera autonoma senza il bisogno di una infrastruttura di rete organizzata staticamente. Ambienti di MANET dense possono sfruttare l'alta popolazione di nodi per replicare risorse di interesse comune al fine di migliorarne la disponibilità anche nel caso di impreviste uscite di nodi dalla regione ad alta densità. Il lavoro propone un middleware (REDMAN) per la gestione, la disseminazione e il ritrovamento di repliche di dati e componenti di servizio in MANET dense. In particolare, REDMAN implementa soluzioni originali ed efficienti per la determinazione dell'appartenenza di un nodo alla regione densa, senza l'utilizzo di sistemi di posizionamento, e per l'elezione dinamica di un nodo replica manager col compito di mantenere, per le risorse associate, il grado di replicazione desiderato senza vincoli di stretta consistenza. I risultati sperimentali dimostrano l'efficienza e l'efficacia delle soluzioni REDMAN in MANET dense con densità di nodi pressoché costante, anche in presenza di elevata mobilità dei nodi.

**CI30** [59] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:

*“Java-based Proactive Buffering for Multimedia Streaming Continuity in the Wireless Internet”*,

**1<sup>st</sup> IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM'05)**, IEEE Computer Society Press, pp. 448-450, Taormina, Italia, Giugno 2005.

Innovativi scenari di deployment per servizi distribuiti con requisiti di mantenimento della continuità della sessione sempre più frequentemente comprendono dispositivi portabili con capacità limitate e altamente eterogenee, che si muovono fra differenti località di accesso wireless durante l'erogazione e l'accesso a servizi come quelli di distribuzione multimediale. Il lavoro propone di affrontare le difficili problematiche imposte da questi nuovi scenari attraverso un approccio middleware basato sul mantenimento di due livelli coordinati e proattivi di buffering (lato cliente e lato proxy) a supporto della continuità dello streaming multimediale nonostante il roaming cliente a runtime. Il contributo si focalizza, in particolare, su uno specifico componente di infrastruttura di supporto, il componente per il buffering implementato in puro linguaggio Java, che ha dimostrato tramite sperimentazione sul campo di avere prestazioni sensibilmente superiori all'analogica funzionalità realizzata in Java Media Framework standard, sia riguardo al tempo di inizializzazione che al runtime overhead.

- CI31** [60] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Mobile Proxies for Proactive Buffering in Wireless Internet Multimedia Streaming”*,  
**1<sup>st</sup> International Workshop on Services and Infrastructure for the Ubiquitous and Mobile Internet (SIUMI’05)**, all’interno di 25<sup>th</sup> International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), IEEE Computer Society Press, pp. 297-304, Columbus, Ohio, Giugno 2005.

L’ampia e crescente popolarità dei dispositivi wireless sta facendo crescere l’interesse commerciale per la realizzazione di applicazioni di streaming multimediale su reti wired-wireless integrate. Servizi di streaming multimediale devono considerare non solo il supporto a differenti forme di mobilità e connettività dei clienti, ma anche la necessità di personalizzare il servizio a runtime sulla base delle specifiche limitazioni del cliente e della sua posizione, possibilmente non imponendo alcuna interruzione nell’erogazione del flusso multimediale nonostante il roaming cliente. Il lavoro presenta una soluzione middleware innovativa basata su proxy mobili che eseguono ai confini fra rete wired e rete wireless, in prossimità dei clienti wireless limitati a loro associati, al fine di supportare la personalizzazione nell’accesso ai servizi multimediali. I proxy mobili si occupano, in particolare, di eliminare/limitare possibili interruzioni nella fruizione del servizio tramite pre-fetching dei contenuti multimediali. L’infrastruttura middleware proposta sfrutta la predizione, decentralizzata e leggera, del processo di handover cliente 1) per migrare i proxy mobili in anticipo verso le celle wireless dove i clienti associati si riconnetteranno a breve, e 2) per gestire in maniera pro-attiva il buffering sui proxy mobili in modo tale da ridurre l’utilizzo di risorse di memorizzazione e di rete. I risultati sperimentali presentati mostrano che la nostra soluzione originale per il buffer management tramite predizione di cell handover in IEEE 802.11 migliora in maniera significativa le prestazioni dei buffer multimediali, anche rispettando i difficili vincoli temporali propri di questa tipologia di servizi nonostante il nostro approccio altamente portatile e a livello applicativo.

- CI32** [61] P. Bellavista, A. Corradi, S. Monti:  
*“Integrating Web Services and Mobile Agent Systems”*,  
**1<sup>st</sup> International Workshop on Services and Infrastructure for the Ubiquitous and Mobile Internet (SIUMI’05)**, all’interno di 25<sup>th</sup> International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), IEEE Computer Society Press, pp. 283-290, Columbus, Ohio, Giugno 2005.

I sistemi ad agenti mobili (MA) sono diventati soluzioni di supporto di rilievo nello scenario dei sistemi distribuiti moderni anche per la loro capacità di semplificare il compito, per gli sviluppatori di applicazioni, di gestire e controllare le proprietà e i comportamenti di sistemi mobili, specialmente in ambienti wireless ubiqui. Diverse piattaforme MA si sono diffuse e ritagliate la loro fetta di mercato in modo indipendente negli ultimi anni, senza che si affermasse al contempo nessuno standard largamente accettato, rendendo così problematica l’integrazione di sistemi MA eterogenei. Inoltre, i sistemi MA sono talora difficili da sfruttare in modo efficiente e appropriato da parte di utilizzatori comuni, senza specifiche esperienze nella progettazione MA-based. Il lavoro presenta una soluzione che si propone di estendere e promuovere ancor più l’impiego di piattaforme MA tramite l’integrazione con l’emergente tecnologia standard dei Web Services (WS), anche al fine di facilitarne l’interoperabilità. Viene proposta una infrastruttura di supporto all’integrazione chiamata WSMI (WS for MA Integration) che ha il duplice obiettivo di esportare con interfaccia WS le funzionalità dei

sistemi MA e di semplificare l'accesso a componenti WS legacy da parte di componenti MA-based. Le performance del prototipo WSMI sono state misurate e valutate con cura, anche attraverso il confronto con funzionalità di integrazione analoghe implementate senza l'utilizzo della tecnologia WS: il maggiore, ma limitato, overhead introdotto dall'adozione di WS è largamente contro-bilanciato dalle proprietà ottenute di ampia dinamicità e apertura della infrastruttura di integrazione proposta.

**CI33** [63] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:  
*“Comparing and Evaluating Lightweight Solutions for Replica Dissemination and Retrieval in Dense MANETs”*,  
**10<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'05)**, IEEE Computer Society Press, pp. 43-50, Cartagena, Spagna, Giugno 2005.

Negli ultimi tempi si sta registrando un crescente interesse di mercato per l'erogazione di servizi distribuiti su dense MANET, ovvero regioni spaziali limitate, come centri commerciali, aeroporti e campus universitari, in cui un numero elevato di nodi wireless mobili possono cooperare in maniera autonoma senza la necessità di sfruttare infrastrutture di rete staticamente pre-installate. Il nostro punto di partenza è l'idea che sia possibile sfruttare la numerosità di nodi in dense MANET per realizzare forme semplici ed efficienti di replicazione di risorse di interesse comune, aumentando così la disponibilità di tali risorse nonostante i possibili movimenti di nodi fuori dalla regione densa. Per verificare la bontà di tale assunto, abbiamo sviluppato il middleware REDMAN che supporta la gestione, la disseminazione e il ritrovamento di repliche di dati e componenti di servizio, proponendo soluzioni peculiarmente progettate per dense MANET. In particolare, il lavoro si concentra sulla presentazione di diverse soluzioni possibili per il ritrovamento di repliche e la disseminazione di informazioni relative al piazzamento delle repliche. Tali soluzioni sono state sperimentate e comparate in modo quantitativo, sia in termini di capacità di ritrovare efficacemente le repliche cercate che in termini di overhead di comunicazione. La strategia SID si è dimostrata quella con le migliori performance in dense MANET ed è stata conseguentemente integrata nel prototipo REDMAN.

**CI34** [68] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Efficiently Managing Location Information with Privacy Requirements in Wi-Fi Networks: a Middleware Approach”*,  
**International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS'05)**, IEEE Computer Society Press, Siena, Italia, Settembre 2005.

