

# Agenti Mobili

## per la Progettazione e Implementazione di Servizi Internet:

Domini Applicativi, Esperienze e Direzioni di Soluzione

Paolo Bellavista  
pbellavista@deis.unibo.it  
Dip. Elettronica, Informatica e Sistemistica (DEIS)  
Università di Bologna

Riferimenti Web: <http://lia.deis.unibo.it/Staff/PaoloBellavista/>  
<http://lia.deis.unibo.it/Research/SOMA/>

## Sommario della Presentazione

- ✓ **Perché** gli Agenti Mobili?
- ✓ Panoramica sui **Domini Applicativi**
- ✓ **Piattaforme** ad Agenti Mobili:  
*Middleware* per il **supporto** a servizi ad  
agenti mobili
- ✓ **SOMA**: attuali **domini applicativi** di impiego e  
linee guida per **futuri servizi**

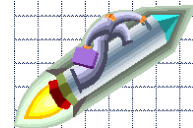
## Perché Codice Mobile?

Lo scenario *Internet* ➡ accento sulle parole chiave:

***distribuzione e mobilità***

- ***Nomadic/Roaming user***

Utente vuole utilizzare i ***propri dati e servizi indipendentemente*** dal punto di accesso alla rete, dal dispositivo utilizzato e dalla posizione corrente

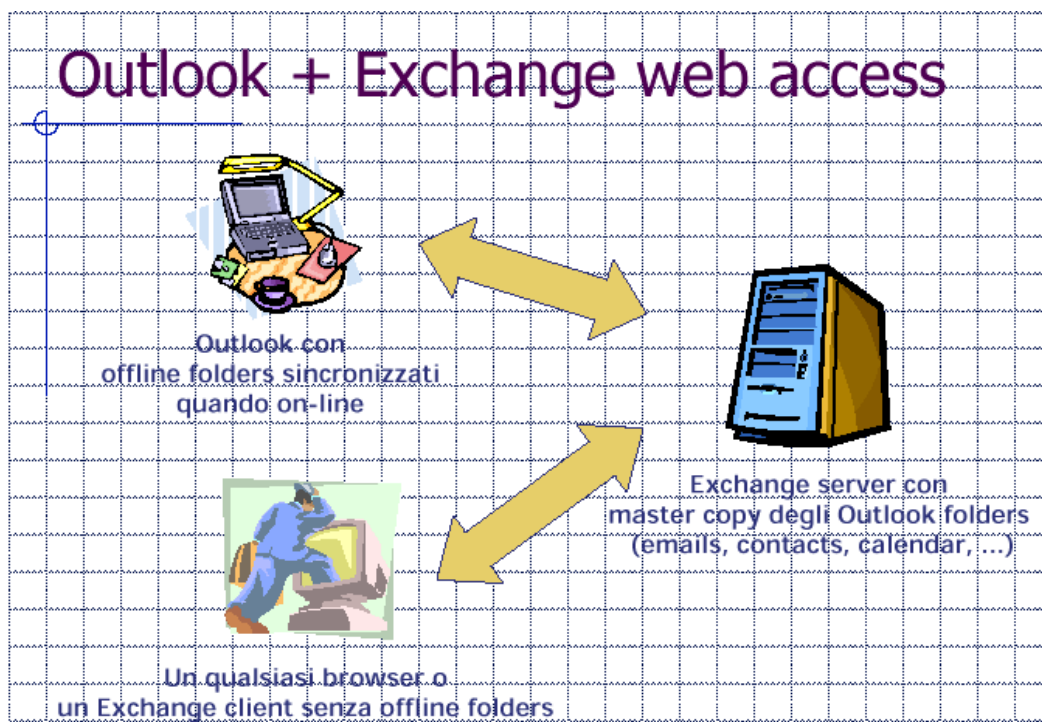


- ***Nomadic/Roaming device & resource***

***Terminali e risorse*** di esecuzione devono essere in grado di operare ***ovunque*** esse si trovino



## Un Esempio di Servizio per Nomadic Computing



## Codice Mobile

Internet + Mobile Computing (utenti, terminali e risorse)

verso paradigmi di programmazione più **flessibili**  
del tradizionale modello cliente/servitore

Tutti basati su **Codice Mobile**



- **Remote Evaluation** (elastic/extensible server, ...)
- **Code on Demand** (Java applet)
- **Mobile Agent** (Telescript, IBM Aglet, Ajanta, SOMA, ...)

**Ortogonalità** fra mobilità di utente, terminale e codice, ma...

## Paradigmi di Programmazione

Codice mobile e **Tassonomia** dei paradigmi di  
programmazione (Fuggetta et al., IEEE TSE, Maggio 1998)

Paradigm	Before		After	
	S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>
Client-server	A	Know-how, resource, B	A	Know-how, resource, B
Remote Evaluation	Know-how, A	Resource, B	A	Know-how, resource, B
Code on Demand	Resource, A	Know-how, B	Resource, know-how, A	B
Mobile Agent	Know-how, A	Resource	-	Know-how, resource, A

## Tecnologia ad Agenti Mobili

### Def. *Agenti Mobili*

entità computazionali che **operano per conto** di un **responsabile (principal)** e che possono decidere **autonomamente** run-time di **migrare (codice + dati + stato di esecuzione)** verso un nuovo ambiente di esecuzione ospitante, per **proseguire** là le proprie operazioni

Che cosa c'è di nuovo?

- Mobilità **non solo** per motivi di **performance**
- Mobilità a livello di **Internet**
- Mobilità **controllabile** dal programmatore
- Programmazione **location-aware**

**Servono linguaggi + supporti run-time**

## Domini Applicativi: una Panoramica (1)

Tutti gli scenari applicativi su **sistemi globali** che possono trarre vantaggio da **località nell'accesso** alle risorse, da **asincronicità** rispetto all'**utente**, da aggiornamento/trasferimento dinamico di **comportamento** e **stato** raggiunto

### 1) *Gestione integrata di reti, sistemi e servizi*

**Telecom:** controllo del traffico e resource management  
(*Intelligent Network, Active Network, Programmable Network, ...*)

**Monitoraggio QoS** e azioni di **adattamento** dinamico  
(RSVP tunneling, software-based QoS,  
format transcoding e multicast optimization, ...)

## Domini Applicativi: una Panoramica (2)

### 2) *Supporto al mobile computing*

- **user mobility** (Virtual Home Environment)
- **terminal mobility** (connettività, discovery, nomi locali/globali, quale trasparenza?)
- **resource mobility** (rebinding dinamico verso clienti e servitori, location awareness, quale trasparenza?)

### 3) *Reperimento autonomo di informazioni context-aware*

**località e intelligenza** nell'accesso a dati eterogenei e distribuiti

es. notevole: *location-dependent information service*

**personal assistant** (profilazione utente, tailoring, adattamento dinamico a terminali di accesso, shopbot, ...)

**sistemi di caching** a livello applicativo

## Domini Applicativi: una Panoramica (3)

### 4) *E ancora...*

- **Peer-to-Peer** computing  
(Ad-hoc **NET**work, **Mobile Ad-hoc NET**work, servizi MANET e location-dependent, file system distribuiti)
- **Prototipazione rapida** di protocolli  
(anche deployment dinamico di protocolli **application-specific**)
- Servizi **collaborativi** su scala globale  
(file system distribuiti, applicazioni workflow, *multicast*, eventi distribuiti, ...)

## Piattaforme ad Agenti Mobili

Alcuni ***trend emergenti*** nei sistemi ad agenti mobili:

- adozione di ***Java*** programming environment

- ***weak mobility***



- piattaforme come ***middleware di servizi***,  
modulare e flessibile (importanti indicazioni dai domini applicativi)

Servizi middleware per:

1) mobilità

3) sicurezza

5) modello computazionale

7) monitoraggio e controllo

2) sistemi di nomi

4) interoperabilità

6) comunicazione

## Servizi Middleware per Agenti Mobili: **Mobilità**

- ***Strong mobility***

***tutto lo stato*** catturato a livello di thread/processo  
migrazione in ***qualsiasi punto*** di esecuzione  
(fault tolerance, load balancing)

Agent TCL, Sumatra, Ara, Nomads, ...

- ***Weak mobility***

***strutture dati*** definite nel programma  
richiesta ***esplicita*** di migrazione

Mole, Aglets, Concordia, Voyager, Ajanta, Grasshopper, SOMA

***Multi- or  
Single  
threaded  
agents?***

Trasferimento di codice ***tutto*** alla migrazione, o ***on-demand***  
(disconnected environment???)

