

# 1. LA TESI IN BREVE

## 1.1 IN CHE AMBIENTE SI INSERISCE QUESTA TESI?

Questa tesi si inserisce all'interno del progetto IS-MANET "Infrastrutture Software for Mobile Ad-hoc NETworks", finanziato dal MIUR (Ministero dell'Università e della Ricerca), e di cui l'istituto ISTI del CNR è parte attiva. A questo progetto, di durata triennale, partecipano inoltre le seguenti Università:

- Politecnico di Milano
- Università di Genova
- Università di Bologna
- Università di Modena
- Università di Pisa
- Università di Roma "La Sapienza"
- Università di Catania
- Università di Messina

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 nel progetto dei tradizionali sistemi distribuiti decadono in questo nuovo contesto.

Dal punto di vista pratico non sono ancora chiare quali siano le potenzialità applicative, anche se attorno ad esse si muovono ormai numerosi interessi industriali. Le applicazioni "consumer" sono quelle abilitate dallo standard "Bluetooth". Si tratta di piccole reti, con campi di azione dell'ordine di pochi metri, per connettere dispositivi e "information appliances" (tipo il collegamento dell'auricolare al cellulare, la fotocopiatrice al computer, etc.), oppure di reti che consentono la formazione di "impromptu meetings". Le MANET sembrano però 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. Esempi classici sono le applicazioni militari o le applicazioni in situazioni di emergenza nell'ambito della protezione civile. In tal caso lo standard Bluetooth non è più utilizzabile ma il collegamento wireless è soppiantato dallo standard IEEE 802.11.

Il settore della protezione civile e' proprio quello verso cui si indirizza questo progetto, avendo come scopo quello di offrire un supporto infrastrutturale ed applicativo proprio nelle situazioni di emergenza e di "disaster recovery". Per queste tipologie di applicazioni si pone, in modo naturale, il problema dell' interconnessione della (o delle) reti MANET con la rete fissa, attraverso collegamenti che, data la situazione di disastro, si assume non possano essere tramite cavo terrestre, bensì attraverso link satellitari o mediante collegamenti cellulari (per esempio, UMTS). Attraverso il sistema satellitare GPS (Global Positioning System) sarà inoltre possibile una cooperazione di tipo distribuito, attraverso la localizzazione nello spazio dei dispositivi mobili comunicanti, tutto ciò è essenziale per supportare un team di intervento in situazioni di emergenza.

Questo scenario presenta molteplici sfide per la ricerca che viene proposta. Dal punto di vista dei protocolli di rete, la mancanza di nodi fissi determina la necessità di ripensare in maniera radicale all'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 mobili, a differenza dei consueti personal computers, possono essere costituiti da palmari o telefoni delle nuove generazioni, e cioè da dispositivi con risorse di potenza limitate, per i quali diventa essenziale controllare e ridurre il consumo di energia. Dal punto di vista dell'architettura di rete, diverse isole MANET possono essere collegate tra di loro mediante ripetitori, ed ad un certo punto della catena di interconnessione, essere interconnesse con la rete fissa attraverso collegamenti satellitari o di tipo cellulare. Nonostante stiano emergendo alcune proposte, non esistono ancora standard che ridefiniscano la pila di protocolli per le reti MANET e per la loro connessione con le reti fisse attraverso collegamenti satellitari.

Il progetto si propone di realizzare una rete MANET e la relativa infrastruttura per la sua interconnessione alla rete fissa mediante collegamento satellitare. 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 dalla rete MANET diventa insostituibile o, comunque, offre vantaggi notevoli rispetto ad altre soluzioni tecnologiche.

Nell'ambito della protezione civile, non necessariamente la rete Ad-Hoc deve essere costituita da portatili o da palmari, ma più generalmente può essere pensata in modo che agisca anche senza l'intervento dell'uomo: può essere infatti costituita da robot e/o sensori che rilevano dati, li immagazzinano e li trasmettono alla rete fissa tramite un collegamento che non può essere via cavo terrestre. I robot (mobile computers) possono inoltre modificare i loro comportamenti a seconda dei comandi ricevuti dagli operatori remoti ed inviati loro tramite link satellitario.