La crescente disponibilità di dispositivi wireless portabili sta promuovendo e motivando la diffusione di servizi basati sulla locazione (LBS) che forniscono contenuti dipendenti dalla posizione corrente dei clienti, dei servitori e delle risorse distribuite coinvolte. Quando gli LBS saranno di impiego comune da parte di un largo pubblico di utenti finali, due problemi principali emergeranno come fondamentali: come garantire l'appropriato livello di privacy data la necessità di rivelare, almeno fino ad un certo punto e sotto certe ipotesi, l'informazione sulla locazione dei clienti; come gestire efficacemente lo scambio delle informazioni di posizionamento (e delle loro variazioni nel tempo) nonostante l'estrema eterogeneità delle tecnologie di connettività e delle caratteristiche hardware/software dei dispositivi. Il lavoro presenta l'estensione per la gestione della privacy della locazione introdotta nel nostro middleware basato su proxy ad agenti mobili per la personalizzazione dinamica dell'erogazione di servizi verso dispositivi Wi-Fi. In particolare, il prototipo

presentato adotta una architettura a due livelli basata su proxy per fornire agli LBS un accesso mediato alle informazioni di locazione, che sono esposte con un appropriato livello di granularità in dipendenza dai requisiti di privacy/efficienza che vengono negoziati dinamicamente fra clienti e LBS.

- CI35** [69] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Adaptive Buffering based on Handoff Prediction for Wireless Internet Continuous Services”*,  
**International Conference on High Performance Computing and Communications (HPCC’05)**, Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 3726, pp. 1021-1032, Sorrento, Italia, Settembre 2005.

I nuovi scenari di deployment per servizi pervasivi tendono a includere dispositivi portabili con capacità limitate ed eterogenee in movimento fra località di accesso diverse a runtime. Tali scenari richiedono middleware innovativi capaci di supportare forme differenziate di mobilità e di connettività in reti wired-wireless integrate, al fine di fornire sia personalizzazione dinamica dei servizi sulla base delle caratteristiche del cliente, delle preferenze utente e della locazione, che di mantenere la continuità di servizio nonostante le disconnessioni temporanee dovute agli handoff. Il lavoro si concentra sulla predizione di handoff orizzontali (ovvero fra celle omogenee IEEE 802.11b) dei clienti attraverso soluzioni portabili che sfruttino unicamente informazioni di monitoraggio di RSSI, senza alcun bisogno di sistemi esterni di posizionamento globale. Inoltre, la linea guida è quella di impiegare la predizione di mobilità al fine di preservare la continuità dello streaming audio/video, adattando dinamicamente e proattivamente la dimensione dei buffer lato cliente. Tali buffer svolgono il ruolo di evitare interruzioni dello streaming con impiego minimo della memoria (limitata) dei dispositivi portabili cliente. I risultati sperimentali riportati mostrano che l’originale soluzione proposta basata su predizione di handoff ha performance superiori a soluzioni di buffering statiche tradizionali: il middleware riduce significativamente la dimensione del buffer richiesta per mantenere la continuità dello streaming e impone un overhead aggiuntivo estremamente limitato.

- CI36** [71] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
*“Application-level Middleware to Proactively Manage Handoff in Wireless Internet Multimedia”*,  
**8<sup>th</sup> International Conference on Management of Multimedia Networks and Services (MMNS’05)**, Springer-Verlag Lecture Notes on Computer Science, Vol. 3754, pp. 156-167, Barcellona, Spagna Ottobre 2005.

Gli ambienti emergenti per la fornitura di servizi distribuiti tendono a considerare come cruciale il requisito della continuità della sessione, specialmente nel caso di streaming multimediale, anche verso clienti che siano dispositivi portabili con limitate capacità e in movimento fra differenti località wireless. In particolare, applicazioni di streaming multimediale dovrebbero essere in grado di non esibire alcuna interruzione quando i clienti si muovono in reti Internet wired-wireless integrate basate sul tradizionale modello best-effort. Il lavoro propone un approccio middleware a livello applicativo per gestire proattivamente il processo di handoff Wi-Fi e mantenere così la continuità della sessione multimediale. La linea guida è di impiegare proxy mobili in esecuzione sulla porzione wired della rete: tali proxy svolgono il ruolo di supportare localmente i loro clienti con risorse limitate, di evitare perdite di pacchetti durante gli handoff, di caricare in anticipo porzioni di streaming multimediale in buffer locali prima dell’avvio del processo di handoff, e possibilmente di

riconfigurare e rinegoziare le sessioni correnti dopo il completamento degli handoff. I risultati sperimentali riportati evidenziano come, nonostante l'approccio a livello applicativo, il middleware a proxy mobili riesca a evitare discontinuità nello streaming con buoni livelli di efficienza anche con proattività basata su tecniche semplici e a basso overhead per la predizione dell'handoff.

**CI37** [72] P. Bellavista, M. Cinque, D. Cotroneo, L. Foschini:

*“Integrated Support for Handoff Management and Context Awareness in Heterogeneous Wireless Networks”*,

**3<sup>rd</sup> International Workshop on Middleware for Pervasive and Ad-Hoc Computing (MPAC'05)**, all'interno di Middleware'05, ACM Press, Grenoble, Francia, Novembre 2005.

L'ampia diffusione sul mercato di dispositivi mobili e di soluzioni differenziate per la connettività wireless sta spingendo fortemente gli interessi commerciali e industriali nello sviluppo di servizi mobility-aware. Infatti, la mobilità dei dispositivi richiede che i servizi adattino il loro comportamento a cambiamenti di contesto, anche repentini. Inoltre, l'erogazione dei servizi deve avere consapevolezza delle situazioni di handoff, che introducono ritardi non predicibili e discontinuità temporanee nelle connessioni. L'eterogeneità delle tecnologie wireless coinvolte (Wi-Fi, Bluetooth, 3G) complica ancora notevolmente lo scenario, poiché ciascuna di queste tecnologie richiede un trattamento differente della visibilità del contesto e una gestione differente delle situazioni di handoff. Il nostro lavoro propone una architettura innovativa per un middleware di supporto allo sviluppo di servizi mobility-aware. L'architettura proposta nasconde allo sviluppatore di servizi dettagli implementativi specifici delle tecnologie wireless supportate, offrendo un insieme di API per la visibilità di contesto e la gestione di handoff, per interfacce sia Bluetooth che Wi-Fi. Infine, il prototipo implementato è presentato al lavoro nel caso “difficile” di supporto ad applicazioni mobili di multimedia streaming.

**CI38** [74] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:

*“Proactive Management of Distributed Buffers for Streaming Continuity in Wired-Wireless Integrated Networks”*,

**2006 IEEE/IFIP Network Operations & Management Symposium (NOMS'06)**, IEEE Communication Society Press, pp. 351-360, Vancouver, Canada, Aprile 2006.

Il lavoro considera scenari “difficili” in cui dispositivi portabili limitati e altamente eterogenei si muovono fra località di accesso wireless eterogenee a tempo di erogazione dei servizi, con requisiti di mantenimento delle sessioni e di continuità di servizio. In questo scenario, differenti attività di ricerca stanno riconoscendo la necessità di middleware innovativi capaci di personalizzare dinamicamente la qualità dei servizi offerti, al fine di privilegiare la mancanza di interruzioni di servizio quando i clienti si muovono in reti wired-wireless integrate mentre sessioni di servizio sono in atto. Il lavoro propone una soluzione originale di buffering proattivo, realizzato da proxy mobili, per sostenere la continuità dello streaming multimediale offerto a clienti mobili. L'idea principale è di sfruttare proxy mobili che eseguono sulla rete fissa e localmente ai loro clienti wireless; i proxy possono migrare proattivamente per mantenere colocalità coi loro clienti, anticipando così i loro movimenti. Inoltre, i proxy possono occuparsi di realizzare un pre-fetching proattiva dei loro buffer per accumulare contenuti multimediali in dipendenza da informazioni originali di contesto quali la probabilità di un prossimo handoff, le caratteristiche del cliente e del flusso servito, e la classe di servizio dell'utente. I risultati sperimentali riportati mostrano che, nonostante

l'implementazione portabile in Java, la nostra soluzione di buffering proattivo e adattivo riesce ad evitare ogni interruzione dei flussi multimediali negli scenari di deployment più comuni per l'accesso wireless corrente alla rete Internet.

**CI39** [76] U. Lee, E. Magistretti, B. Zhou, M. Gerla, P. Bellavista, A. Corradi:  
*“Efficient Data Harvesting in Mobile Sensor Platforms”*,  
**2<sup>nd</sup> IEEE International Workshop on Sensor Networks and Systems for Pervasive Computing (PerSeNS'06)**, all'interno di 4<sup>th</sup> Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'06), IEEE Computer Society Press, pp. 120-124, Pisa, Italia, Marzo 2006.

