

# Infrastrutture software per reti ad-hoc orientate ad ambienti difficili

## 1 Il quadro di riferimento

Si è recentemente imposto all'attenzione della ricerca lo scenario delle "Mobile ad-hoc networks" (MANET), che rappresentano una forma di mobilità che pone requisiti radicali nello scenario di rete e sfide nuove alla ricerca in quanto molte delle classiche assunzioni che si possono fare sui tradizionali sistemi distribuiti decadono in questo nuovo contesto.

Dal punto di vista pratico, le MANET stanno muovendo numerosi interessi industriali, anche se, data la novità della ricerca, la situazione non è ancora chiaramente assestata. Ciò rende attuale e necessaria una proposta integrata, quale quella descritta nel presente documento, che sia centrata su tale forma di mobilità con particolare riferimento a ben precisi contesti applicativi. In particolare si può osservare che le applicazioni "consumer" delle MANET sono quelle abilitate dallo standard "IEEE802.11". Si tratta pertanto di reti che consentono la formazione di "impromptu meetings" (si pensi, ad esempio, allo scenario collaborativo di un gruppo di individui che si trovano in una località remota e devono stabilire una forma temporanea di interconnessione di rete).

Le MANET sembrano particolarmente interessanti per permettere un'elaborazione distribuita in contesti difficili o addirittura ostili in cui non è possibile (per ragioni economiche o pratiche) avere un'infrastruttura di comunicazione fissa. Un esempio classico è ovviamente quello delle applicazioni militari. In ambiente civile, invece, si pensi a un utilizzo nell'ambito delle operazioni della protezione civile, in particolare nelle situazioni di emergenza e di "disaster recovery".

Per queste tipologie di applicazioni si pone in modo naturale il problema di interconnessione della (o delle) reti MANET con la rete fissa, mediante collegamenti che potranno avvenire attraverso satelliti o mediante collegamento cellulare (per esempio, UMTS). Attraverso il sistema GPS sarà inoltre possibile la cooperazione distribuita, attraverso la localizzazione nello spazio dei dispositivi.

Questo scenario presenta molteplici sfide per la ricerca. Dal punto di vista dei protocolli di rete, la mancanza di nodi fissi determina la necessità di ripensare in maniera radicale l'implementazione delle funzionalità di base (per esempio, le politiche di instradamento dei messaggi) che, a differenza dello scenario tradizionale, coinvolgono anche i nodi terminali. Va inoltre considerato che i nodi, a differenza dei consueti personal computer, potrebbero essere costituiti da palmari o telefoni delle nuove generazioni, e cioè da dispositivi con risorse limitate, per i quali diventa essenziale controllare e ridurre il consumo di energia. Nonostante alcune proposte stiano emergendo, non esistono ancora

degli standard che ridefiniscano la pila di protocolli per le MANET e per la connessione con le reti fisse attraverso collegamenti satellitari.

L'esigenza di avvio di nuove ricerche è evidente anche al livello dello sviluppo delle applicazioni. Risulta infatti evidente che le applicazioni per questa classe di sistemi non possono essere progettate secondo paradigmi architetturali convenzionali, quali lo schema "client-server", dove il server costituisce (anche solo da un punto di vista logico) una stazione di erogazione di servizi permanentemente disponibile. Al contrario, si rendono necessarie architetture che siano intrinsecamente "peer-to-peer". Perchè questi tipi di "astrazioni architetturali" siano possibili a chi sviluppa applicazioni, è necessario disporre di un opportuno "middleware" per MANET. Le proposte esistenti in quest'ambito sono alquanto limitate e sono orientate o ad ambiti applicativi specifici. Mancano proposte che definiscano un insieme ragionevole di primitive per gestire applicazioni eseguite da nodi che comunicano (secondo uno stile "peer-to-peer") attraverso un'infrastruttura di comunicazione che cambia a seconda del movimento dei nodi, in maniera relativamente incontrollata (cioè senza l'assunzione che l'utente debba "annunciare" la propria sconnessione). Un altro aspetto rilevante dello scenario in questione riguarda la conoscenza che i nodi hanno del contesto nel quale operano, che varia in maniera molto dinamica e che rende necessarie funzionalità di "discovery" di servizi e di "binding" adattativo tra applicazioni e servizi.

## **2 Obiettivo del progetto**

Nell'ambito del quadro applicativo qui sopra brevemente delineato, ci si propone di realizzare un'infrastruttura per reti MANET e per la loro interconnessione mediante collegamenti satellitari. L'infrastruttura verrà utilizzata per realizzare un prototipo di applicazione per la gestione di emergenze ambientali nell'ambito della protezione civile. Il settore applicativo presenta un contesto in cui l'infrastruttura di comunicazione fluida e riconfigurabile fornita dalle MANET diventa insostituibile, o comunque offre vantaggi notevoli rispetto ad altre soluzioni tecnologiche.

Il progetto intende sviluppare soluzioni innovative ad ogni livello del sistema. Innanzitutto, a livello applicativo, mostrando nei contesti scelti per i dimostratori le potenzialità offerte dalle MANET. A livello dell'architettura software, nella messa a punto di soluzioni avanzate per il middleware e di metodologie di progettazione del software per supportare pienamente le architetture peer-to-peer. È ipotizzabile che le soluzioni che verranno sviluppate per il contesto particolare delle MANET possa trovare impiego in casi più generali e anche per reti tradizionali. Le architetture peer-to-peer si stanno, infatti, affermando come soluzioni architetturali innovative per applicazioni distribuite e altamente riconfigurabili. Infine, a livello dello strato di supporto alla comunicazione, si affronteranno le problematiche di routing dei messaggi su MANET.