## Servizi Middleware per Agenti Mobili: **Sistemi di Nomi**

Spazi di nomi **strutturati gerarchicamente**

(scalabilità in sistemi globali)

**astrazioni di località** di dominio/regione e place

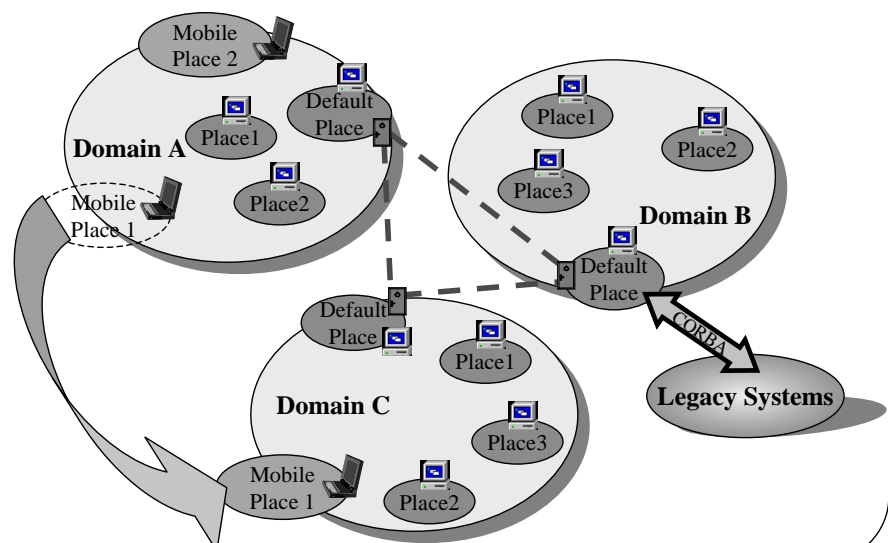
**Integrazione di differenti sistemi** di nomi:

- **globally unique identifier** (meccanismo base, assegnamento dinamico)
- servizi di **registrazione ad hoc** (locali, di domino, o globali)
- servizi di **discovery** (SSDP, Jini discovery, SLP, Salutation, ...)
- servizi di **direttorio standard** (CORBA Naming&Directory, LDAP)

## Astrazioni di Località in SOMA

**Gerarchia ad un livello** di astrazioni di località per la **modellazione** di ogni possibile scenario di esecuzione in un sistema distribuito globale.

- Dominio (LAN)
- Place
  - Default Place (gateway)
  - Mobile Place

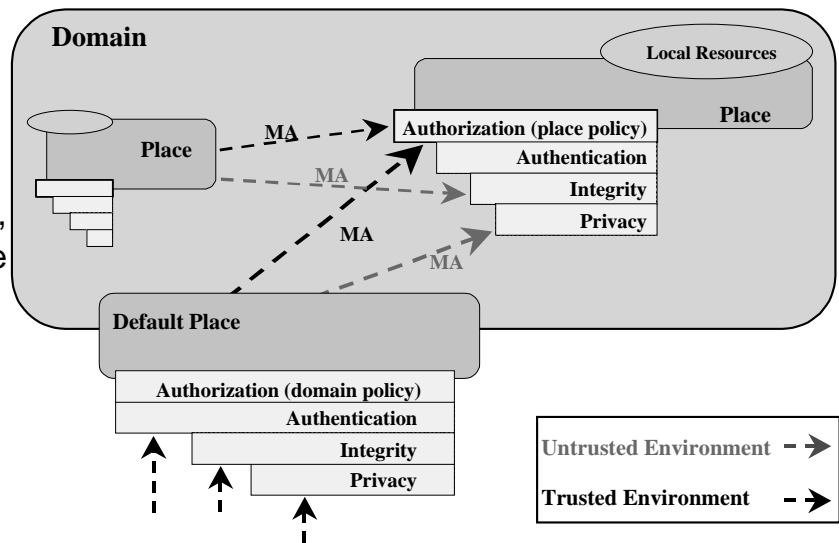


## Servizi Middleware per Agenti Mobili: **Sicurezza**

• **Meccanismi** (in SOMA, meccanismi di crittografia by IAIK)

• **Politiche** (in SOMA, estensione delle politiche di sicurezza di Java 2; Role-based Access Control)

• **Infrastrutture** (in SOMA *PKI* by Entrust)



**Flessibilità:** grado di libertà degli sviluppatori per il livello di sicurezza più appropriato

## Servizi Middleware per Agenti Mobili: **Interoperabilità**

**Obiettivo** fornire **interfacce interoperabili** per superare la possibile **eterogeneità** tra:

- agente/agente
- diversi sistemi ad agenti
- agente/contesto di esecuzione

### ➔ **Integrazione con standard**

- **standard diffusi** nell'area degli oggetti distribuiti (*CORBA*)
- **standard emergenti** per la tecnologia degli agenti mobili (*OMG MASIF, FIPA, ...*)

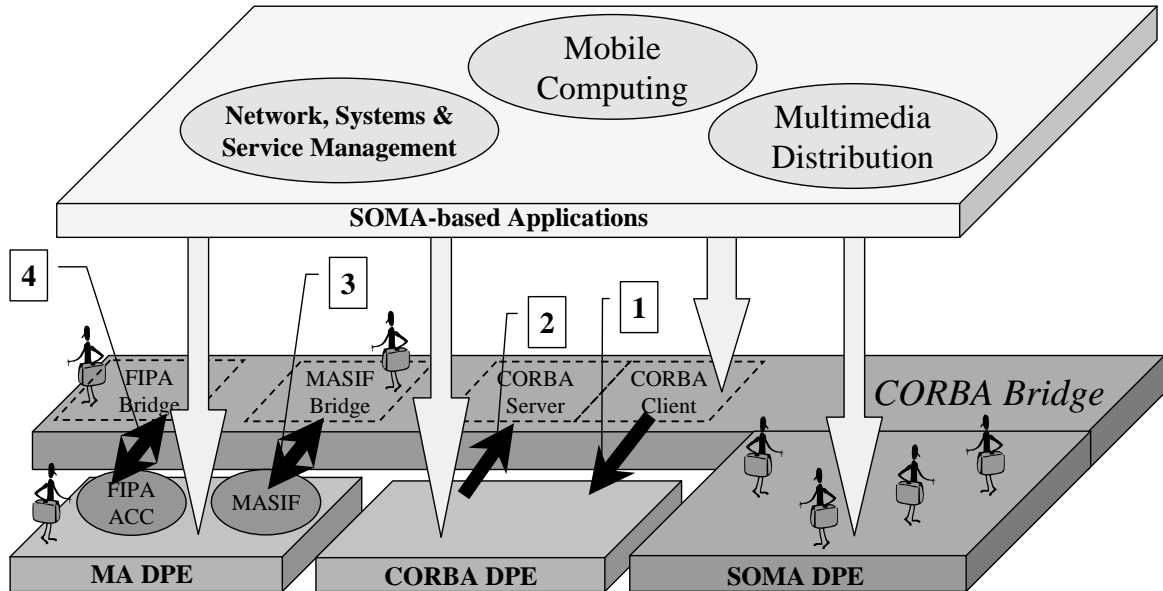
**MASIF** - **interoperabilità di nomi**  
- **trasferimento** agenti

**FIPA** - **architettura** per piattaforme  
- **comunicazione** interop.  
- **NO** mobilità



# Implementazione dell'Interoperabilità in SOMA

- |   |                                |   |                          |
|---|--------------------------------|---|--------------------------|
| 1 | Agenti SOMA come clienti CORBA | 3 | Interoperabilità MASIF   |
| 2 | Agenti SOMA come server CORBA  | 4 | FIPA Agent Comm. Channel |



Paolo Bellavista - Seminario Reti di Calcolatori - 15/11/01

17

## Servizi Middleware: **Modello Computazionale**

- Generalmente, un semplice modello **event-driven**  
(at migration, dispatch, arrival, ...)
- **Fixed/Programmer-specified** entry point
- Supporto al concetto di **itinerario**  
possibilità di specificare anche **piani complessi** e **migration pattern**
- **Sincronizzazione** fra agenti
- Problema della **generazione** di agenti:  
supportare una `agent.fork()` ?

Paolo Bellavista - Seminario Reti di Calcolatori - 15/11/01

18

## Servizi Middleware per Agenti Mobili: **Comunicazione**

Supporto alla **comunicazione** fra **agenti**

- **locale/remota**
- **sincrona/asincrona**
- **unicast, multicast, broadcast**
- **indiretta** (NO conoscenza del partner di comunicazione)

Tecnologie:

- scambio messaggi **connection-oriented** (ad es. *TCP/IP*)
- scambio messaggi **connection-less**
- **condivisione oggetti locali**
- **blackboard e spazi di tuple**  
(com. **disaccoppiata** nel tempo ma non nello spazio)

## Servizi Middleware: **Monitoraggio e Controllo**

Poter monitorare e controllare **non solo** gli **agenti mobili**,  
ma anche ogni **servizio/sistema**

Obiettivi:

### 1) **Monitoraggio e controllo del QoS**

(come avere **visibilità** dello stato di sistemi/servizi  
dall'interno della macchina virtuale Java?)