Questo lavoro si concentra sulla possibilità di impiego di veicoli come sensori mobili in una “rete veicolare di sensori”, che ha grandi potenzialità nella raccolta di informazioni di monitoraggio in ambienti urbani ad alta densità di traffico. In una rete veicolare di sensori ogni nodo è responsabile del monitoraggio autonomo di uno o più eventi di rilievo, del routing dei messaggi verso altri veicoli o Infostation fisse, e del processamento dei dati monitorati e/o ricevuti. Diversi aspetti rendono una rete veicolare di sensori sensibilmente diversa da una più tradizionale wireless sensor network: 1) la rete veicolare ha maggiori capacità computazionali; 2) può offrire maggiore capacità di memorizzazione; 3) può sfruttare la mobilità intrinseca dei nodi sensore. Inoltre, data la grande quantità di dati di monitoraggio generati da questo tipo di rete, ha senso pensare di memorizzare questi dati localmente al nodo sensore; ciò rende significativamente diverso e complesso il problema del ritrovamento delle informazioni monitorate. Il lavoro identifica un insieme di scelte di design per la realizzazione efficace di reti veicolari di sensori in due casi notevoli: Content-Addressed Storage (CAS) e Mobility-Assist Storage (MAS). CAS utilizza stazioni di raccolta fisse e si è dimostrato efficace per applicazioni time-critical; MAS dissemina opportunisticamente gli eventi monitorati attraverso tecniche di relaying verso i soli nodi a distanza unitaria e ha dimostrato il suo overhead limitato per applicazioni delay-tolerant. Infine il lavoro propone protocolli originali e specifici per la raccolta efficiente di dati sia in scenari CAS che MAS.

**CI40** [77] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Evaluating Filtering Strategies for Decentralized Handover Prediction in the Wireless Internet”*,  
**11<sup>th</sup> IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC'06)**, IEEE Computer Society Press, Cagliari, Italia, Giugno 2006.

Il crescente interesse nei confronti dei servizi mobili dipendenti dalla locazione e dei servizi mobili con requisiti di continuità sta facendo emergere la necessità di soluzioni decentralizzate e scarsamente intrusive per la predizione di eventi di handoff. Questo permetterebbe infatti di abilitare operazioni di gestione adattiva dei servizi in modo proattivo, anticipando le reali ri-connessioni dei terminali di accesso alle nuove celle wireless visitate. Il paper discute ed analizza differenti tecniche di predizione degli eventi di handover fra celle IEEE 802.11, considerando unicamente soluzioni portabili e completamente decentralizzate che sfruttano la sola visibilità dell'informazione di RSSI, senza bisogno alcuno di sistemi di posizionamento globali esterni, come GPS. In particolare, il nostro lavoro si concentra specificamente sulla proposta e sulla comparazione di differenti tecniche di filtraggio per mitigare efficacemente le possibili fluttuazioni irregolari di RSSI. Il lavoro riporta un'ampia collezione di risultati sperimentali che mettono in evidenza come i) in generale le tecniche di filtering possono significativamente migliorare l'efficienza e l'efficacia della predizione di handover e ii) la scelta della soluzione di filtering più appropriata deve essere fatta a tempo di

esecuzione in dipendenza dai requisiti correnti di sistema/servizio, ad esempio per privilegiare la minimizzazione dell'overhead oppure la maggiore pro attività della predizione.

- CI41** [78] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
*“SIP-Based Proactive Handoff Management for Session Continuity in the Wireless Internet”*,  
**2<sup>nd</sup> International Workshop on Services and Infrastructure for the Ubiquitous and Mobile Internet (SIUMI'06)**, all'interno di 26<sup>th</sup> International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'06), IEEE Computer Society Press, pp. 69-76, Lisbona, Portogallo, Luglio 2006.

L'erogazione di servizi continui verso dispositivi wireless eterogenei e limitati motiva soluzioni di supporto per evitare interruzioni di servizio in occasione del roaming cliente fra differenti località di accesso wireless a runtime. Il lavoro si concentra su come sia possibile utilizzare Session Initiation Protocol (SIP) per costruire un middleware standard per la gestione della continuità di sessione, anche tramite l'integrazione con un package originale da noi sviluppato per la notifica context-aware di eventi SIP. In particolare, il nostro middleware sfrutta le notifiche SIP per aggiornare le informazioni di sessione e per attivare proattivamente la riconfigurazione delle sessioni in corso ogniqualvolta si verificano situazioni di handoff. I risultati sperimentali riportati mostrano che la nostra soluzione basata su SIP, nonostante la piena conformità con lo standard e quindi l'immediata possibilità di deployment su reti esistenti, ha una buona scalabilità e performance compatibili con la maggior parte degli scenari applicativi di interesse.

- CI42** [79] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:  
*“A k-hop Clustering Protocol for Dense Mobile Ad-Hoc Networks”*,  
**1<sup>st</sup> International Workshop on Dynamic Distributed Systems (IWDDS'06)**, all'interno di 26<sup>th</sup> International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'06), IEEE Computer Society Press, pp. 10-17, Lisbona, Portogallo, Luglio 2006.

Le reti mobili ad-hoc dense (dense MANET), definite come aree geografiche in cui si verifica una densità relativamente alta e pressoché costante di dispositivi mobili che comunicano in modalità ad-hoc (come si prevede avvenga in terminali aeroportuali, centri commerciali e campus universitari) stanno diventando scenari di deployment di crescente interesse commerciale. L'identificazione efficiente di cluster k-hop in MANET in generale ha dimostrato recentemente di essere un aspetto cruciale per supportare efficacemente diverse attività, ad esempio il routing. In questo lavoro cerchiamo di mostrare come l'assunzione di dense MANET permette la realizzazione di soluzioni di k-hop clustering originali in grado di migliorare significativamente le performance delle proposte in letteratura in termini sia di efficacia che di limitazione dell'overhead. Il contributo specifico del paper consiste nella proposta di un protocollo innovativo di k-hop clustering, basato sull'idea geometrica di copertura a cerchi, che può sfruttare diverse euristiche decentralizzate. In particolare, il protocollo proposto, qualora utilizzi la nostra euristica originale basata sulle posizioni dei cluster-haed in prossimità, ha dimostrato performance migliori rispetto a tutte le altre soluzioni in letteratura, riducendo inoltre l'overhead in termini di scambio di messaggi.

- CI43** [82] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Enhancing JSR-179 for Positioning System Integration and Management”*,

**International Workshop on Distributed Agent-based Retrieval Tools (DART'06)**, Polimetrica Press, pp. 49-66, Cagliari, Italia, Giugno 2006.

Varie tecniche e sistemi eterogenei di posizionamento sono disponibili sugli attuali terminali di accesso wireless e questo crea i presupposti per un ampio mercato di servizi basati sulla locazione. I sistemi di posizionamento differiscono in termini di precisione, accuratezza e consumo di batteria/banda, ed alcuni di questi sono contemporaneamente presenti sugli stessi dispositivi cliente. Per questo è necessario avere a disposizione soluzioni middleware innovative per l'integrazione dinamica delle diverse tecnologie di posizionamento disponibili, per il loro controllo in modo sinergico e per effettuare *òp* switching da un sistema all'altro a tempo di erogazione dei servizi dipendentemente dal contesto di esecuzione. In questa prospettiva il nostro lavoro propone una soluzione originale chiamata PoSIM che estende in modo significativo la specifica standard emergente JSR-179. PoSIM permette forme differenziate di visibilità/controllo delle caratteristiche di basso livello dei sistemi di posizionamento, grande flessibilità nella definizione di eventi da notificare in caso di cambio di locazione, e gestione simultanea di tecniche di posizionamento multiple, anche introdotte dinamicamente.

**CI44** [83] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Coupling Transparency and Visibility: a Translucent Middleware Approach for Positioning System Integration and Management (PoSIM)”*,  
**3<sup>rd</sup> International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS'06)**, IEEE Computer Society Press, pp. 35-40, Valencia, Spagna, Settembre 2006.

La diffusione di dispositivi wireless con interfacce multiple di comunicazione e la disponibilità di vari sistemi di posizionamento eterogenei stanno aprendo nuove possibilità per i servizi basati su locazione, anche se complicano potenzialmente la loro progettazione e implementazione. Per questo riteniamo che i servizi location-based possano beneficiare significativamente di supporti middleware in grado di rendere uniforme l'accesso all'insieme di tecniche di posizionamento disponibili a runtime lato cliente e capaci di scegliere dinamicamente quella più opportuna in dipendenza dal contesto di esecuzione, anche abilitando la fusione di dati di posizionamento provenienti concorrentemente da sorgenti multiple. Il nostro lavoro presenta come il middleware PoSIM possa supportare l'accesso e il controllo, sinergici ed integrati, di sistemi di posizionamento eterogenei in modo estremamente flessibile. PoSIM offre ai servizi due livelli differenziati di visibilità di gestione: una modalità trasparente basata su politiche context-based specificate ad alto livello, e una modalità con maggiore consapevolezza che permette l'accesso a funzioni avanzate di configurazione, comunque mediate e rese uniformi dal middleware indipendentemente dagli specifici dettagli implementativi dei sistemi di posizionamento gestiti. In particolare l'articolo si concentra specificamente sulla descrizione dell'architettura di PoSIM e sulle sue API, mettendo in evidenza le principali scelte di progettazione e implementazione adottate.