## **2.1 Metodologia e strumenti di sviluppo**

Il progetto proposto è organizzato in maniera che gli aspetti di cui sopra vengano trattati in maniera coerente, ma anche con attenzione a una strategia di sviluppo della ricerca del tipo “concurrent engineering”, al fine di evitare che lo sviluppo applicativo debba essere fatto a valle dello sviluppo dell’architettura, a sua volta a valle dello sviluppo degli aspetti di comunicazione. Il progetto intende adottare tecnologie di base (linguaggi, sistemi operativi, ecc.) esistenti, di larga diffusione e ove possibile rispondenti a standard aperti e di dominio pubblico. In particolare, verrà utilizzato Java come linguaggio di programmazione e si considererà la scelta di sistemi operativi quali Epoc o Pocket Linux per sistemi embedded; per le funzionalità di “discovery” si potrà valutare Jini, o un suo adattamento all’ambito delle MANET. Lo studio di nuovi linguaggi o di metodologie di tipo nuovo è lasciato alle azioni di supporto che si collegano al presente progetto.

Poichè il progetto intende sviluppare un’infrastruttura software e un prototipo di applicazione aperti, largamente usabili all’interno della comunità scientifica, verrà posta particolare cura nell’organizzazione e gestione del database di progetto. All’atto della partenza del progetto, verranno inoltre definite le modalità di distribuzione e le licenze, che saranno essenzialmente di tipo *freeware*.

## **3 Articolazione del progetto in workpackage**

Per la realizzazione del progetto si prevede una articolazione nei seguenti workpackage (WP):

WP1: Architettura hardware e software

WP2: Applicazioni

WP3: Algoritmi

WP4: Middleware

WP5: Protocolli per rete MANET

WP6: Protocolli per interconnessione rete MANET/rete fissa

WP7: Gestione e coordinamento

Le prossime sezioni dettagliano obiettivi e partecipanti dei diversi workpackage.

### **3.1 WP1: Architettura hardware e software**

#### **Responsabile**

DISI-GE

#### **Obiettivi e descrizione**

Obiettivo principale di questo workpackage è di agire trasversalmente rispetto agli altri workpackage al fine di definire gli ambiti entro in quali essi si devono

muovere e di garantire coerenza a livello complessivo, compatibilità, e integrabilità, dei diversi prototipi realizzati. A tale scopo, il workpackage ha anche l'obiettivo di definire l'architettura "verticale" del sistema da realizzare, a partire dal livello hardware fino al livello applicativo.

Le reti ad hoc mobili sono particolarmente indicate in situazioni di emergenza territoriale - ad esempio a seguito di terremoti, alluvioni, o incendi - nelle quali gruppi "di soccorso" devono poter coordinare la loro attività e scambiarsi informazioni in totale assenza di infrastrutture di rete fissa o, comunque, senza potersi ragionevolmente affidare ad essa.

I problemi più importanti in questo tipo di rete sono:

- La determinazione del routing, visto che la mobilità dei componenti può causare cambiamenti nella topologia di connessione.
- La gestione di periodi, più o meno lunghi, di disconnessioni senza preavviso. Infatti, per non perdere la connessione e' inoltre necessario rimanere nel raggio trasmissivo di almeno un altro componente del gruppo. D'altronde, la presenza di alberi, edifici e altri rilievi può impedire del tutto la comunicazione, mentre l'ingresso in edifici o in anfratti può limitarla o sospenderla.
- La limitata disponibilità energetica delle unità mobili, su cui incide molto il tempo e il tipo di comunicazione.

Verranno considerati i seguenti scenari operativi:

Scenario A: Solo rete ad hoc senza altre comunicazioni verso l'esterno. Possibili applicazioni: data base per mantenere dati (territoriali ed altro) relativi all'emergenza specifica distribuito su tutte le unità, eventualmente replicato, comunicazione fra componenti del gruppo. Il raggio d'azione può essere piuttosto limitato a causa del raggio di copertura e di eventuali ostacoli.

Scenario B: Solo rete ad hoc. Maggiore copertura ottenuta con l'istallazione di ripetitori, possibilmente su rilievi, che comunicano wireless. Possono essere attrezzati con batterie di lunga durata o pannelli solari.

Scenario C: E' comunque necessario considerare la possibilità di avere a disposizione un accesso a rete fissa, tramite collegamento con satelliti geostazionari a bassa quota, collegamento cellulare (GSM, GPRS, UMTS). Questa possibilità può essere sfruttata per due finalità: (a) per avere un collegamento verso l'esterno, (b) per mantenere i collegamenti interni al gruppo in modo trasparente, evitando la disconnessione. Il middleware dovrà scegliere, volta per volta, il media più indicato considerando l'energia necessaria e le varie possibilità di trasmissione.

Scenario D: Non si possono escludere anche utilizzi in cui sia necessario installare una rete wireless ad hoc comprendente anche unità non mobili. Esempi di applicazione sono l'istallazione di un centro coordinatore sul luogo del disastro (ad es. un furgone con generatore ed apparecchiature varie), il monitoring automatico e continuo per situazioni di instabilità (frane, incendi ecc.).

## **Architettura Hardware**

Considerando gli scenari precedenti, la architettura hardware che si intende identificare potrà essere composta da:

- Unità mobili utilizzabili: notebook o portatili con buone capacità di memoria e input da tastiera, palmari ed handheld con input touch screen e limitate capacità di memoria.
- Comunicazioni interne alla rete ad hoc effettuate secondo lo standard IEEE 802.11, usando radio con frequenza di 2.4 GHz, tecnologia Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS), con raggio di trasmissione fino a 2 Km. e velocità fino a 11Mbps. Il sistema operativo previsto è PocketLinux
- Accessori: data la tipologia di applicazione, saranno previsti accessori quali: schede di comunicazione GSM o altro, GPS, webcam per le unità mobili, ed eventuali ripetitori.