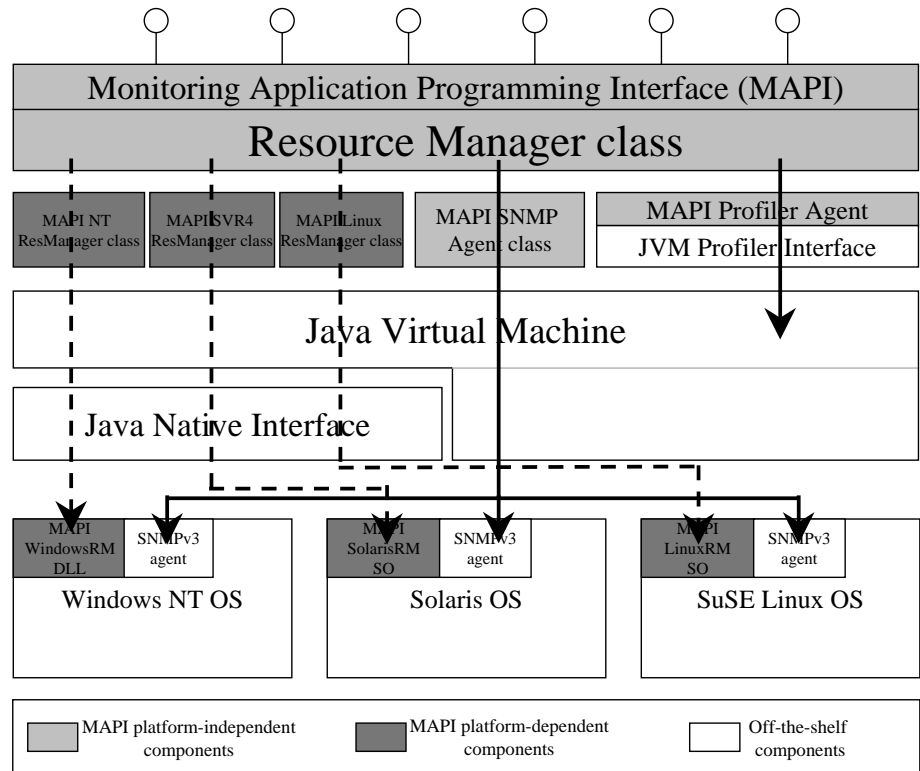
### 2) **Fault-Tolerance**

(meccanismi per la **persistenza**, protocolli di **recovery**,  
gestione distribuita delle **eccezioni**, ...)

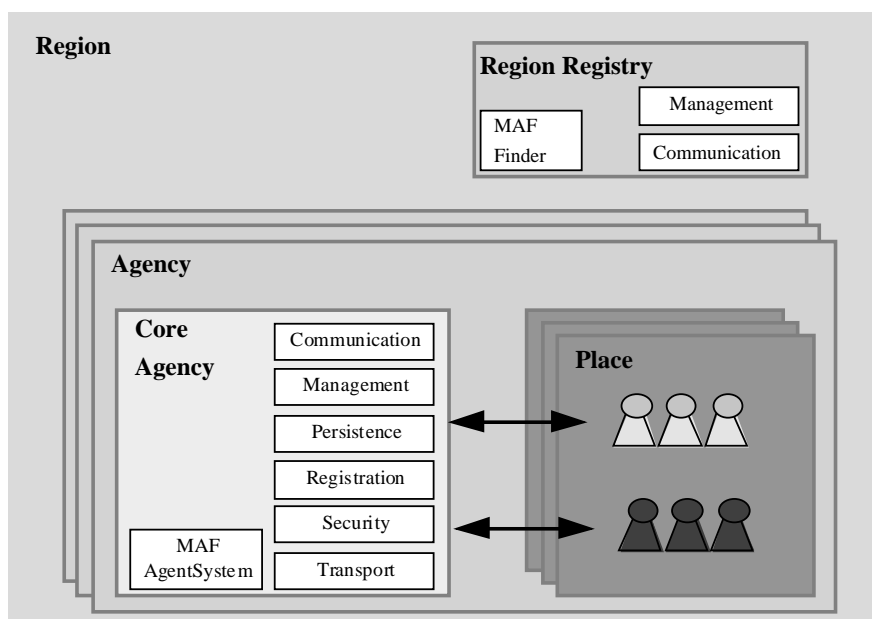
## Servizi Middleware: **Monitoraggio e Controllo**

### Visibilità Stato:

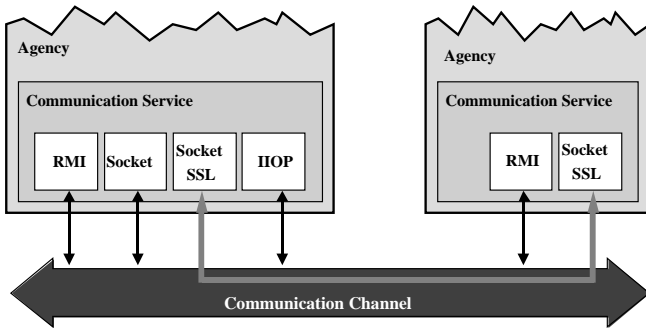
- **kernel**  
(JNI, SNMP)
- **applicativo**  
(programmi Java via JVMPI, altri processi via JNI)



## Sistemi ad agenti come Piattaforme di Servizi Middleware: **Grasshopper (1)**

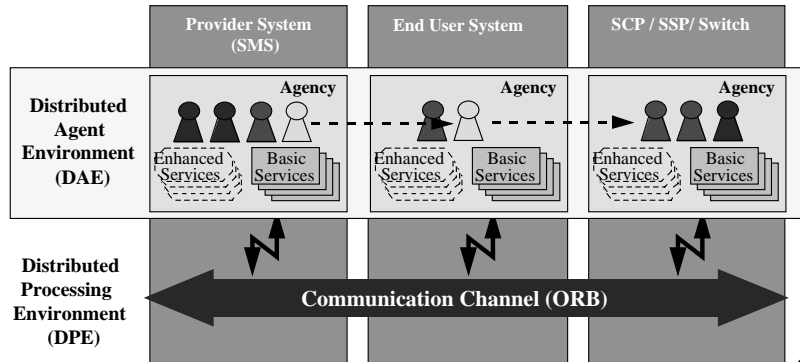


## Sistemi ad agenti come Piattaforme di Servizi Middleware: Grasshopper (2)

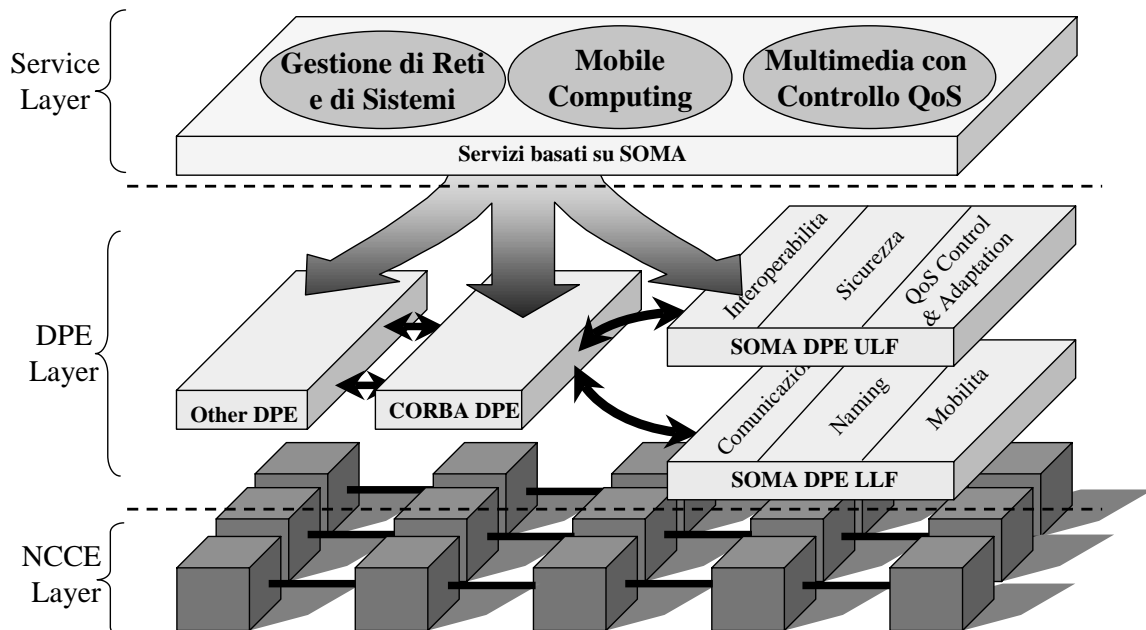


Supporto *integrato* a *differenti* tipologie di *canali di comunicazione*

Vasto utilizzo nel campo *telecom* (management IN) e recentemente *mobile computing* (*enago*)