**CI45** [85] P. Bellavista, A. Corradi, M. Gerla, J. Kong, U. Lee, E. Magistretti:  
*“A Mobile Delay-tolerant Approach to Long-term Energy-efficient Underwater Sensor Networking”*,  
**IEEE Wireless Communications & Networking Conference (WCNC'07)**, IEEE Press, pp. 2868-2873, Hong Kong, Cina, Marzo 2007.

Gli ambienti subacquei rappresentano uno scenario applicativo complicato ed interessante per le reti di sensori. Infatti, dati i vincoli stringenti imposti dalle caratteristiche delle comunicazioni di tipo acustico e dal loro elevato consumo di energia, il risparmio energetico

rappresenta un aspetto cruciale in Underwater Sensor Networks (USN), ben più critico che in reti di sensori wireless più tradizionali. Per questo, in questo lavoro proponiamo una soluzione originale chiamata Delay-tolerant Data Dolphin (DDD), che applica tecniche di delay-tolerant networking all'ambiente subacqueo. DDD sfrutta la mobilità di un piccolo numero di nodi collettori (delfini) per raccogliere le informazioni monitorate da dispositivi sensori a basso consumo di potenza. DDD evita il relaying di messaggi multi-hop che richiederebbero un alto consumo di energia e sfrutta l'idea di abilitare le sole trasmissioni one-hop quando un delfino si trova all'interno del raggio di copertura dei nodi sensori interessati. Il lavoro riporta un ampio set di risultati simulativi che permettono di valutare l'efficacia del nostro approccio e l'effetto del movimento casuale dei delfini sulla raccolta dei dati di monitoraggio.

**CI46** [86] P. Bellavista, M. Gerla, U. Lee, E. Magistretti:  
*“Standard Integration of Sensing and Opportunistic Diffusion for Vehicular Sensor Networks Urban Monitoring: the MobEyes Architecture”*,  
**IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE'07)**, IEEE Press,  
pp. 401-406, Vigo, Spagna, Giugno 2007.

L'importanza delle reti veicolari di sensori sta emergendo in modo forte anche in ambito industriale, facendo così prevedere a breve la nascita di applicazioni su larga scala, come l'istradamento efficiente del traffico veicolare, il monitoraggio ambientale e la sorveglianza distribuita. Con il principale obiettivo di fornire uno strumento per homeland security, abbiamo realizzato il middleware MobEyes che permette la raccolta completamente decentralizzata e opportunistica di dati di monitoraggio urbano. In MobEyes pensiamo a veicoli normali equipaggiati con sensori e che raccolgono e memorizzano localmente grandi quantità di dati (si pensi al caso di audio/video recording) mentre si muovono sulle strade di una città. MobEyes adotta le linee guida di soluzione i) di generare localmente ai nodi sensori dei riassunti sintetici delle osservazioni fatte e ii) di sfruttare la mobilità intrinseca dei veicoli e le comunicazioni opportunistiche single-hop fra questi per diffondere tali riassunti verso nodi collettore mobili, con minimo overhead, ragionevole completezza e latenza limitata. In questo paper ci concentriamo specificamente su come, a tal fine, il nostro sistema si integri con specifiche standard per l'integrazione portabili con tipologie eterogenee di sensori. In particolare, MobEyes sfrutta Java Media Framework per l'interazione con videocamere di diversi tipi, JSR179 Location API per interfacciarsi con sistemi di localizzazione eterogenei, e Java Communications API per accedere sensori ambientali di basso livello.

**CI47** [87] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini:  
*“Context-Aware Multimedia Middleware Solutions for Counteracting IEEE 802.11 Performance Anomaly”*,  
Paper invitato a **International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering (MUE’07)**, IEEE Computer Society Press, pp. 9-16, Seoul, Corea, Aprile 2007.

L'erogazione di servizi multimediali su rete Wi-Fi è un compito complesso che deve considerare, per essere efficiente, anche le problematiche innovative derivanti dal comportamento specifico dei protocolli IEEE 802.11. In particolare, il lavoro motiva la necessità di avere visibilità di dati di contesto riguardo l'anomalia di performance IEEE 802.11, ovvero la situazione in cui anche un singolo nodo posizionato ai confini dell'area di copertura di un access point Wi-Fi può produrre un degrado significativo della qualità della connettività per tutti gli altri nodi nella cella. Il lavoro propone e presenta un middleware innovativo per contrastare il problema dell'anomalia IEEE 802.11 a livello applicativo, senza imporre alcuna modifica ai protocolli standard Wi-Fi. Il middleware proposto è in grado di identificare situazioni di anomalia a runtime tramite meccanismi completamente decentralizzati e disponibili in modo standard sui dispositivi cliente. La visibilità delle situazioni anomalia è sfruttata per reagire prontamente con operazioni di gestione del servizio (downscaling della qualità dei flussi erogati e traffic shaping) che sono in grado sia di preservare il goodput presso i nodi che si trovano in aree con buona qualità del segnale radio che di minimizzare il degrado della qualità per i clienti in condizioni di anomalia. Il lavoro presenta le linee guida dell'idea, mentre paper successivi si focalizzeranno specificamente sull'ampia validazione sperimentale della proposta e sull'efficienza delle operazioni di downscaling [96, 105].

**CI48** [90] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
*“Mobility-Aware Connectivity for Seamless Multimedia Delivery in the Heterogeneous Wireless Internet”*,  
Paper invitato a **2<sup>nd</sup> Workshop on multiMedia Applications over Wireless Networks (MediaWiN)**, all'interno di IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'07), IEEE Computer Society Press, pp. 1-8, Aveiro, Portogallo, Luglio 2007.

L'ampia diffusione di dispositivi wireless con interfacce di comunicazione multiple, ad esempio la presenza sullo stesso dispositivo di interfacce IEEE 802.11, Bluetooth e UMTS, sta motivando in modo sempre più forte la necessità di soluzioni middleware per la scelta dinamica e seamless della tecnologia di connettività più opportuna in ogni istante fra quelle disponibili. Tale decisione ottimale deve considerare svariati aspetti, a livelli di astrazione molto differenziati, dalla banda richiesta dalle applicazioni in esecuzione a requisiti di consumo energetico, dai costi della connettività alle preferenze utente (dipendenza dal contesto). Il lavoro presenta il nostro middleware context-aware MAC che si occupa della determinazione dinamica dell'interfaccia e del fornitore di connettività più opportuni. L'originalità di MAC risiede primariamente in due elementi cruciali. Da una parte, MAC considera non solo fornitori di connettività basati su infrastruttura di rete, come base station UMTS o access point Wi-Fi, ma anche nodi peer, quali ad esempio dispositivi in prossimità, accessibili via Bluetooth e connessi alla rete Internet via Wi-Fi. Dall'altra parte, MAC è in grado di valutare fornitori di connettività sia infrastrutturati che peer non solo sulla base di parametri usuali come banda disponibile e consumo di energia, ma anche considerando indicatori innovativi come il grado di mobilità, assoluto o relativo rispetto ai clienti serviti.

**CI49** [91] P. Bellavista, E. Magistretti:  
“*Effective k-hop Cluster Maintenance and Backbone Formation for Content Sharing in Dense Mobile Ad Hoc Networks*”,  
Paper invitato a **16<sup>th</sup> International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN’07)**, IEEE Communications Society Press, pp. 479-484, Honolulu, USA, Agosto 2007.

Diversi progetti di ricerca hanno recentemente riconosciuto l'importanza del ruolo di funzionalità di k-hop clustering nelle reti mobili ad-hoc (MANET) al fine di supportare efficacemente numerose attività di rilievo, come ad esempio routing di pacchetti e disseminazione di informazioni a i livelli di rete e applicativo rispettivamente. La determinazione e il mantenimento di k-hop clustering sono particolarmente cruciali per ottenere buona scalabilità in scenari di MANET dense, ovvero aree geografiche con densità relativamente alta e pressoché costante di dispositivi mobili che comunicano in modalità ad-hoc (come è naturale pensare accadrà a breve in terminal aeroportuali, centri commerciali e campus universitari). Il lavoro si concentra su due aspetti specifici di primario rilievo non ancora sufficientemente investigati nella letteratura del settore: i) come sfruttare il processo di k-hop clustering per costruire in modo efficace una backbone ottimale che connetta tutti cluster head identificati; e ii) la approfondita valutazione quantitativa di come il grado di mobilità dei nodi possa influenzare il degrado della qualità del clustering realizzato al fine di dimensionare k e il tempo di refresh del soft-state del protocollo nel modo più opportuno. Da una parte, il lavoro propone un protocollo originale per la formazione di backbone k-hop che, sotto l'ipotesi di MANET dense, migliora significativamente le performance delle altre soluzioni in letteratura, sfruttando interazioni intra-cluster altamente localizzate ed evitando ogni forma di broadcast multi-hop. Dall'altra parte, il lavoro propone un'approfondita e originale valutazione sperimentale degli effetti della mobilità dei nodi sulla qualità del k-hop clustering ottenuto, con l'intento di fornire un utile strumento per la scelta efficace dei valori di configurazione dei parametri dei protocolli di mantenimento per assicurare la consistenza desiderata del clustering con overhead minimo.