## **Architettura Software**

Al di sopra della architettura hardware identificata, si intende definire una architettura software a livelli, secondo le seguenti linee guida:

- livelli di rete e di trasporto: a questi livelli, si valuta di dover integrare efficienti funzionalità di routing tra i nodi delle rete da hoc e di definire modalità di comunicazione dotati di proprietà di affidabilità e tolleranza ai guasti (p.e., disconnessioni o cali di energia) ed efficienti in termini di consumo energetico.
- livello di middleware: si intendono analizzare le principali funzionalità infrastrutturali che dovranno essere fornite a livello applicativo (p.e., gestione dei nomi, gestione degli eventi, qualità di servizio), con una particolare attenzione anche alle proprietà di riconfigurazione dinamica, che possano permettere la gestione e la definizione a livello applicativo di politiche e servizi.
- livello applicativo: si intendono analizzare le possibili architetture software di livello applicativo che possano facilitare lo sviluppo e la gestione di applicazioni sviluppate per reti ad hoc. Particolarmente promettenti sembrano le architetture peer-to-peer, che non facendo affidamento ad alcun punto di centralizzazione, sembrano adattarsi naturalmente allo scenario delle reti ad hoc. Tuttavia, non si intende precludere lo studio di modelli architetture diversi, quali quelli basati su spazi condivisi di coordinazione.

Infine, si ritiene importante valutare se e in che misura la architettura software definita possa trovare utile applicazione in ambiti diversi, e in particolare in ambito di rete fisse (i.e., Internet).

## **Strutturazione in task**

WP1T1 Definizione dell'architettura hardware della rete ad-hoc che sarà utilizzata nel progetto, in grado di fornire il supporto necessario per ciascun scenario

WP1T2. Individuazione delle caratteristiche salienti dell'architettura software. In particolare:

- individuazione delle funzionalità fornite dai livelli di rete e di trasporto;
- identificazione di modelli middleware di riferimento e dei relativi servizi;
- analisi e identificazione delle architetture software a livello applicativo

WP1T3 Analisi dell'architettura software e applicativa definite in relazione al loro impatto anche relativamente a scenari di tipo diverso, in particolare nell'ambito di reti di tipo fisso

WP1T4 Attività di coordinamento a livello progettuale tra i vari workpackage al fine di controllare la coerenza degli approcci seguiti nella realizzazione dei vari prototipi.

### **Deliverable**

Il lavoro si svilupperà in 4 fasi:

- Analisi scenari e definizione dell'architettura hardware - Rapporto a 3 mesi dall'inizio del Progetto.
- Definizione della architettura software - Rapporto a 6 mesi dall'inizio del progetto.
- Verifica delle architetture hardware e software e della compatibilità con essa dei prototipi realizzati nell'ambito dei diversi workpackage, eventuali aggiornamenti resi necessari da innovazioni tecnologiche e/o da problemi specifici identificati nell'ambito di altri workpackage - Secondo anno.
- Aggiornamento per il secondo prototipo, analisi dell'impatto dell'architettura definita in ambito di rete fissa, rapporto finale - Terzo anno.

### **Gruppi coinvolti**

Tutti, con specifiche responsabilità di coordinamento assegnate a Milano (Polimi), Modena, Genova (DISI).

## **3.2 WP2: Applicazioni**

### **Responsabile**

DIST-GE

### **Obiettivi e descrizione**

Studio e sviluppo di modelli per il supporto alle decisioni (centralizzati e distribuiti) e strategie di cooperazione per il coordinamento di agenti eterogenei (operatori umani, agenti software di monitoraggio, ecc.) per la gestione delle emergenze dovute a catastrofi naturali.

L'obiettivo principale è quello di definire un case-study (denominato nel seguito *prototipo applicativo*) per il test e la validazione della architettura protocollare stratificata individuata dal *WP Architetture* e dal *WP Algoritmi* e realizzata principalmente nel *WP Middleware* e nel *WP Protocolli MANET*. Inoltre si dovranno definire servizi e strumenti di supporto all'applicazione che non rientrano nelle problematiche di servizi general-purpose, definiti dal *WP Middleware*, ma sono intrinsecamente application-oriented.

Tali servizi e strumenti richiedono l'utilizzo di tecniche che possano garantire un comportamento complessivo dell'applicazione che possieda requisiti di adattività e qualità, intesa come capacità di continuare il servizio con la migliore QoS ottenibile, sfruttando le risorse correntemente disponibili e mantenendo anche una infrastruttura di controllo e gestione per superare colli di bottiglia e discontinuità delle risorse di supporto all'esecuzione, in termini di diminuzione di banda, di congestione e *crash* temporanei e/o permanenti (ove queste condizioni non siano nascoste dal livello di middleware).

Tali problematiche verranno affrontate facendo riferimento a metodologie di intelligenza artificiale, di basi di dati e di sistemi distribuiti, per risolvere problemi quali l'allocazione ottima delle risorse in caso di informazioni incerte, incomplete ed eterogenee, pianificazione centralizzata e distribuita ecc. Infatti, anche se le recenti tecnologie legate alle reti fisse e mobili, al middleware ed all'integrazione dati forniscono una base consolidata per l'infrastruttura tecnologica, è necessario concepire tecniche e strumenti per affrontare e gestire in maniera affidabile problematiche legate al lavoro nella duplice modalità connesso/disconnesso, eventualmente accettando soluzioni sub-ottime ogni qual volta si abbia informazione incompleta e/o incerta. In tale contesto, assume particolare importanza:

1. Lo studio di protocolli di comunicazione di alto livello per consentire ad agenti eterogenei (operatori umani e agenti software di controllo, di supporto alle decisioni, di monitoraggio, di interfaccia, ecc.) di comunicare in modo da poter applicare tecniche di intelligenza artificiale come supporto per il coordinamento delle azioni. L'eterogeneità degli agenti si evidenzia in numerosi aspetti, tra cui:
  - Tipo di dati trasmessi (metrici, video, simbolici).
  - Frequenza di trasmissione e richiesta di tempi di risposta necessari.
  - Grado di autonomia delle decisioni degli agenti.
  - Grado di affidabilità dei dati e della comunicazioni.
  - Differenti livelli di presentazione dell'informazione, conseguenti sia ai vincoli imposti dal supporto hardware e dall'interfaccia utente (notebook o portatili con monitor ad alta risoluzione, buone capacità di memoria e input da tastiera, palmari ed handheld con input touch screen e limitate capacità di memoria, ecc.) sia alle esplicite richieste da parte dell'operatore (a seconda delle condizioni di intervento, l'operatore ha bisogno di informazioni molto dettagliate oppure molto sintetiche, comunque sempre consistenti fra loro). Tali problematiche suggeriscono l'utilizzo e l'adattamento delle tecniche utilizzate per i dati multimediali:

tecniche di accesso ottimali, protezioni da attenuazioni del segnale, trasmissioni a qualità garantita, e gestione dei vincoli temporali.