## L'Architettura a Livelli di SOMA



**DPE:** Distributed Processing Environment

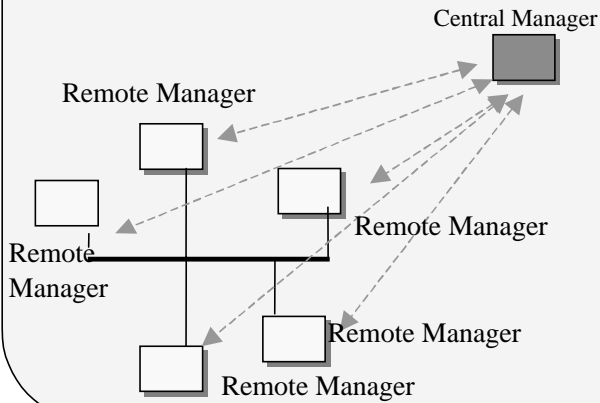
**ULF:** Upper Layer of Facilities

**NCCE:** Native Computing and Communications Environment

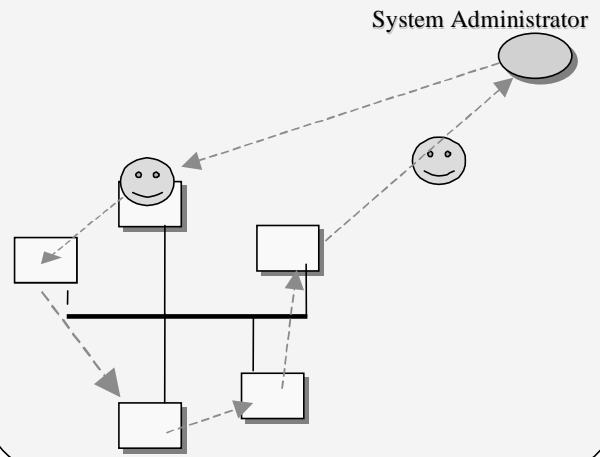
**LLF:** Lower Layer of Facilities

# Gestione Integrata di Reti, Sistemi e Servizi (1): Agenti Mobili vs. Client/Server

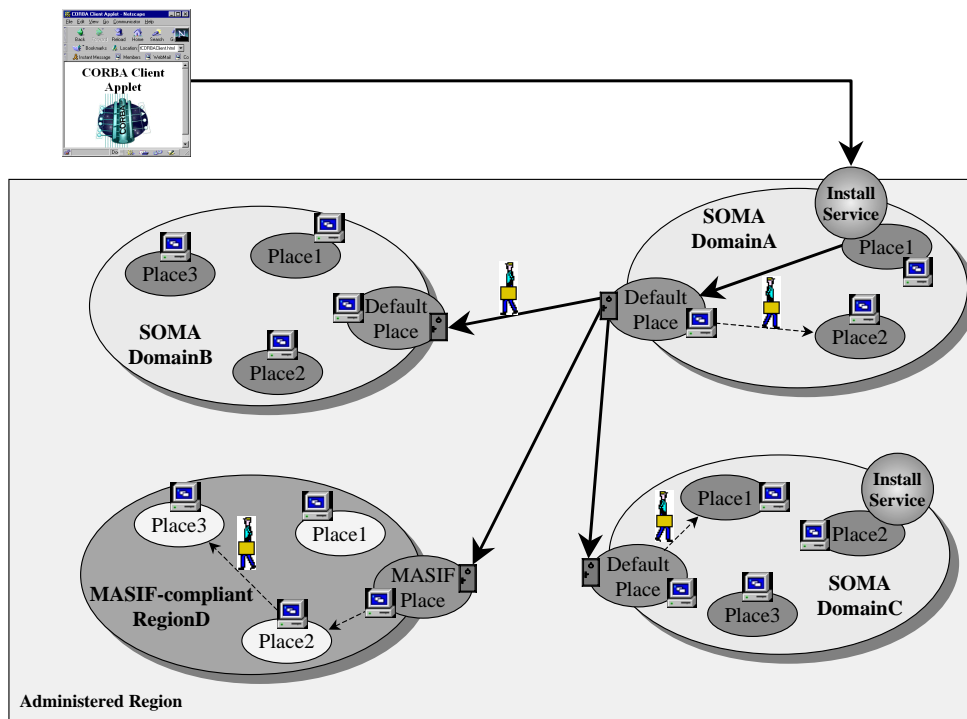
Soluzione di management centralizzato



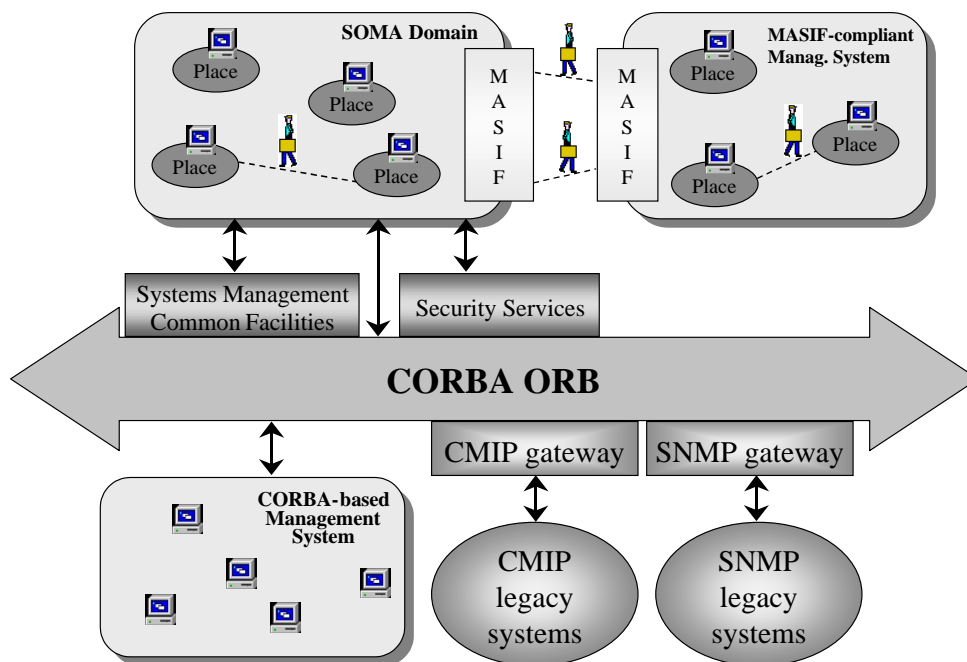