**CI50** [94] P. Mistrone, C. Giannelli, P. Bellavista, L. Ghirardello:  
“*LIFE.net over Web: an Advanced Monitoring Protocol for UPS Systems*”,  
**International Telecommunications Energy Conference (Intelec’07)**, IEEE Press, Roma, Italia, Ottobre 2007.

Il monitoraggio e il controllo distribuito di sistemi di continuità (UPS) ha evidenti vantaggi in termini di riduzioni di costi di gestione e di interventi on-site, oltre a ridurre considerevolmente i rischi legati agli errori umani e a fornire dati utili per l'analisi statistica e la gestione dei sistemi di alimentazione. Per raggiungere questo obiettivo occorre avere a disposizione strumenti di monitoraggio e controllo in grado di gestire informazioni relativamente ad allarmi, eventi vari, misurazioni e log di vario tipo. Ovviamente, la complessità del sistema di monitoraggio e controllo aumenta considerevolmente quando i dati devono essere raccolti da un'ampia popolazione di sistemi UPS installati e operativi in diverse aree geografiche e appartenenti a diversi clienti. Il sistema Chloride LIFE.net attualmente in produzione è in grado di fornire efficacemente queste funzionalità sfruttando comunicazioni su rete pubblica telefonica (PSTN) che permettono di raccogliere in un unico data center centralizzato tutti i dati provenienti da installazioni anche eterogenee. L'incremento continuo del numero di sistemi UPS monitorati, la domanda costante di realizzazione di nuovi servizi di monitoraggio e il ristretto numero di linee PSTN disponibili presso le installazioni UPS hanno motivato gli sforzi di ricerca di Chloride in collaborazione con l'Università di Bologna per la riprogettazione del sistema LIFE.net al fine di consentire l'utilizzo di reti basate su

protocolli Internet standard. Oltre a descrivere il funzionamento del nuovo sistema LIFE.net su rete Internet, il lavoro presenta l'analisi svolta sulle probabili architetture di rete e sulle politiche di sicurezza che saranno incontrate presso i principali clienti Chloride. Inoltre, viene presentata nel dettaglio l'implementazione della soluzione adottata, basata su incapsulamento dell'originale protocollo LIFE.net all'interno di HTTP standard, anche al fine di permettere una facile installazione in presenza di firewall aziendali. Il lavoro riporta infine alcuni dati sperimentali relativi alle performance del sistema in termini di traffico e scalabilità, derivanti dalle prime esperienze dirette di deployment della soluzione su reti reali di clienti pilota del progetto.

**CI51** [95] P. Bellavista (panel chair):

*“Middleware for Next-Generation Converged Networks and Services: Myths or Reality?”*,

**31<sup>st</sup> Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC'07)**, IEEE Computer Society Press, pp. 12-16, Pechino, Cina, Luglio 2007.

L'integrazione sempre più forte e necessaria di reti di telecomunicazione fisse e mobili, insieme alla convergenza di tali reti con l'infrastruttura IP-based dei sistemi distribuiti, sta aprendo l'enorme mercato potenziale connesso a un ricco ecosistema di tecnologie di rete e servizi innovativi cosiddetti di nuova generazione. Questi servizi dovranno avere la capacità di sfruttare in modo seamless tutta la popolazione esistente di applicazioni Web-compatibili e al contempo dovranno essere in grado di beneficiare delle funzionalità legacy tipiche degli ambienti proprietari e meno aperti delle reti di telecomunicazione. Per raggiungere questo obiettivo, in qualche modo analogamente a quanto sta accadendo in ambiti di pervasive computing, un ruolo fondamentale sarà giocato dall'emergere di piattaforme middleware di supporto di ampia diffusione. Il panel, che ha dato voce alle opinioni e alle esperienze di altri 4 speaker internazionali, provenienti sia dall'accademia che dall'industria, ha discusso della pratica realizzabilità a breve termine della disponibilità di un middleware emergente e aperto per il supporto a servizi su reti convergenti fisse-mobili.

**CI52** [98] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:

*“A Layered Infrastructure for Mobility-Aware Best Connectivity in the Heterogeneous Wireless Internet”*,

**1<sup>st</sup> International Conference on MOBILE Wireless MiddleWARE, Operating Systems, and Applications (Mobilware)**, ACM Press, pp. 266-273, Innsbruck, Austria, Febbraio 2008.

L'ampia disponibilità di dispositivi wireless con interfacce multiple di comunicazione, da IEEE 802.11 a WiMAX, da Bluetooth a UMTS, sta facendo crescere l'interesse industriale verso supporti middleware innovativi per selezionare in modo seamless la tecnologia di connettività più appropriata in ogni istante. Riteniamo che tale scelta debba essere dipendente dal contesto e debba considerare diversi elementi, a differenti livelli di strazione, dai requisiti di banda delle applicazioni correntemente in esecuzione al presunto grado di mobilità dei clienti, dai costi economici della connettività alle preferenze utente. Il lavoro motiva la necessità di soluzioni di middleware mobility-aware per alleggerire il compito degli sviluppatori della logica applicativa dalla determinazione dinamica dell'interfaccia e del fornitore di connettività più opportuni. In particolare, il lavoro mostra che tali soluzioni middleware dovrebbero essere organizzate secondo un'architettura a due livelli: un livello inferiore di facility per determinare dinamicamente le interfacce e i fornitori di connettività

disponibili e per eliminare quelli inappropriati in base a decisioni con la granularità del nodo, ad esempio per ridurre il consumo energetico; un livello superiore di facility per selezionare il fornitore di connettività più opportuno con la granularità fine della singola applicazione da servire. Il lavoro descrive dettagliatamente l'attività di progettazione e implementazione del nostro prototipo di middleware. Inoltre, al fine di prendere decisioni di connettività mobility-aware, il nostro sistema sfrutta efficacemente informazioni sul grado presunto di mobilità dei nodi cliente node mobility, stimato in modo completamente autonomo e decentralizzato. I risultati sperimentali riportati nel lavoro dimostrano la fattibilità dell'approccio proposto, che realizza stime molto accurate per la mobilità dei nodi associate ad un overhead di comunicazione estremamente limitato.

**CI53** [102] U. Lee, E. Magistretti, M. Gerla, P. Bellavista, P. Liò, K.-W. Lee, *“Bio-inspired Multi-Agent Collaboration for Urban Monitoring Applications”*, Accettato per la pubblicazione negli atti di **International Workshop on Bioinspired Design of Networks (Biowire'08)**, Hawthorne, USA, Ottobre 2008.

Le reti veicolari di sensori offrono un ambiente di sensing collaborativo in cui veicoli mobili autonomi equipaggiati con sensori di svariata natura (da sensori chimici a fotocamere e videocamere) cooperano per realizzare applicazioni distribuite nei domini del monitoraggio ambientale e della sorveglianza distribuita. In particolare, si sta manifestando un interesse crescente in applicazioni di monitoraggio urbano proattivo in cui i veicoli di normali cittadini possano monitorare continuamente eventi sulle strade, possano autonomamente processare tali dati in modo locale (per esempio riconoscendo i numeri di targa delle auto incontrate), e possano anche istruire messaggi verso veicoli in prossimità al fine di raggiungere un obiettivo comune. Il nostro middleware MobEyes si pone l'obiettivo di supportare questo tipo di applicazioni in cui agenti di polizia possano raccogliere metadati sui dati monitorati da auto di comuni cittadini mentre si muovono in ambito urbano. Siccome in tipici scenari di deployment è ragionevole pensare ad una molteplicità di agenti che collaborano muovendosi in zone diverse della città nello stesso intervallo di tempo, risulta cruciale la realizzazione di un meccanismo efficiente di coordinamento delle operazioni degli agenti finalizzato a concentrare il loro lavoro sulle aree ricche di informazioni non ancora raccolte. Il lavoro propone specificamente un algoritmo innovativo per il coordinamento di tali agenti, progettato prendendo ispirazione da alcuni comportamenti biologici emergenti quali foraging, stigmergy e Lévy flight. I risultati simulativi riportati nel paper mostrano che l'algoritmo proposto spinge gli agenti efficacemente a muoversi verso segmenti stradali dove la concentrazione di nuove informazioni risulta essere più elevata, limitando al contempo la duplicazione inutile del lavoro di raccolta dovuta al pericolo di simultanea presenza di più agenti nella medesima regione.