2. Lo studio di servizi application-oriented di riconciliazione dati dovuti a aggiornamenti di basi di dati replicate e/o partizionate che risiedono su nodi mobili distinti e che devono erogare servizi ai client mobili anche in caso di disconnessione temporanea tra i server.

I punti precedenti mettono in evidenza una forte interazione con il WP Middleware per concordare quali servizi (comunicazione, naming, localizzazione) di tipo general-purpose il middleware dovrà mettere a disposizione allo strato applicativo in modo da rendere più semplice il design e l'implementazione del prototipo applicativo e dei suoi strumenti di supporto

### **Strutturazione in task**

**WP2T1 Case Study:** Definizione di un case-study che permetta di analizzare e confrontare diverse tecniche e metodologie.

In particolare verrà presa in esame la fase operativa di intervento nel corso di una catastrofe naturale (per esempio un terremoto), affrontando nello specifico problematiche quali il trade-off tra il costo acquisizione informazione e il costo del mancato intervento (definizione di percorsi per le squadre di intervento che permettano di massimizzare l'efficacia dell'intervento in presenza di risorse limitate). In tale scenario di riferimento vengono affrontati i problemi di coordinamento tra due processi decisionali, uno locale (le decisioni che la singola squadra operativa prende in conseguenza dell'informazione locale) e uno globale e centralizzato (le decisioni che vengono prese da un decisore centrale in conseguenza delle informazioni locali fornite dalle singole squadre operative).

**WP2T2 Strumenti:** Studio e sviluppo di strumenti (centralizzati e distribuiti) orientati all'applicazione per:

- Il supporto alle decisioni e di strategie di cooperazione per il coordinamento di agenti eterogenei.
- Il supporto per il lavoro in modalità non connessa

**WP2T3 Integrazione:** Integrazione degli strumenti definiti al task 2 nella rete MANET, realizzazione di un dimostratore e sua validazione.

### **Deliverable**

Il lavoro si sviluppa su tre fasi

- Definizione di un case study (task 1; M0-M6).
- Sviluppo di strumenti (task 2; M7-M24).
- Integrazione e realizzazione di un prototipo dimostrativo. (task 3; M25-M36).

## **Gruppi coinvolti**

BO-FE, DISI-GE, DIST-GE, ME, MO, RM.

## **3.3 WP3: Algoritmi**

### **Responsabile**

RM

### **Obiettivi e descrizione**

Questo WP ha come scopo lo studio e la specifica di algoritmi efficienti e con alto grado di innovazione, rispetto alle proposte presenti in letteratura, per gli stati di rete e trasporto, per l'architettura specificata nella prima fase del WP-architettura. Queste soluzioni algoritmiche diventeranno gli input per diversi WP, in particolare WP5 e WP6. Tali WP provvederanno al progetto finale, implementazione e testing degli algoritmi sviluppati ed ideati all'interno del presente WP fornendo così un riscontro di fattibilità che permetterà modifiche successive alle specifiche in una seconda fase di attuazione del WP-algoritmi stesso. Inoltre verranno studiati alcuni algoritmi fondamentali legati ai sistemi distribuiti che formeranno una base di conoscenza che potrà essere utilizzata da WP4, e WP2 per la definizione e specifica di servizi di uso generale e application-oriented.

Il WP algoritmi rappresenta quindi un punto d'incontro per i diversi gruppi coinvolti nei vari WP operativi per la discussione e la formulazione di una visione integrata e d'insieme di tali soluzioni innovative. In tale contesto, il presente WP deve recepire le tecnologie base di progetto individuate nel WP1 e studiare soluzioni innovative di tipo algoritmico per migliorare le prestazioni dei vari strati protocollari nell'ambiente MANET caratterizzato da basso consumo di energia, connettività limitata e partizionamenti come normale regola di funzionamento e non come eccezione.

Infine il WP dovrà valutare come le diverse tecnologie oggi disponibili a buon mercato, quali ricevitori satellitari GPS ed altre, possano definire nuovi modelli computazionali che giochino un ruolo rilevante nella realizzazione di algoritmi innovativi "location- and time-aware" con l'obiettivo di ottimizzare fattori critici come il consumo di energia locale al nodo mobile e della MANET in generale.

### **Strutturazione in task**

**WP3T1 Internetworking:** Studio e specifica di algoritmi per l'instradamento e la frammentazione location-aware con l'obiettivo di ridurre al minimo l'energia dissipata per istradare il singolo pacchetto. Lo studio dovrà tener conto della possibilità di partizionamenti dinamici.

**WP3T2 Protocolli end-to-end:** Studio e specifica di algoritmi per il trasferimento dati process-to-process location-aware. Questi algoritmi devono prevedere tutti i meccanismi di supporto a tale trasferimento

(es. finestre scorrevoli, eventuale sistema controllo di congestione ecc.) e tali meccanismi devono essere flessibili ai partizionamenti..