Soluzione ad agenti mobili



# Gestione Integrata di Reti, Sistemi e Servizi (2): Installazione Remota



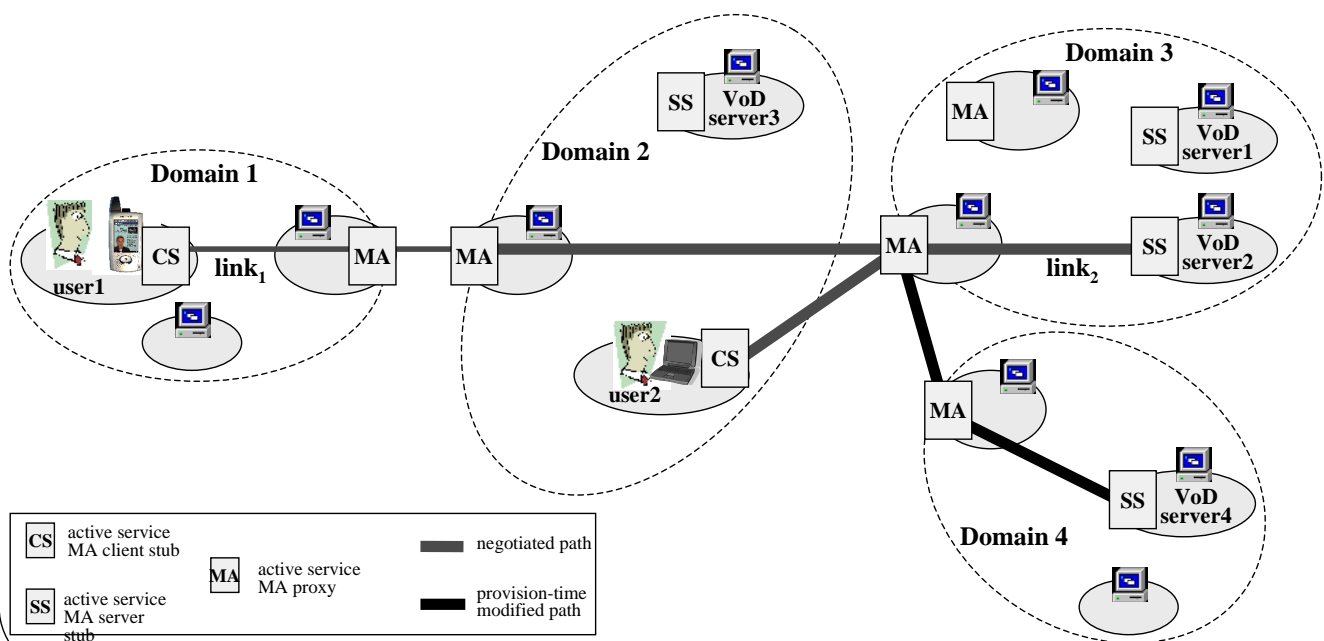
## Gestione Integrata di Reti, Sistemi e Servizi (3): Network Management



Paolo Bellavista - Seminario Reti di Calcolatori - 15/11/01

27

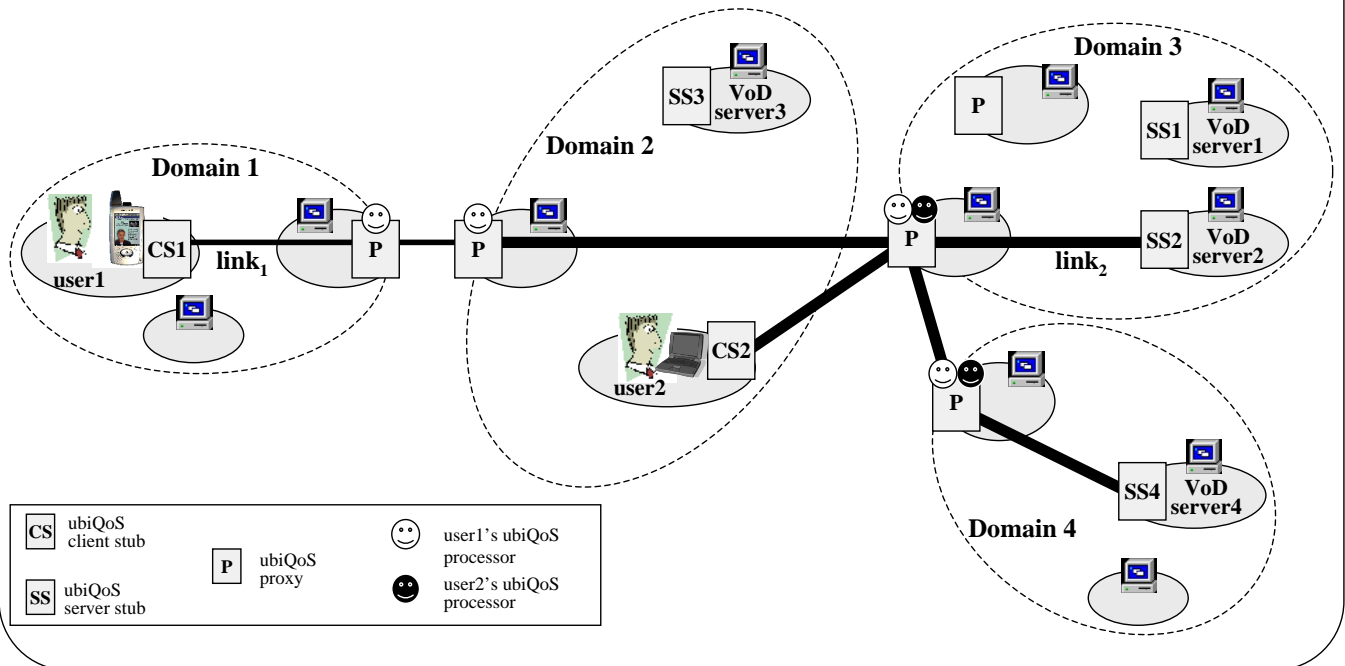
## Tailoring e Adattamento di QoS in Video on Demand: ubiQoS



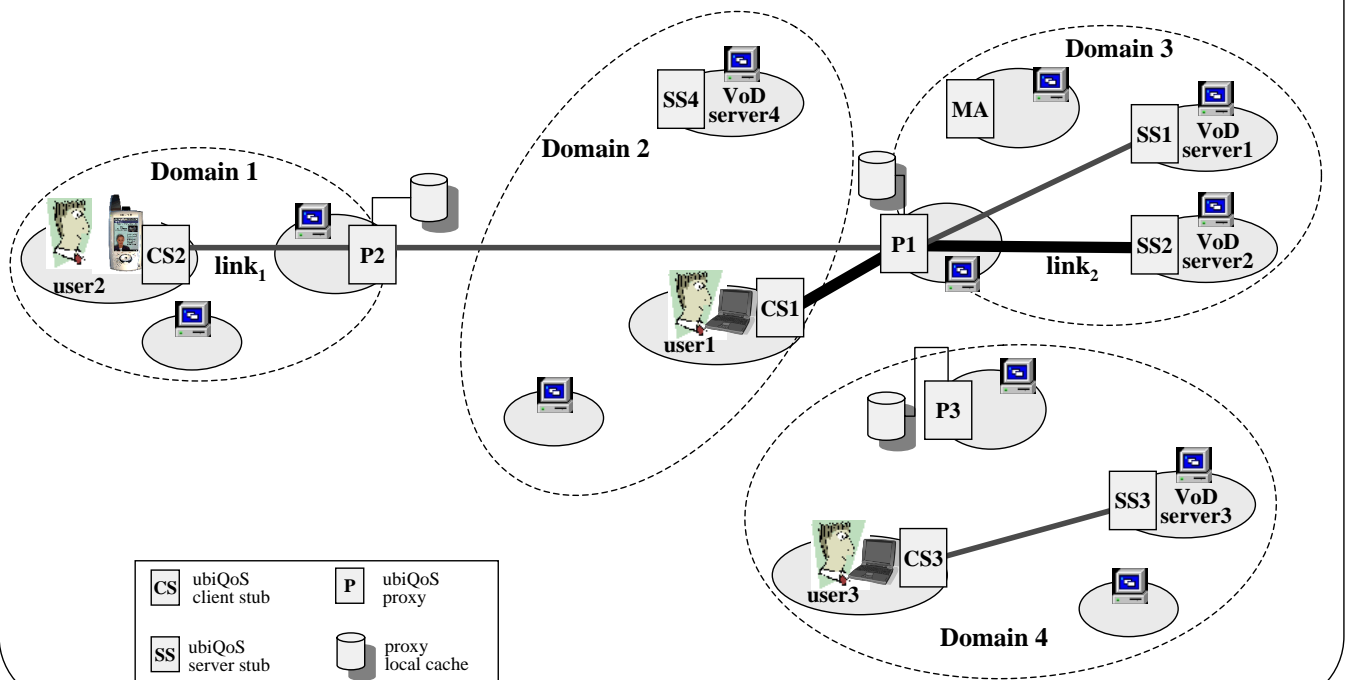
Paolo Bellavista - Seminario Reti di Calcolatori - 15/11/01