**CI54** [103] P. Bellavista, E. Magistretti, *“How Node Mobility Affects k-hop Cluster Quality in Mobile Ad Hoc Networks: a Quantitative Evaluation”*, **IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'08)**, Marrakech, Marocco, Luglio 2008.

Diverse attività di ricerca allo stato dell'arte hanno messo in evidenza il ruolo rilevante giocato dalle soluzioni di k-hop clustering per le reti mobili ad-hoc (MANET). L'identificazione e il mantenimento di una buona clusterizzazione k-hop è particolarmente rilevante per la scalabilità di MANET di grandi dimensioni, dove un numero elevato di dispositivi mobili costruiscono dinamicamente comunità collaborative basate su

comunicazioni ad-hoc. Alcune primissime soluzioni sono emerse in letteratura per lo sfruttamento di k-hop clustering per la costruzione efficiente di backbone (necessarie per raggiungere l'obiettivo della scalabilità) che connettano tutti i clusterhead determinati. Tuttavia non sono ancora apparsi lavori soddisfacenti che si occupino di valutare quantitativamente come la mobilità dei nodi influenzi il degrado della qualità della soluzione di clustering al passare del tempo. Questo lavoro analizza i punti di debolezza dell'unica soluzione al riguardo presente in letteratura (DMAC), in cui la stabilità di single-hop clustering è valutata sperimentalmente solo attraverso simulazioni ideali tempo-discrete, senza tenere in considerazione i comportamenti reali dei protocolli di comunicazione. Inoltre, il nostro lavoro estende significativamente il contributo DMAC (i) affrontando il problema più generale di k-hop clustering; (ii) proponendo un semplice protocollo di aggiornamento al fine di mantenere la qualità del clustering nonostante la mobilità dei nodi; (iii) introducendo una metrica originale per la valutazione degli effetti della mobilità sulla consistenza del clustering; e (iv) riportando un ampio set di performance sperimentali ottenute tramite simulazioni realistiche basate su ns2.

**CI55** [107] P. Bellavista, A. Corradi, L. Foschini,  
*“An IMS Vertical Handoff Solution to Dynamically Adapt Mobile Multimedia Services”*,  
**IEEE International Symposium on Computers and Communications (ISCC'08)**,  
Marrakech, Marocco, Luglio 2008.

I progressi recenti delle tecnologie relative a dispositivi wireless e comunicazioni multimediali hanno motivato importanti sforzi di standardizzazione, quali ad esempio IP Multimedia System (IMS) per supportare il controllo di sessione, la mobilità e l'interoperabilità nelle reti all-IP di prossima generazione. Nonostante la rilevanza cruciale di IMS per i futuri servizi multimediali mobili, fino ad ora le soluzioni basate su IMS offrono un supporto limitato alla continuità di servizio durante gli eventi di handoff e non includono tecniche avanzate per la riduzione/eliminazione dei ritardi e dei degrading di qualità, in particolare in seguito a handoff verticali. Per questo motivo noi proponiamo una soluzione originale per la continuità di servizio e l'adattamento dinamico dei contenuti multimediali basata sulla linea guida primaria di sfruttare predizioni decentralizzate di handoff lato cliente per attivare proattivamente operazione di gestione dei servizi a livello applicativo. In particolare, la proposta presentata in questo paper è pienamente conforme allo standard IMS e sfrutta i media gateway di infrastruttura per eseguire azioni di tailoring dei contenuti senza richiedere pesanti operazioni di adattamento lato cliente. I risultati sperimentali inclusi nel lavoro mettono in evidenza che la nostra soluzione permette di evitare interruzioni nella visualizzazione dello streaming, migliorando significativamente in tal modo la qualità di servizio percepita dall'utente finale, senza effetti negativi sensibili sulla latenza di handoff.

**CI56** [108] P. Bellavista, A. Corradi, C. Giannelli:  
“*Context-aware Middleware for Dynamic Reorganization of Reliable Multi-hop Multi-path Connectivity*”,  
Paper invitato a **6<sup>th</sup> IFIP Workshop on Software Technologies for Future Embedded & Ubiquitous Systems (SEUS’08)**, Springer Lecture Notes on Computer Science LNCS 5287, pp. 66-78, Capri, Italia, Ottobre 2008.

L’ampia diffusione di dispositivi portabili con interfacce di comunicazione wireless multiple rende potenzialmente possibili scenari futuri di connettività multi-hop multi-path in cui i dispositivi accedono alla rete Internet tramite connettività di tipo eterogeneo (infrastructure-based e ad-hoc, Wi-Fi, Bluetooth, UMTS, ...). Inoltre, tra le varie opportunità di connettività, dovranno essere selezionate in modo automatico quelle dinamicamente considerate più opportune per soddisfare i requisiti dell’utente, delle applicazioni in esecuzione, e della gestione ottimale del sistema in genere. Il lavoro si concentra specificamente sulla descrizione di un middleware originale che sfrutta le informazioni di contesto (ed in particolare il dato cruciale della stima del grado di mobilità del nodo cliente rispetto ad access point fissi e ad altri peer connector mobili) per determinare un piccolo insieme di opportunità di connettività multi-hop multi-path candidate. Quale opportunità scegliere in questo insieme viene deciso sulla base di informazioni distribuite di stime di affidabilità dei link componenti il path, in modo locale alle scelte di management. Il lavoro include inoltre risultati sperimentali misurati sul campo tramite il deployment del nostro prototipo di soluzione; questi risultati mettono in evidenza l’efficacia dell’approccio nonostante le assunzioni semplificative adottate per le stime di mobilità e affidabilità, decise al fine di ridurre l’overhead di monitoraggio necessario.

**CN1** [05] P. Bellavista, C. Cavallari, A. Corradi, C. Stefanelli:  
“*Agenti Mobili per Servizi in Internet: Direzioni di Standardizzazione e loro Implementazione in SOMA*”,  
**37<sup>th</sup> Conferenza dell’Associazione Italiana per l’Informatica ed il Calcolo Automatico (AICA’99)**, Edizioni Progetto, pp. 19-31, Abano Terme, Italia, Settembre 1999.

Una delle recenti direzioni fondamentali che hanno caratterizzato lo sviluppo dei servizi informativi è stata sicuramente l’espansione della rete Internet e il diffondersi della tecnologia Web per la realizzazione di applicazioni distribuite. I modelli classici di progettazione, sviluppo e gestione di servizi distribuiti, basati sul paradigma cliente/servitore, non sono del tutto efficaci nell’affrontare le nuove tipologie di problemi che la globalità di Internet impone: sistemi distribuiti, aperti ed eterogenei obbligano a considerare in maniera più stretta requisiti di scalabilità, fault-tolerance, e adattabilità dinamica dei servizi alle proprietà del sistema e ai requisiti utente. In questo scenario, hanno assunto particolare rilevanza i paradigmi di programmazione basati sulla mobilità di codice, e, in particolare, quello degli agenti mobili. Per facilitare lo sviluppo e l’accettazione di servizi su larga scala basati sulla tecnologia degli agenti mobili è necessario che le numerose e differenti piattaforme proposte superino le barriere imposte dalla loro eterogeneità; occorre cioè fornire strumenti che consentano l’interazione fra differenti sistemi ad agenti e soprattutto l’interoperabilità degli agenti con sistemi e risorse esistenti. Il lavoro descrive le linee guida per rendere interoperabile un sistema ad agenti mobili attraverso la conformità agli standard OMG CORBA e MASIF. In particolare, il lavoro mostra come tale conformità sia stata ottenuta nel sistema SOMA (vedi anche [CI3] [RI4]), quali scelte progettuali e implementative abbia comportato, e confronta i risultati sperimentali ottenuti dalla misurazione del costo della migrazione degli agenti sia attraverso meccanismi con garanzia di interoperabilità che attraverso meccanismi proprietari.

- CN2 [13] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:  
*"How a Secure and Open Mobile Agent Framework Suits Electronic Commerce Applications"*,  
Workshop "Dagli oggetti agli agenti: tendenze evolutive dei sistemi software", gruppo di lavoro Sistemi ad agenti e Multiagente dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AI\*IA) e Associazione Italiana per le Tecnologie Avanzate Basate su concetti Orientati agli Oggetti (TABOO), Pitagora Editrice, pp.13-18, Parma, Maggio 2000.

Il paradigma di programmazione degli agenti mobili sta dimostrando di essere fortemente efficace nel supporto di applicazioni distribuite in ambiente aperto ed eterogeneo, e aree applicative quali il commercio elettronico appaiono di particolare interesse. La tecnologia degli agenti mobili, però, deve rispondere a stringenti requisiti di sicurezza e interoperabilità per poter mirare ad un'ampia diffusione, specie in servizi Web critici come nel caso del commercio elettronico. Il lavoro cerca di chiarire e classificare le necessità di sicurezza e interoperabilità che emergono in un e-marketplace, e descrive come tali proprietà siano state obiettivi primari nella progettazione dell'ambiente SOMA. Da una parte, SOMA si basa su un modello di sicurezza assai articolato e flessibile, fornendo così un ampio ventaglio di meccanismi e strumenti per la definizione, il controllo e la verifica dinamica del corretto soddisfacimento di politiche di sicurezza specificate dagli amministratori del sistema. Dall'altra parte, la piattaforma SOMA permette di interoperare facilmente anche con componenti applicativi progettati secondo differenti stili e modelli di programmazione. In particolare, l'articolo presenta lo scenario concreto di un e-marketplace dove servizi di commercio elettronico vengono implementati in termini di agenti SOMA.