**WP3T3 Algoritmi distribuiti e discipline di comunicazione:** Studio e specifica di algoritmi distribuiti fondamentali, su MANET come ordinamento di eventi, allocazione di risorse, replicazione attiva e passiva, stabilità, criteri di consistenza di oggetti replicati, transazioni e controllo di concorrenza. Studio di protocolli per l'implementazione di discipline di comunicazione uno-a-molti (group multicast) e molti-a-molti (publish/subscribe) con diverse garanzie sulla qualità del servizio. Il modello computazionale utilizzato include un servizio di posizionamento e un valore di clock comune nel sistema.

**WP3T4 Coordinamento:** Attività di coordinamento tra i workpackage WP4, WP5 e WP6 al fine di controllare la coerenza delle soluzioni innovative proposte e la loro effettiva integrabilità

#### **Deliverables**

- Algoritmi su MANET (Draft issue) M5 dal WP kickoff
- Algoritmi su MANET (revised issue) M10 dal WP kickoff
- Algoritmi su MANET (Final issue) M28 dal WP kickoff

#### **Gruppi coinvolti**

Tutti.

### **3.4 WP4: Middleware**

#### **Responsabile**

DEIS-BO

#### **Obiettivi e descrizione**

Questo WP si incarica della specifica e del progetto del middleware per il supporto alle applicazioni in ambienti MANET, caratterizzati da interconnessioni discontinue e con banda limitata di comunicazione e da utenti mobili con accesso da terminali eterogenei. Tali proprietà richiedono la definizione e il progetto di infrastrutture innovative capaci di fornire sia i servizi usualmente disponibili in reti fisse sia quelli più specificatamente adatti ai tipici scenari applicativi MANET. Per esempio, il middleware deve permettere di raggiungere entità in continuo movimento e consentire di adattare la qualità dei servizi alle richieste dell'utente e alla disponibilità delle risorse. I servizi, inoltre, devono tenere conto delle diverse architetture di rete e dei protocolli considerati nell'ambito del progetto.

Questo WP deriva la specifica dei servizi dalle esigenze identificate nel WP2, mediandone i requisiti con gli scenari prospettati dai WP1 e con il progetto dei protocolli di WP5 e WP6. Inoltre, i diversi servizi sviluppati potranno fare uso dei risultati ottenuti nel WP3.

## **Strutturazione in task**

Il lavoro del WP si articola in alcuni task fondamentali: il primo con l'obiettivo del progetto della infrastruttura, gli altri che si concentrano rispettivamente sui servizi di base e sui servizi avanzati.

**WP4T1 Organizzazione e Progetto del Middleware:** Questo task ha l'obiettivo principale di specificare il modello di middleware di riferimento, che preveda una organizzazione in molteplici centri di servizio e consenta la visibilità della allocazione delle risorse, anche per superare eventi di partizionamento e di congestione. Inoltre, si intende esplorare le tecnologie di supporto che privilegino standard e open source, per garantire interoperabilità e apertura

**WP4T2 Servizi di Base:** Il task si occupa del progetto e della realizzazione dei servizi di base, essenziali per l'operatività in ambienti MANET. In particolare, i servizi di comunicazione devono garantire la consegna dei messaggi anche in caso di mobilità, usando sistemi di nomi opportuni capaci di interagire con servizi standard di directory e discovery. Inoltre, questo task prevede tra i servizi di base anche servizi di monitoraggio e di gestione delle risorse

**WP4T3 Servizi Avanzati:** Questo task si propone la implementazione dei servizi avanzati per garantire proprietà come qualità di servizio, sicurezza, affidabilità. Il progetto di tali servizi deve tenere in conto l'estrema mobilità e i vincoli di eterogeneità e di scarsità delle risorse tipica di scenari MANET. I servizi avanzati devono potere utilizzare quelli di base e devono fornire soluzioni adattabili ai requisiti applicativi

## **Deliverable**

Il lavoro si sviluppa su tre fasi:

- la prima fase arriva al progetto del middleware di riferimento (Task 1) a M12 dall'inizio;
- la seconda prevede la sperimentazione di alcuni servizi di Base (Task 2) e avanzati (Task 3) e la validazione di alcune tecnologie scelte (M18 dall'inizio);
- la terza fase prevede il consolidamento del progetto attraverso le retroazioni con gli altri WP e lo sviluppo dei nuovi servizi identificati durante le fasi precedenti del progetto (fino a M36 dall'inizio).

## **Gruppi coinvolti**

BO-FE, CT, DISI-GE, DIST-GE, ME, MO, POLIMI, RM

## **3.5 WP5: Protocolli per rete MANET**

### **Responsabile**

CNUCE2 /C.N.R. di Pisa

## **Obiettivi e descrizione**

Questo WP fornisce la definizione, la specifica e la realizzazione dei protocolli per gli strati di rete e di trasporto della MANET che sarà sviluppata dal progetto.

Le MANET sono reti wireless multi-hop in cui non esiste una infrastruttura fissa ed i terminali della rete svolgono le operazioni di instradamento. In particolare nell'ambito del workpackage considereremo reti MANET con un numero limitato di hop ed in grado di connettere dispositivi wireless in un raggio di alcuni chilometri. Questo workpackage studierà protocolli di routing e servizi di comunicazione end-to-end. Questi protocolli verranno implementati e sperimentati utilizzando come tecnologia di sottorete prodotti conformi allo standard IEEE802.11.

Si prospettano due scenari di intervento, il primo (a breve termine) che ha come obiettivo la costruzione di una MANET con soluzioni semplificate di routing e di trasporto. Questo primo prototipo sarà usato per iniziare la sperimentazione di servizi di middleware e di prototipi applicativi a partire dalla metà del progetto (mese 18). Il secondo scenario di intervento ha l'obiettivo di fornire sei mesi prima della conclusione del progetto una realizzazione di protocolli di routing e di trasporto che consideriamo ottimale per la tipologia di MANET scelta dal progetto. La scelta della soluzione di routing più appropriata richiede un confronto tra le diverse tecniche proposte per il routing in reti ad-hoc quali ad esempio: proactive, reactive, flooding, GPSbased.