28

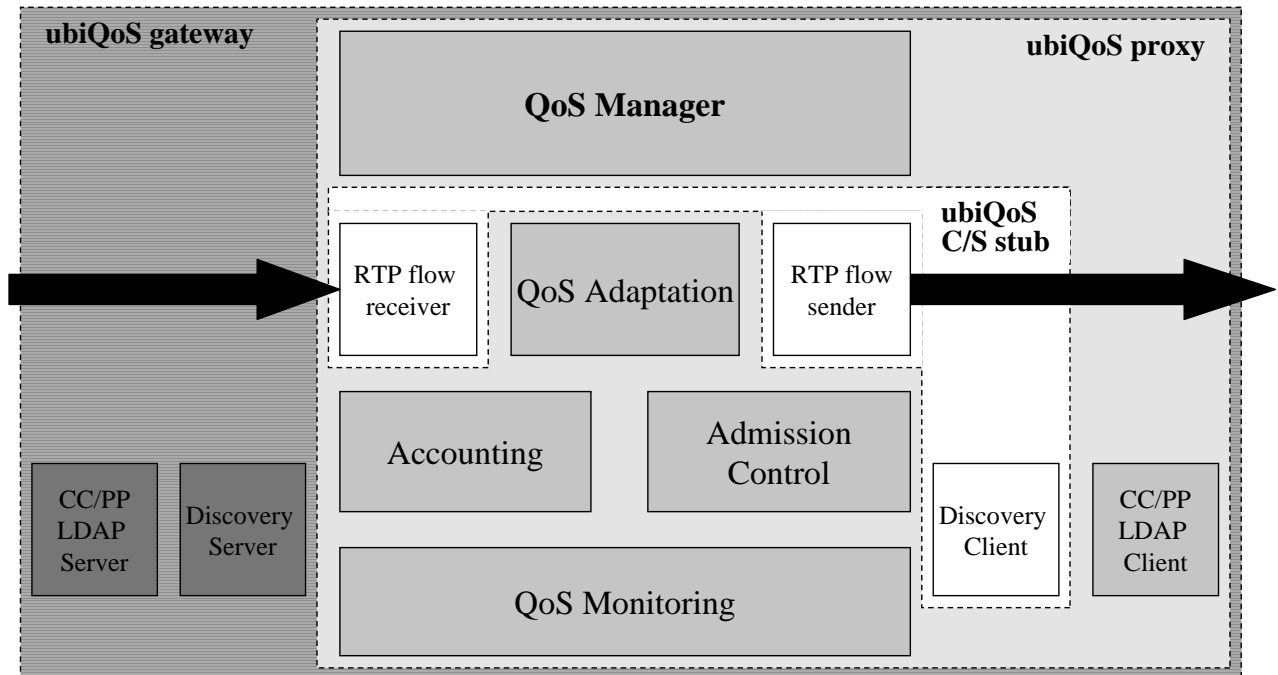
# ubiQoS e Agenti Mobili SOMA



# ubiQoS: altri requisiti di sistema, ad es. *caching*

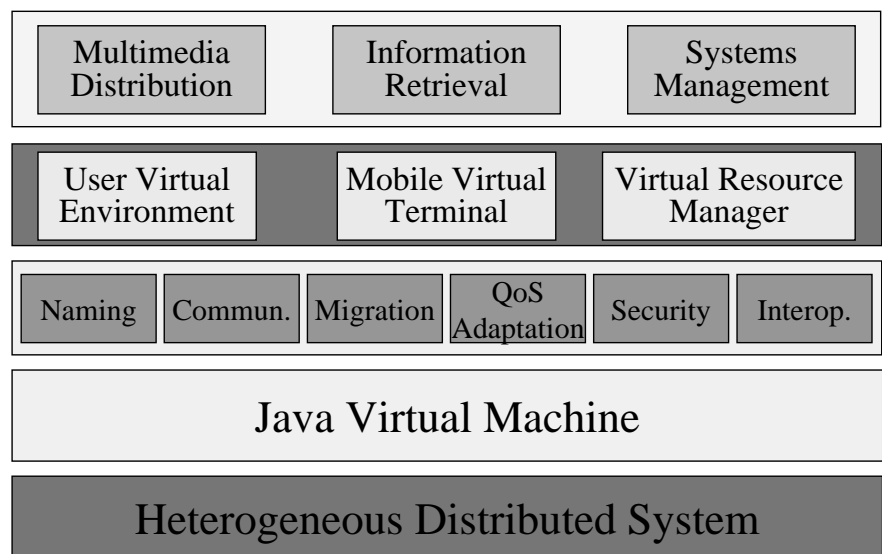


## ubiQoS: architettura dei componenti



## Supporto al Mobile Computing (1): Mobilità di Utenti, Terminali e Risorse

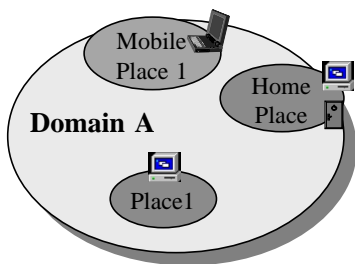
- **User Mobility**  
*Virtual Home Env.*
- **Terminal Mobility**  
*Mobile Place*
- **Resource Mobility**  
*Servizi di Tracing e Discovery*



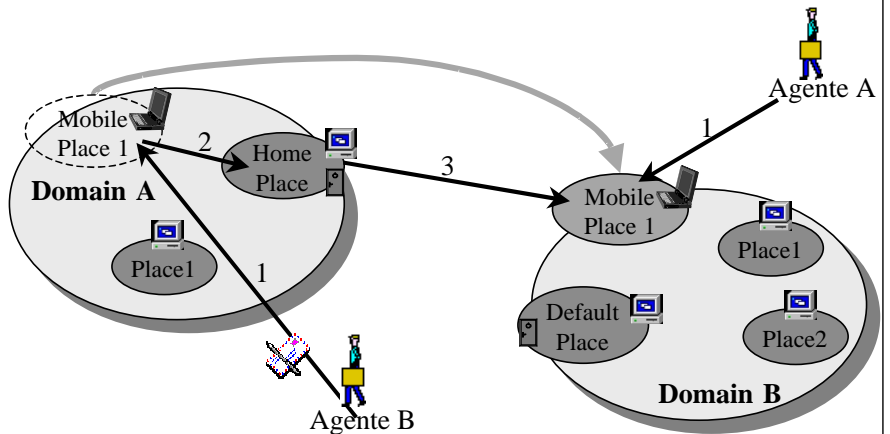


## Supporto al Mobile Computing (2): Terminali Mobili in SOMA

Creazione di un Place Mobile



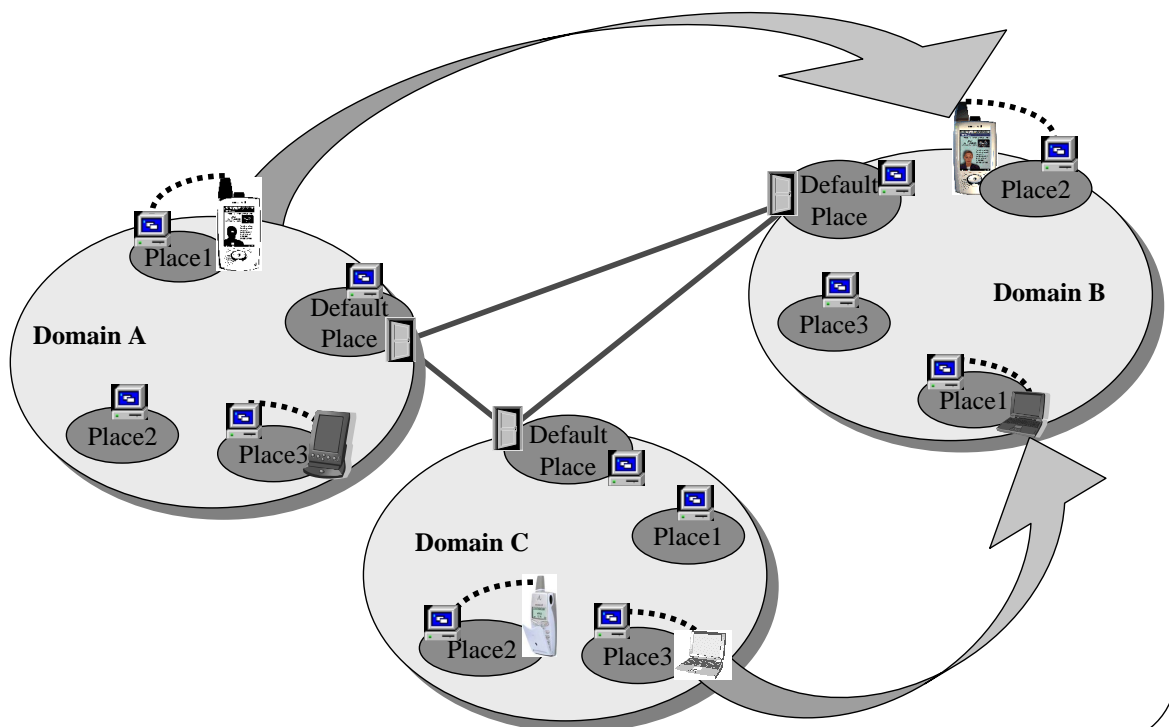
Agenti/messaggi consegnati ad un Place Mobile