- CN3 [23] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*"How to Prevent Denial-of-Service Attacks of Mobile Agents: a Solution for Java-based Platforms"*,  
**39<sup>a</sup> Conferenza dell'Associazione Italiana per l'Informatica ed il Calcolo Automatico (AICA'01)**, pp. 445-456, Cernobbio, Italia, Settembre 2001.

La tecnologia degli agenti mobili ha recentemente mostrato la sua efficacia in diversi domini applicativi, dal supporto al mobile computing alla gestione integrata di reti, sistemi e servizi. Un problema ancora aperto rimane però il controllo e la limitazione dinamica delle operazioni che agenti mobili malprogrammati o malevoli possono compiere sui sistemi ospitanti. È necessario non solo permettere/negare l'accesso di agenti a risorse ma anche controllare dinamicamente il consumo di risorse da parte di agenti autorizzati, ad esempio per proteggere le risorse di esecuzione da attacchi denial-of-service (vedi anche [CINF3]). L'articolo presenta una soluzione per il monitoraggio distribuito on-line di agenti mobili basati su Java, capace di fornire informazioni sul loro stato e sul loro consumo di risorse, permettendo così di attuare le desiderate politiche di gestione. La soluzione è stata progettata ed implementata come un componente della piattaforma SOMA e consente la visibilità di informazioni di monitoraggio a diversi livelli di astrazione. Misure sperimentali su intrusione e tempo di reazione del componente per il controllo on-line di agenti SOMA dimostrano la fattibilità e l'efficacia dell'approccio che ha scelto di non modificare la macchina virtuale standard di Java.

- CN4** [37] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*“Mobile Agents for Usage-based Accounting in Wireless Ubiquitous Environments”*,  
**Workshop "Dagli Oggetti agli Agenti: dall'Informazione alla Conoscenza"**  
(WOA'02), gruppo di lavoro Sistemi ad agenti e Multiagente dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AI\*IA) e Associazione Italiana per le Tecnologie Avanzate Basate su concetti Orientati agli Oggetti (TABOO), ISBN88-371-1363-3, Pitagora Editrice, Milano, Italia, Novembre 2002.

Le comunicazioni mobili e la miniaturizzazione dei terminali cliente stanno rendendo sempre più frequenti scenari pervasivi e ubiqui di erogazione di servizi Internet, in cui un ampio ventaglio di dispositivi wireless eterogenei vuole essere utilizzato per accedere sia a servizi tradizionali che a nuovi servizi dipendenti dalla locazione. In questo contesto, l'intrinseca limitatezza delle risorse disponibili e il crescente mercato di utenti finali rendono cruciali soluzioni che supportino l'accounting utente in base alle risorse effettivamente consumate durante l'erogazione del servizio. Il lavoro mostra come l'accounting di servizi pervasivi possa beneficiare dell'estensione dell'infrastruttura Internet tradizionale con funzionalità di monitoraggio, pricing, e charging, specifiche per ambiti di mobilità, installate dinamicamente laddove necessario. La soluzione middleware proposta evolve dinamicamente in dipendenza dai pattern di mobilità esibiti dai dispositivi portabili cliente ed è in grado di operare localmente a tali dispositivi senza richiedere una connettività continua con home manager remoti e centralizzati. Il lavoro descrive un'infrastruttura di accounting realizzata in termini di agenti mobili e un caso di studio di applicazione dell'infrastruttura ad un servizio di assistenza turistica. Gli agenti mobili supportano efficacemente strategie di accounting dipendenti dalla sessione, possono installare dinamicamente nuova logica di monitoraggio/charging, possono massimizzare la località nell'accesso ai dati di monitoraggio, e permettere l'accounting anche in caso di temporanei partizionamenti di rete.

- CN5** [41] P. Bellavista, A. Corradi, E. Magistretti:  
*“Proxy-based Middleware for Service Continuity in Mobile Ad Hoc Networks”*,  
**Workshop "Dagli Oggetti agli Agenti: Sistemi Intelligenti e Pervasive Computing"** (WOA'03), gruppo di lavoro Sistemi ad agenti e Multiagente dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AI\*IA) e Associazione Italiana per le Tecnologie Avanzate Basate su concetti Orientati agli Oggetti (TABOO), Cagliari, Settembre 2003.

I recenti sviluppi della miniaturizzazione e delle tecnologie wireless stimolano l'emergere di nuove tipologie di rete (Mobile Ad hoc NETWORKS - MANET), capaci di organizzarsi autonomamente secondo un modello peer-to-peer, senza bisogno di alcuna infrastruttura di supporto staticamente realizzata. Le MANET sono caratterizzate da una elevata mobilità dei nodi e da frequenti cambiamenti nella visibilità diretta fra essi. Questa alta dinamicità comporta un significativo incremento della complessità del progetto e dell'implementazione di applicazioni distribuite, poiché è necessario considerare non solo problemi di routing e configurazione, ma anche la possibile mobilità dei componenti software e la perdita di diretta connettività fra loro durante l'erogazione del servizio. Il lavoro propone un supporto per la continuità di servizio su MANET, ovvero per rendere possibile l'erogazione continua di un servizio anche con clienti e servitori che si muovono a runtime. Il middleware sfrutta proxy application-transparent che svolgono il ruolo di intermediari e il cui ruolo è assegnato dinamicamente in modo completamente decentralizzato. Il lavoro mostra, inoltre, come il

supporto semplifichi la progettazione e l'implementazione di un servizio continuo nel caso di studio di file transfer su MANET.

- CN6 [42] P. Bellavista, A. Corradi, S. Vecchi:  
*“An Integrated Resource Management Architecture for Wireless Smart Environments”*,  
**Workshop "Dagli Oggetti agli Agenti: Sistemi Intelligenti e Pervasive Computing" (WOA'03)**, gruppo di lavoro Sistemi ad agenti e Multiagente dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AI\*IA) e Associazione Italiana per le Tecnologie Avanzate Basate su concetti Orientati agli Oggetti (TABOO), Cagliari, Settembre 2003.

Il lavoro affronta lo scenario di “smart environment” in cui dispositivi mobili, con capacità di calcolo e comunicazione, sono a disposizione per l'utilizzo seamless quando si è in loro prossimità, senza la necessità di alcuna conoscenza statica e di nessuna esplicita operazione di configurazione. Da una parte, la realizzazione di smart environment richiede supporti dinamici per la comunicazione e l'interazione spontanea fra risorse eterogenee. Dall'altra, il lavoro motiva il fatto che smart environment necessitano di infrastrutture di supporto ad alta flessibilità capaci di ispezionare, processare e aggregare enormi volumi di informazioni di monitoraggio/gestione, e di fornire agli utenti viste aggiornate e sintetiche dello stato delle risorse localmente disponibili. Il lavoro propone una soluzione per la gestione integrata di smart environment altamente dinamici e con elevata eterogeneità delle risorse. In particolare, presentiamo un supporto middleware integrato basato su Java Management Extensions (JMX) che fornisce un'interfaccia unificante verso differenti meccanismi di monitoraggio/gestione, permettendo così l'integrazione di risorse distribuite eterogenee (da dispositivi di rete con embedded SNMP, come access point IEEE 802.11, a componenti di servizio a livello applicativo, come server HTTP). Inoltre, la soluzione proposta semplifica il processamento e l'aggregazione di dati di monitoraggio dipendentemente da obiettivi di gestione application-specific, fornendo così la flessibilità e il livello di astrazione necessari in questo scenario.

- CN7 [113] S. Mattarozzi, P. Bellavista:  
*“Recent Advances in Mobile Middleware for Wireless Systems and Services”*,  
Accettato per la pubblicazione negli atti (paper invitato) di **Constructa – Conoscere, Progettare, Realizzare (Constructa'08)**, Venezia, Italia, Novembre 2008.