A livello di trasporto devono essere confrontate soluzioni di tipo TCP indiretto (in cui la componente ad-hoc utilizza un protocollo di trasporto modificato/ottimizzato) con soluzioni conformi con le raccomandazioni IETF per il TCP e lo UDP.

Sia nell'ambito dei protocolli di routing che in quello dei protocolli di trasporto saranno analizzati gli aspetti di consumo energetico in modo da individuare una soluzione a minor consumo.

Le attività previste in questo workpackage sono correlate con le attività previste in WP1 e WP3, dovranno essere quindi previste delle attività congiunte.

### **Strutturazione in Task:**

#### **WP5T1 Sperimentazione di una MANET single hop IEEE802.11:**

Questo task ha il compito di valutare le caratteristiche di una MANET single-hop costruita utilizzando protocolli TCP/IP su schede di rete IEEE 802.11 commercialmente disponibili. Saranno utilizzati come terminali di utente sia palmari che computer portatili.

#### **WP5T2 Definizione e realizzazione di una rete MANET semplificata:**

Questo task ha il compito di definire ed implementare una MANET multi-hop semplificata. Il termine semplificato indica che sarà data priorità alla semplicità della realizzazione rispetto all'ottimalità delle soluzioni protocollari adottate. Lo scopo principale di questo task è la realizzazione in termini relativamente veloci di una MANET IEEE 802.11 multi-hop.

- WP5T3 Analisi comparativa di algoritmi di routing:** Questo task è complementare al precedente: il suo obiettivo è l'identificazione di algoritmi di routing ottimali per una MANET IEEE 802.11 multi-hop. A tal fine saranno analizzate le prestazioni ed i costi computazionali e trasmissivi di algoritmi di routing proposti in letteratura per ambienti MANET. Il risultato principale di questo task sarà l'identificazione di algoritmi di routing idonei per l'ambiente oggetto del progetto.
- WP5T4 Protocolli end-to-end:** Questo task ha il compito studiare e confrontare le soluzioni per protocolli end-to-end (trasporto). In particolare prevediamo di confrontare l'approccio TCP classico con approcci di TCP indiretto. L'obiettivo del task è l'identificazione del paradigma di comunicazione che ottimizza le limitate risorse della MANET (banda, energia, affidabilità, ecc.)
- WP5T5 Definizione e realizzazione della MANET:** Questo task ha il compito di implementare sia il protocollo di routing sia il protocollo di trasporto della MANET. Questo task utilizza come input i risultati dei task 3 e 4.
- WP5T6 Sperimentazione della MANET:** Questo task ha il compito di effettuare una valutazione sperimentale del prototipo di MANET realizzata dal progetto. In questo workpackage ci concentreremo su misure prestazionali della qualità del servizio offerta dalla MANET ai protocolli di middleware.

#### **Deliverable**

E' previsto almeno un deliverable per ogni task.

#### **Gruppi coinvolti**

CNUCE2 (100% del tempo uomo totale CNUCE2), CNIT(30% del tempo uomo totale CNIT)

### **3.6 WP6: Protocolli per interconnessione rete MANET/rete fissa**

#### **Responsabile**

CNUCE1/C.N.R. di Pisa

#### **Obiettivi e descrizione**

Obiettivo di questo working package è l'interconnessione di una o più reti MANET con la rete fissa tramite collegamento satellitare. L'obiettivo è di tipo realizzativo, avendo a disposizione gli enti coinvolti sia reti di tipo MANET che stazioni satellitari.

Il protocollo di interconnessione sarà reso il più possibile indipendente dall'hardware usato, e la sua realizzazione implementativa cercherà di isolare quanto più possibile le parti dipendenti dall'hardware utilizzato, avendo come scopo la massima trasportabilità del software.

Le MANET (mobile ad-hoc networks) sono generalmente intese come piccole reti, con raggio di azione dell'ordine da pochi metri ad alcuni Km, utilizzate per connettere dispositivi wireless. In questi tipi di rete manca il concetto tradizionale di "nodo fisso", bensì i nodi sono spesso costituiti da dispositivi mobili tipo telefoni cellulari, palmari, etc. In molti scenari applicativi la rete ad hoc deve però potersi integrare con una rete fissa. In situazioni di emergenza e di "disaster recovery" la rete fissa può non essere raggiungibile via linea terrestre. Il satellite costituisce quindi l'unica possibilità di interconnessione tra la rete MANET e la rete fissa.

Si prospettano due scenari di intervento, il primo realizzativo, il secondo da studiare con simulazione ma sulla cui realizzazione è, al momento, impossibile decidere.

### **Primo scenario: utilizzo del satellite geostazionario Italsat**

Saranno studiati gli aspetti legati all'interconnessione della rete MANET con la stazione di terra che permetterà l'accesso alla rete fissa via collegamento satellitare geostazionario. L'infrastruttura di base della rete MANET considerata dal progetto è quella IEEE 802.11 standard, di cui sia il CNUCE di Pisa che il CNIT, nelle sedi di Pisa e di Genova, sono dotati. Quest'ultime sedi CNIT sono dotate anche delle apparecchiature per le stazioni di terra della rete satellitare geostazionaria. Si tratta di apparecchiature Nortel Dasa capaci di trasmettere in banda Ka fino ad una bit rate di 2 Mbps e di antenne Antech con apertura di 180 cm. Le stazioni Nortel Dasa sono dotate di due ingressi da rete terrestre: un ingresso Ethernet ed un ingresso seriale RS449 per interfaccia logica frame relay. Almeno un elemento della rete MANET deve poter essere collegato in modo wireless con la stazione di terra. Il collegamento più realistico appare, al momento, attraverso un PC con interfaccia wireless verso la rete MANET ed un breve collegamento ETHERNET con la stazione Nortel Dasa. Quest'ultima, tramite collegamento su link satellitare, comunicherà con l'altra stazione di terra da cui è poi possibile accedere alla rete fissa. Il PC in questione è quindi da considerarsi come parte integrante della stazione di terra la quale, a sua volta, risulta integrata fisicamente nella rete MANET. Su tale PC deve essere sviluppato un software di interfaccia tra la rete MANET stessa e la rete satellitare in modo da trasmettere dati garantiti da/verso la rete MANET. Il PC di collegamento potrebbe svolgere funzioni di routing o, eventualmente, anche terminare le connessioni TCP dai due lati, qualora si decidesse di realizzare funzionalità di TCP proxy.