**Agente A** raggiunge immediatamente il Place Mobile

**Agente B/messaggio** cerca di raggiungere il Place Mobile già migrato; **tunneling** attraverso *home place*

## Supporto al Mobile Computing (2): Device Portabili in SOMA



# Device Portabili in SOMA

Verso *l'integrazione* di dispositivi con risorse hardware/ software *limitate*

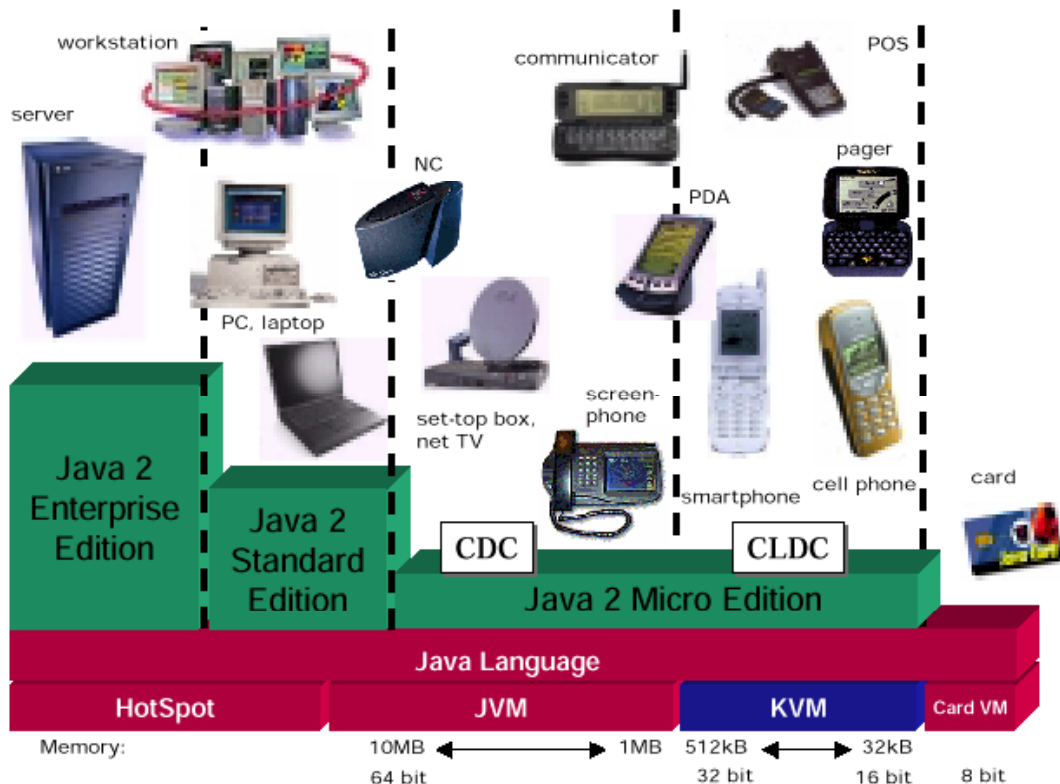
✓ **Tailoring dei servizi** non solo in dipendenza delle *preferenze utente* ma anche delle *capacità del dispositivo di accesso* (profili - RDF, CC/PP, UAPProfile, ...)

E inoltre: corrente *punto di accesso* alla rete, *disponibilità* corrente di risorse distribuite, *politica gestione* risorse...)

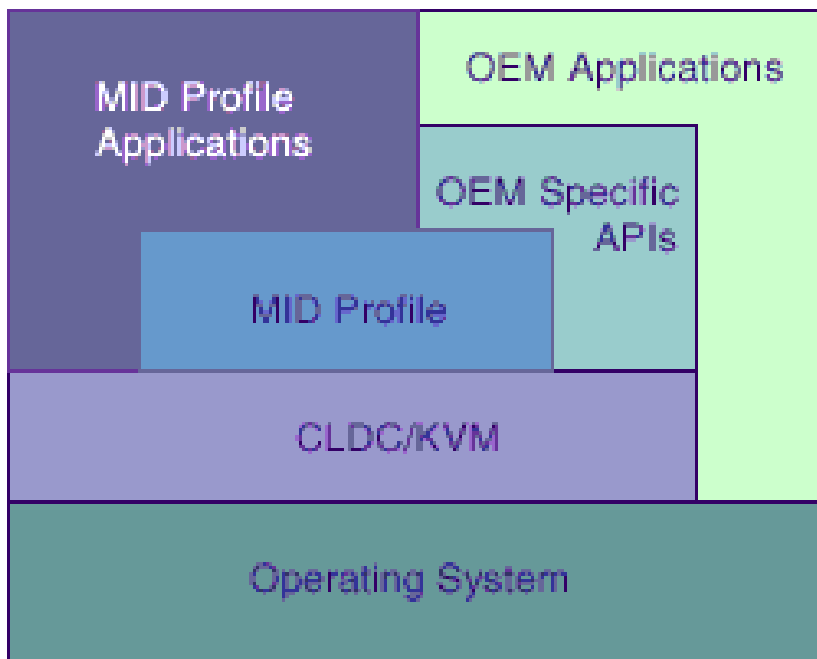
✓ **J2ME**

- KVM/CLDC/MIDP
- CVM/CDC/Foundation
- PersonalJava?

## Java Edition: macchine virtuali, configurazioni, profili



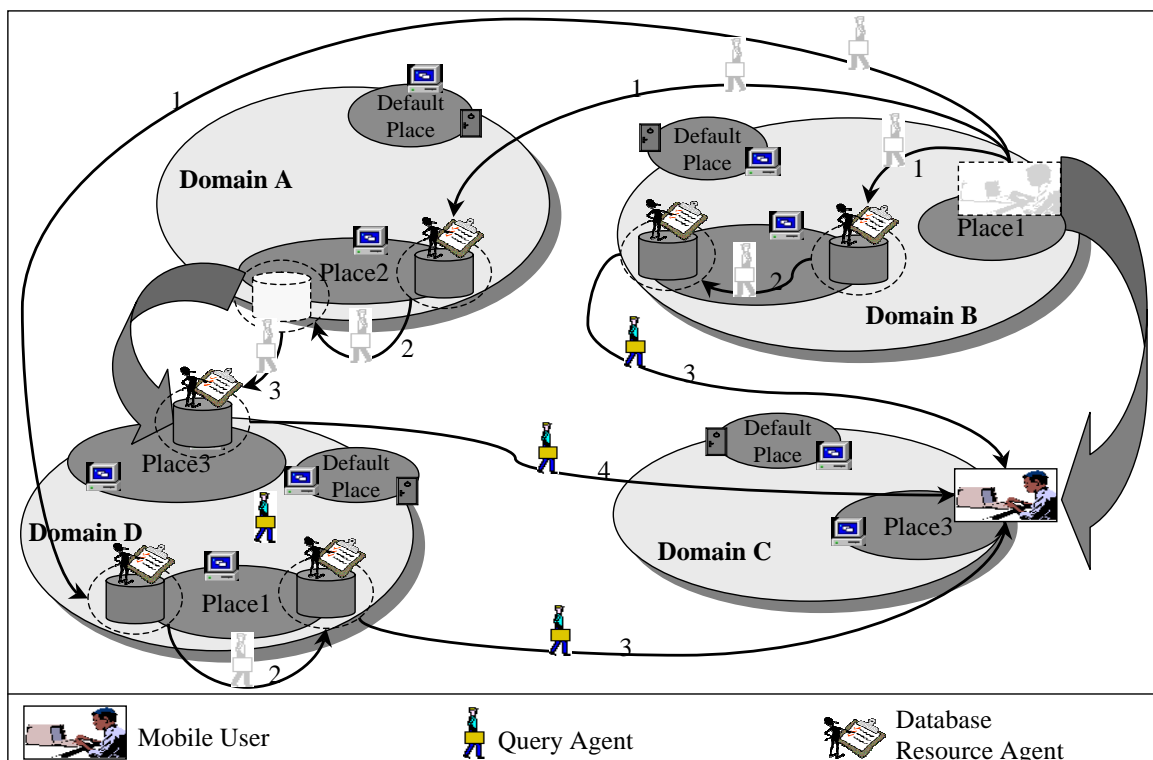
## Java Edition: macchine virtuali, configurazioni, profili