I recenti progressi tecnologici, sia in termini di miniaturizzazione che di riduzione dei costi, nelle tecniche di sensing e di comunicazione wireless stanno rendendo possibili scenari interattivi e partecipativi nello spazio costruito che erano impensabili fino a pochi anni fa. In particolare, queste tecniche aprono potenzialità rilevanti per il processo di riqualificazione dello spazio urbano attraverso la partecipazione e il coinvolgimento seamless degli utenti finali, che possono usufruire di spazi fisici e virtuali per la condivisione delle risorse in modo controllato, anche grazie alla consapevolezza piena delle caratteristiche dell'ambiente e del contesto di esecuzione. Uno spazio costruito arricchito di soluzioni di sensing, di comunicazione e soprattutto del middleware necessario per l'interazione aperta e interoperabile può essere la chiave per una maggiore partecipazione allo spazio condiviso e per favorire l'emergere di servizi innovativi di tipo collaborativo. Ad esempio, si pensi a servizi di social networking opportunistico (scambio di opinioni, offerta di tempo libero, ...) fra utenti finali che in modo non pianificato condividono temporaneamente sia lo stesso spazio fisico che lo stesso spazio virtuale di interessi. La presentazione cerca di contribuire alla piena comprensione di tali opportunità di interazione, rese possibili e semplificate grazie

a tecniche di ambient intelligence allo stato dell'arte, al fine di identificare importanti direzioni di business per il prossimo futuro.

CINF1[04] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:

*“An Integrated Environment for the Management of Network Resources and Services”*,

**6<sup>th</sup> Workshop of the OpenView University Association (OVUA '99)**, Bologna, Italia, Giugno 1999.

L'eterogeneità e la globalizzazione delle risorse di rete da una parte, e le crescenti aspettative dell'utente nei confronti di ambienti e servizi, sempre più flessibili e personalizzati dall'altra parte, costringono a considerare approcci innovativi alle problematiche connesse alla gestione di sistemi complessi (vedi anche [RI1] [RI2]). L'articolo descrive MESIS (presentato più ampiamente in [RI3]), un ambiente per la gestione integrata di risorse di rete e servizi. Il nucleo di MESIS è costituito da un distributed processing environment flessibile e modulare, realizzato tramite un insieme di componenti che forniscono funzionalità di base per la costruzione di servizi a livello applicativo. In particolare, il lavoro descrive nel dettaglio due funzionalità considerate fondamentali, interoperabilità e sicurezza, e i componenti che le realizzano. Il modulo di interoperabilità permette ai servizi MESIS di interagire con altri servizi e risorse, anche messi a disposizione da sistemi legacy. In particolare, l'interoperabilità in MESIS è ottenuta grazie alla conformità con lo standard CORBA. Il modulo di sicurezza fornisce all'ambiente MESIS le caratteristiche di protezione necessarie in scenari d'uso globali e non fidati. MESIS permette l'autenticazione di utenti ed amministratori, l'integrità e la segretezza nelle comunicazioni, la registrazione dell'uso e del consumo di risorse, e l'interazione sicura con sistemi conformi a CORBA. MESIS è realizzato in termini di agenti mobili, al fine non solo di facilitare l'automatizzazione e la delega delle operazioni di gestione, ma anche di ottenere l'efficienza e la scalabilità favorite dall'accesso locale alle risorse controllate.

CINF2[14] P. Bellavista, A. Corradi, R. Montanari, C. Stefanelli:

*“On-line Distributed Monitoring of Heterogeneous Resources and Systems in Java”*,

**7<sup>th</sup> Workshop of the OpenView University Association (OVUA '00)**, Santorini, Grecia, Giugno 2000.

La diffusione della popolarità dei servizi Web sta rendendo sempre più evidente e acuta la necessità di meccanismi per il controllo dinamico della disponibilità dei servizi offerti, anche in termini della loro qualità correntemente fruibile. Gli obiettivi sono di rendere possibile la valutazione e il miglioramento delle performance del servizio, la registrazione e possibilmente l'accounting dell'utilizzo e del consumo di risorse, e la protezione contro gli attacchi di tipo denial-of-service. Tutte queste caratteristiche possono beneficiare in maniera significativa della disponibilità di un servizio di monitoraggio on-line a livello di infrastruttura, che sia capace di notificare applicazioni e servizi riguardo l'utilizzo attuale delle risorse distribuite. Al contempo, la complessità e l'eterogeneità dei moderni sistemi interconnessi spinge verso l'adozione di ambienti di programmazione e di sviluppo il più possibile portabili e omogenei, come nel caso di Java. Nonostante gli indubbi vantaggi dell'adozione di Java in svariati domini applicativi, esso è considerato un linguaggio non adatto all'implementazione di strumenti di monitoraggio, dato che la macchina virtuale Java costringe il programmatore ad un livello di astrazione che tende a nascondere le risorse disponibili e le loro caratteristiche. L'articolo mostra l'implementazione in Java di un servizio che fornisce un'interfaccia uniforme

per il monitoraggio di risorse eterogenee, sfruttando sia la tecnologia Java Virtual Machine Profiler Interface (JVMPI) che la Java Native Interface (JNI). Da una parte, JVMPI permette di richiedere alla macchina virtuale Java di essere notificati qualora vengano generati alcuni tipi di eventi durante l'esecuzione di thread Java (allocazione di memoria, invocazione di metodi, istanziamento di oggetti, ...). Dall'altra parte, JNI conferisce allo strumento di monitoraggio la visibilità di indicatori di sistema (come l'utilizzo della CPU) tipicamente ad un livello di astrazione più basso rispetto alla macchina virtuale, attraverso l'integrazione con meccanismi dipendenti dalla piattaforma. Lo strumento implementato è stato utilizzato per monitorare risorse su differenti piattaforme (WindowsNT, Solaris, Linux) e sulla sua base si è costruito un servizio per il monitoraggio distribuito on-line, realizzato in termini di agenti mobili SOMA con capacità di migrazione dinamica e di coordinamento.

**CINF3**[17] P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli:

***“Monitor and Control of Mobile Agent Applications ”,  
Object-Oriented Programming, Systems, Languages, and Applications  
(OOPSLA) Workshop on Experiences with Autonomous Mobile Objects and  
Agent Based Systems”***, Minneapolis, USA, Ottobre 2000.

La tecnologia degli agenti mobili impone di affrontare nuovi significativi problemi di sicurezza, che sono stati l'oggetto principale di diverse attività di ricerca. Nonostante la ricerca svolta in questo campo, alcuni aspetti di sicurezza (protezione contro attacchi di tipo denial-of-service, rilevazione e registrazione dell'effettivo consumo di risorse di esecuzione da parte degli agenti) richiedono ancora notevole investigazione. La soluzione a questi problemi richiede la capacità di monitorare lo stato delle risorse durante l'esecuzione degli agenti mobili, al fine di controllare ed eventualmente limitare il loro utilizzo delle risorse del sistema ospitante. Il lavoro presenta e discute le linee guida di soluzione per il monitoraggio on-line e il controllo di agenti mobili implementati in Java, applicando la soluzione proposta in [CINF2] al sistema SOMA. In particolare, vengono presentate l'architettura e l'implementazione di MAPI, che sfrutta le tecnologie JVMPI e JNI per estendere la visibilità della macchina virtuale Java standard allo stato corrente sia delle risorse Java che di risorse dipendenti dallo specifico sistema operativo ospitante.

**CINF4**[50] P. Bellavista, A. Corradi:

***“Mobile Active Middleware for the QoS Management of Multimedia Streaming over  
Best-effort Networks”***,  
**IEEE International CQR Workshop on Quality and Reliability (CQR'04)**, IEEE  
Communications Society Technical Committee on Communications Quality &  
Reliability, San Antonio, Texas, Aprile 2004.

Il lavoro descrive le esperienze maturate nel progetto e nell'implementazione di ubiQoS, una infrastruttura di supporto a servizi multimediali resa attiva dall'impiego di agenti mobili sui nodi intermedi del cammino cliente-servitore. ubiQoS si occupa di monitorare, controllare e adattare la qualità dei flussi multimediali erogati su reti best-effort standard. Lo stesso nome ubiQoS fa riferimento ad una duplice dimensione dell'ubiquità, come intesa nel nostro approccio middleware. Da una parte accessibilità ubiqua, nel senso che ubiQoS permette la ricezione di flussi multimediali ovunque, adattando il contenuto (e il suo formato) alle preferenze utente, alle capacità del terminale di accesso, e alle risorse di rete disponibili a tempo di negoziazione. Inoltre, ubiQoS effettua il monitoraggio dei livelli di qualità effettivamente offerti ed esegue eventuali operazioni di adattamento correttivo in risposta a modifiche runtime nella disponibilità delle risorse coinvolte. Dall'altra parte middleware

ubiquo nel senso che ubiQoS tende a disseminare i suoi componenti nel sistema. A tempo di negoziazione, i componenti di middleware si distribuiscono autonomamente sugli host lungo il cammino fra ricevitori e sorgenti multimediali. Quando nuovi segmenti di cammino attivo vengono determinati dinamicamente (per esempio, per far fronte a guasti o a locali sovraccarichi), i componenti di ubiQoS possono muoversi verso le locazioni richieste senza rendere necessario un restart del servizio fornito.