Questo WP mira primariamente a realizzare e sperimentare su campo tale interconnessione utilizzando sia l'hardware della rete MANET che quello della rete satellitare già presente nelle sedi dei partecipanti, ed utilizzando il satellite geostazionario ITALSAT.

### **Secondo scenario: utilizzo di satelliti di costellazioni LEO**

In parallelo al primo scenario sarebbe interessante anche studiare l'interconnessione della rete MANET con la rete fissa tramite una costellazione di satelliti LEO (low earth orbit) che sostituirebbe il satellite geostazionario. Per realizzare questo secondo scenario occorre che la rete MANET sia collegata in modo wireless con una stazione di terra di tipo

ORBCOMM fornita, eventualmente, da Telespazio. Ancora una volta, tale collegamento sarebbe realizzabile tramite PC con funzionalità descritte già nel primo scenario. La costellazione di satelliti LEO operativa utilizzabile sarebbe proprio la costellazione ORBCOMM, unica rete attualmente realizzata con satelliti di tipo LEO. Il sistema ORBCOMM opera in banda VHF con terminali di dimensioni di poco superiori ai cellulari GSM.

In questo secondo scenario, utilizzabile in tutti quei contesti dove neppure un'antenna a paraboloide trasportabile può essere impiegata (ad es. navigazione), il ritardo nel ricevere/trasmettere dati da/verso la costellazione satellitare può avere implicazioni non trascurabili rispetto alla comunicazione con il satellite geostazionario. Il satellite LEO infatti non solo non è sempre in visibilità dell'utente, ma la durata della sua visibilità è poi limitata a poche decine di minuti. Per questo secondo scenario deve essere investigata la disponibilità di Telespazio a collaborare fornendo la stazione di terra ORBCOMM.

### **Strutturazione in task**

WP6T1 Interconnessione della rete MANET con la rete fissa tramite collegamento con satellite geostazionario Italsat. Il task si articola nei seguenti sotto-obiettivi:

- Integrazione fisica della stazione di terra Nortel Dasa con la rete MANET tramite PC
- Studio delle specifiche di interconnessione
- Stesura delle specifiche di interconnessione
- Sviluppo del software di interconnessione su PCA5
- Debug del software di interconnessione
- Prove su campo dell'interconnessione
- Demo

WP6T2 Interconnessione della rete MANET con la rete fissa tramite collegamento con la costellazione ORBCOMM di satelliti LEO. Il task si articola nei seguenti sotto-obiettivi:

- Studio dell'architettura di interconnessione con la costellazione ORBCOMM di satelliti LEO
- Integrazione fisica della stazione ORBCOMM nella rete MANET tramite PC
- Studio delle specifiche di interconnessione
- Stesura delle specifiche di interconnessione
- Sviluppo del software di interconnessione su PC
- Debug del software di interconnessione
- Prove su campo dell'interconnessione
- Demo

**Deliverable**

- Protocollo di interconnessione tra rete MANET e la rete fissa tramite link satellitario
- Rapporti tecnici sulle specifiche di interconnessione
- Software realizzante l'interconnessione
- Dimostrazione su campo del funzionamento dell'interconnessione
- Pubblicazioni scientifiche su riviste e congressi internazionali

**Gruppi coinvolti**

CNUCE1, CNIT.