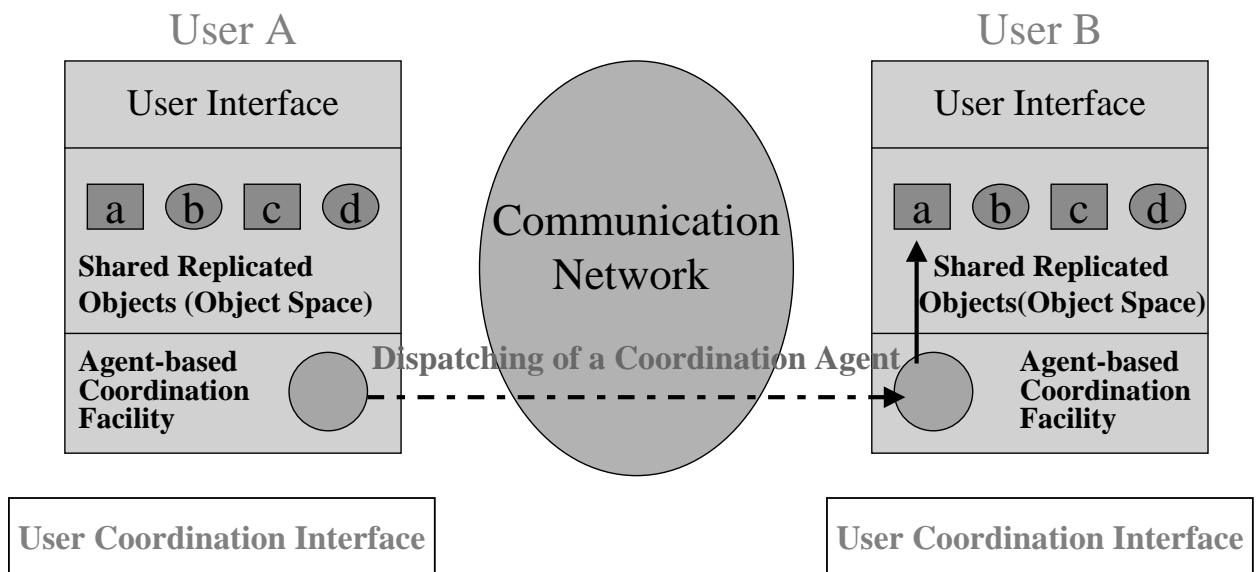
### Esempio su MIDP

- **Modello** di progettazione e sviluppo delle applicazioni
- **Compatibilità** fra dispositivi eterogenei

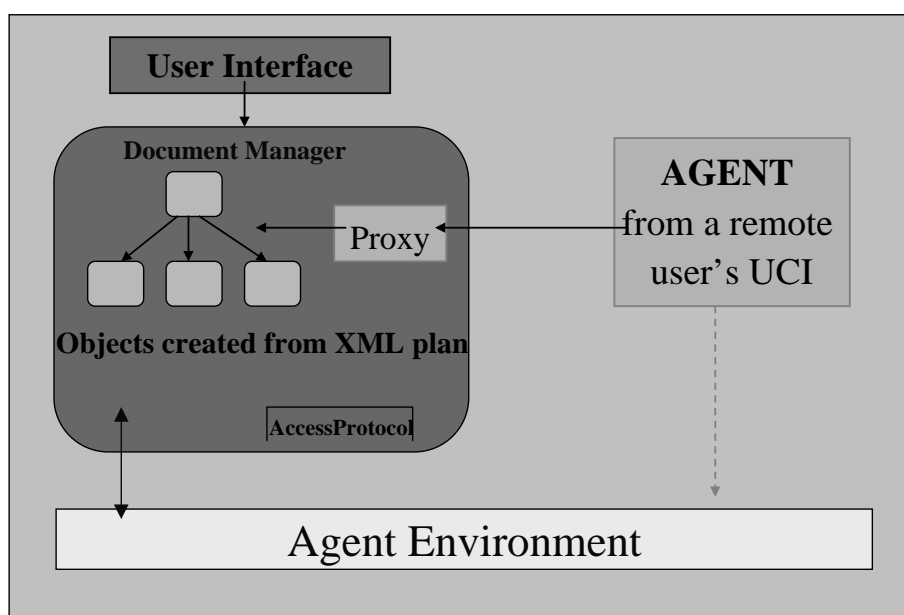
## Servizi Informativi *Context-aware*



## Servizi Collaborativi in Internet: Applicazioni di Workflow (1)



## Servizi Collaborativi in Internet: Applicazioni di Workflow (2)



## Bibliografia (1)

### Paradigma di programmazione e sistemi MA:

- Int. Symp. on Mobile Agents, **MA '98/'01**, 1998 e 2001.
- Int. Symp. on Agent Systems and Applications; Int. Symp. on Mobile Agents, **ASA/MA '99/'00**, IEEE Computer Society, 1999 e 2000.
- G. Vigna, ed., **Mobile Agents and Security**, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1419, Springer-Verlag, 1998.
- A. Fuggetta, G.P. Picco, and G. Vigna, "Understanding Code Mobility", **IEEE Transactions on Software Engineering**, Vol. 24, No. 5, May 1998.
- N. M. Karnik et al., "Design Issues in Mobile-Agent Programming Systems", **IEEE Concurrency**, Vol. 6, No. 3, Sep. 1998.
- Foundation for Intelligent Physical Agents (**FIPA**) – <http://www.fipa.org>
- Object Management Group **MASIF** - <ftp://ftp.omg.org/docs/orbos/97-10-05.pdf>

### Correlati:

- K. Psounis, "Active Networks: Applications, Security, Safety, and Architectures", **IEEE Communications Surveys**, <http://www.comsoc.org/pubs/surveys>, 1999.
- D. Chalmers, M. Sloman, "A Survey of Quality of Service in Mobile Computing Environments", **IEEE Communications Surveys**, <http://www.comsoc.org/pubs/surveys>, 1999.
- J. Bolliger, "A Framework-based Approach to the Devel. Network-aware Applications", **IEEE Transactions on Software Engineering**, Vol. 24, No. 5, May 1998.

## Bibliografia (2)

### ...continua Correlati:

- L. Capra, W. Emmerich, C. Mascolo, "Middleware for Mobile Computing", in fase di pubblicazione **ACM Computing Surveys**.
- G. G. Richard III, "Service Advertisement and Discovery: Enabling Universal Device Cooperation", **IEEE Internet Computing**, Vol. 4, No. 5, Sep.-Oct. 2000.
- C. Perkins (ed.), Special Section on "Autoconfiguration", **IEEE Internet Computing**, Vol. 3, No. 4, July 1999.
- A. Fasbender, F. Reichert, E. Geulen, J. Hjelm and T. Wierlemann, "Any Network, Any Terminal, Anywhere", **IEEE Personal Communications**, Vol. 6, No. 2, Apr. 1999.

### Domini applicativi:

- T. Lewis, "Information Appliances: Gadget Netopia", **IEEE Computer**, Vol. 31, No. 1, Jan. 1998.
- D. Kotz et al., "Agent TCL: Targeting the Needs of Mobile Computers", **IEEE Internet Computing**, Vol. 1, No. 4, July 1997.
- S. Lipperts, "An Agent-based Middleware: a Solution for Terminal and User Mobility", **Computer Networks**, Vol. 31, Sep. 1999.

## Bibliografia (3)

...continua Domini applicativi:

- J. Jing et al., "Client-Server Computing in Mobile Environments", **ACM Computing Surveys**, Vol. 31, No. 2, June 1999.
- P. Bellavista, A. Corradi, C. Stefanelli, "Mobile Agent Middleware for Mobile Computing", **IEEE Computer**, Vol. 34, No. 3, March 2001.
- X. Xipeng and L.M. Ni, "Internet QoS: a Big Picture", **IEEE Network**, Vol. 13, No. 2, Mar. 1999.
- R. Koster and T. Kramp, "Structuring QoS-Supporting Services with Smart Proxies", **IFIP/ACM Int. Conf. Middleware 2000**, Springer-Verlag, Apr. 2000.
- W3 Consortium, Composite Capability/Preference Profiles (CC/PP) Working Group, <http://www.w3.org/Mobile/CCPP/>
- A. T. Campbell, "QoS-aware Middleware for Mobile Multimedia Communications", **Multimedia Tools and Applications**, Vol. 7, No. 1-2, pp. 67-82, 1998.
- T. White et al., "Network Modeling for Management Apps. Using Intelligent Mobile Agents", **Journal of Network and Systems Management**, Vol.7, No.3, Sep. 1999.
- P. Bhagwat et al., "Network Layer Mobility: an Architecture and Survey", **IEEE Personal Communications**, Vol. 3, No. 3, June 1996.
- J.S. Hansen et al., "Dynamic Adaptation of Network Connections in Mobile Envs.", **IEEE Internet Computing**, Vol. 2, No. 1, Jan. 1998.
- A. Fox et al., "Adapting to Network and Client Variation Using Infrastructural Proxies: Lessons and Perspectives", **IEEE Pers. Communications**, Vol. 5, No. 5, Oct. 1998.