**3.7 WP7: Gestione e coordinamento****Responsabile**

POLIMI

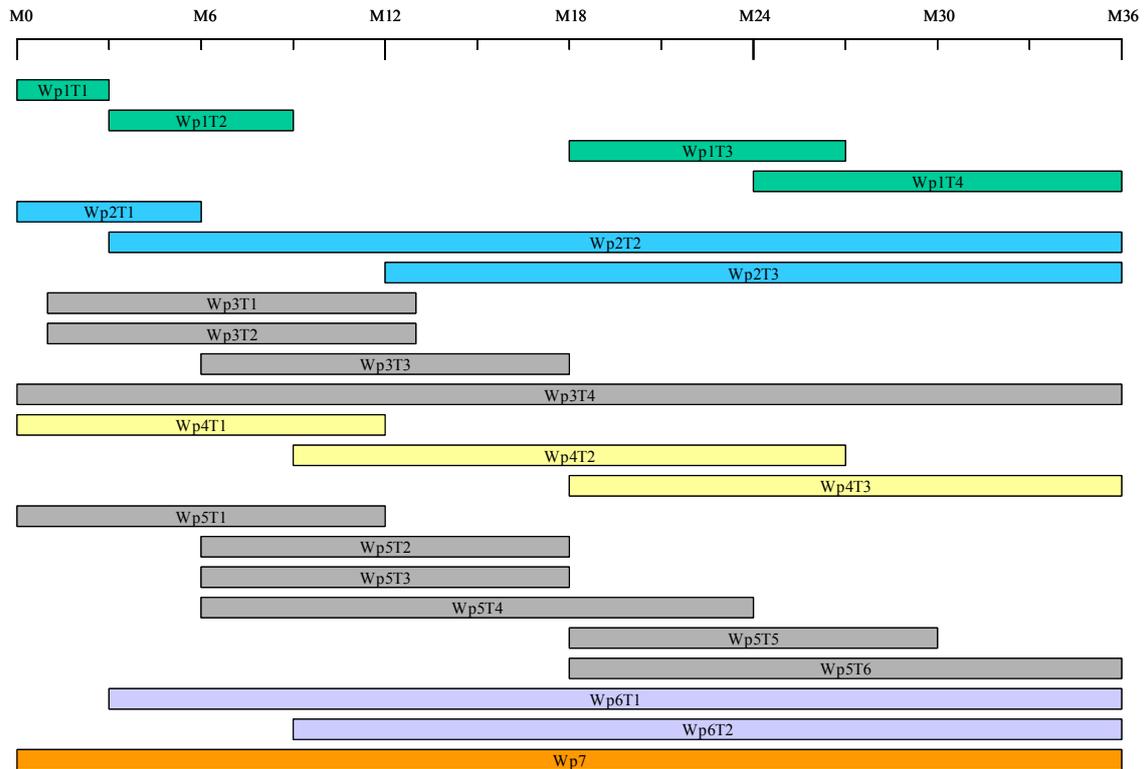
**Obiettivi e descrizione**

Obiettivo del presente WP è la gestione organizzativa ed amministrativa dell'intero progetto. Tale WP dovrà garantire il coordinamento tra i diversi partner, e curerà la disseminazione dei risultati tanto all'interno del progetto, quanto verso le entità esterne con le quali il progetto deve confrontarsi.

**Gruppi coinvolti**

Tutti

## 4 Diagramma delle attività



## 5 Azioni di supporto di natura metodologico formale

### 5.1 Modelli per reti mobili ad-hoc

#### Responsabili

Roberto Bruni e Ugo Montanari

Dipartimento di Informatica, Università di Pisa

#### Programma della ricerca

Nello scenario tecnologico attuale si va delineando un crescente interesse verso le cosiddette MANET, dove la mobilità degli agenti si trova a coesistere con l'infrastruttura dinamica della rete. Come scenario esemplificativo dell'utilizzo di tali reti, si pensi alla esigenza di creare temporaneamente o spostare sul territorio alcune piccole infrastrutture (unità mediche, di emergenza, di sicurezza, di informazione, incontri di gruppo) che consentano la collaborazione di più "agenti" locali (portatili, palmari, cellulari delle ultime generazioni) e garantiscano ad essi il collegamento con i servizi disponibili su reti principali.

Se dal punto di vista tecnologico questo scenario è ormai concretizzabile, dal punto di vista formale si evince una carenza di modelli formali adeguati. Ad esempio, il p-calcolo, il riferimento di eccellenza per gli agenti mobili, sembra inadeguato a rappresentare la topologia dinamica della rete di comunicazione

stessa. D'altra parte, modelli basati su reti di Petri (formalismo classico per sistemi concorrenti), dove la struttura della rete di comunicazione riveste un ruolo di primo piano, falliscono immediatamente nel rispecchiare la dinamicità delle connessioni e la complessità delle informazioni che vengono scambiate.

Quello che proponiamo è di studiare opportune estensioni delle reti di Petri che siano in grado di gestire gli aspetti caratteristici, in termini di riconfigurabilità su richiesta, capacità di calcolo locale, protocolli d'intesa, propri delle MANET. Alcune di queste caratteristiche sono state parzialmente affrontate in letteratura: le reti colorate, o di alto livello (HL, high level) hanno ancora connessioni statiche, ma gestiscono dati strutturati; le reti mobili, o riconfigurabili, hanno connessioni di ingresso (preset) statiche, ma connessioni di uscita che possono dipendere dall'input ricevuto; nelle reti dinamiche, oltre alla connessione dinamica dei dati in uscita, si ha la possibilità di incrementare il "controllo" della rete, generando nuove transizioni con scoping locale. Inoltre, in precedenti studi queste classi di reti sono state messe in corrispondenza con sottoclassi di termini del Join-calcolo, la cui implementazione distribuita fornisce un valido ambiente di sviluppo per eventuali applicazioni.

Tutti questi modelli tralasciano però una caratteristica cruciale nell'ambito di sistemi distribuiti, ovvero la possibilità di sincronizzare delle transizioni, rendendo atomica (localmente) la loro esecuzione. Per comprendere l'importanza di questo aspetto, si pensi ad esempio alla necessità di connettere il server principale dell'unità mobile ad un server locale per richiedere l'accesso ad una certa classe di servizi: le altre componenti dell'unità locale non dovranno essere in grado di usufruire di tali servizi finché la transazione tra i due server non sarà conclusa. (Il termine transazione è qui abusato dalla terminologia delle basi di dati per indicare una computazione atomica in uno scenario concorrente).

Nel caso delle reti di Petri PT, un simile meccanismo è stato formalizzato sia dal punto di vista semantico che algoritmico attraverso l'introduzione delle reti zero-safe, basate sulla distinzione tra piazze stabili e zero-safe: le prime definiscono gli stati osservabili del sistema, mentre le seconde hanno lo scopo di sincronizzare le transizioni che formano una transazione. Mentre una rete zero-safe fornisce la visione di basso livello delle funzionalità del sistema, permettendone una rappresentazione modulare, le piazze stabili assieme alle transazioni elementari offrono nel contempo la visione astratta del sistema, che risulta essere ancora una rete PT (possibilmente infinita anche se la rete di basso livello è finita). Dal punto di vista pratico, un interprete distribuito per reti zero-safe è stato definito in termini dell'ordinario algoritmo di unfolding per reti.

Nell'ambito del progetto denominato "Infrastrutture software per reti ad-hoc orientate ad ambienti difficili", il nostro contributo consisterà nella stesura di un documento con la specifica formale di reti che, riconciliando l'approccio zero-safe con meccanismi di mobilità, offrano un modello fedele per le MANET e favoriscano il trasferimento e l'applicazione di tecniche formali e di verifica già note.

## **6 Aziende e Enti che hanno dichiarato il proprio interesse per il progetto**

- TXT e-solutions
- Marconi Mobile - PMRG (Wireless Software Competence Centre)
- Provincia di Genova - Area OG (difesa del suolo, opere ambientali e piani di bacino)
- Marconi Mobile, Genova
- Protezione Civile - Provincia di Milano