## 1.2 IL LAVORO OGGETTO DELLA TESI

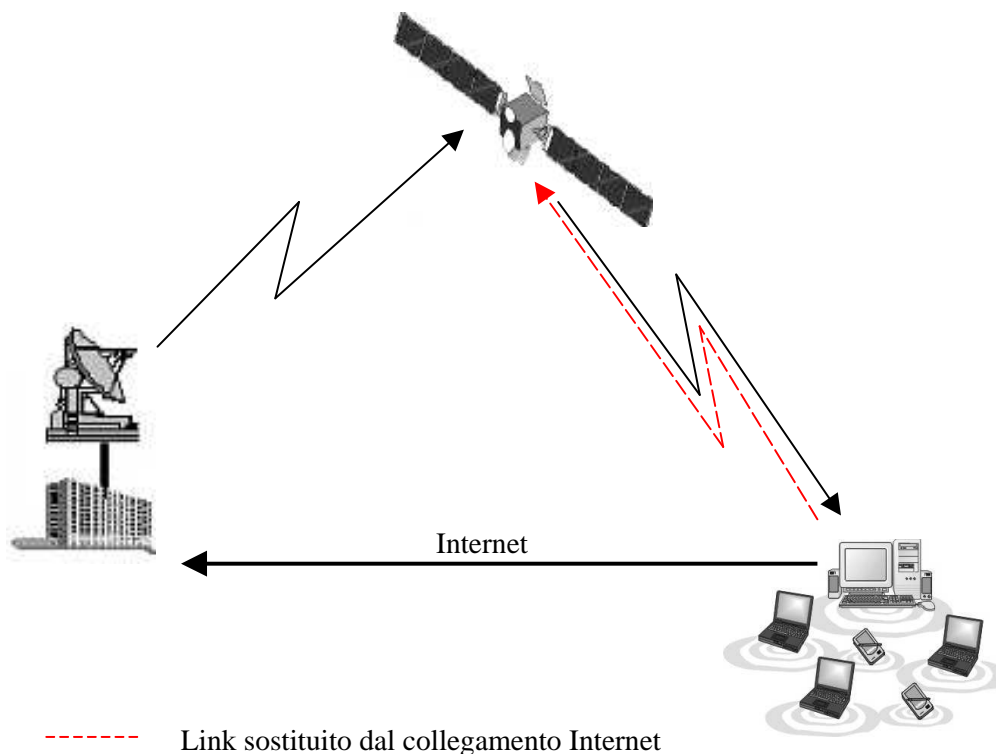
Fatta questa premessa per inquadrare l'ambiente di ricerca, vediamo in particolare il lavoro sviluppato nell'ambito di questa tesi.

Al momento della stesura del progetto, l'ISTI aveva pensato di utilizzare la rete satellitare del CNIT (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni), che utilizzava il satellite geostazionario Italsat per interconnettere 9 sedi universitarie italiane, tra cui anche Pisa. Le stazioni satellitari erano dotate 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. Ogni stazione Nortel Dasa era inoltre dotata 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 poteva quindi essere collegato in modo wireless con la stazione di terra più vicina ed i dati potevano essere trasmessi verso un'altra (o più, secondo la modalità broadcast) stazione di terra agganciata ad una rete terrestre.

Poco prima dell'inizio della mia tesi però il satellite Italsat non fu più operativo, e l'utilizzo di un altro satellite, tipo HotBird VI, richiedeva che le stazioni di terra fossero sostituite o pesantemente aggiornate. In attesa di dotarsi di nuove stazioni di terra per utilizzare il satellite ASTRA (i cui tempi dipendono solo dall'industria), i ricercatori dell'ISTI decisero di ovviare alla mancanza di un collegamento satellitare "pulito" sfruttando una collaborazione, già in atto, con il CNES francese. Era infatti possibile utilizzare il satellite HotBird VI, seppure in modo un po' indiretto. Fu deciso infatti di installare una stazione solo ricevente presso l'ISTI ed utilizzare come stazione trasmittente quella di Toulouse (F), raggiungibile via Internet. Era un po' come dire che era possibile ricevere direttamente da satellite, ma la trasmissione sarebbe avvenuta tramite una stazione di terra raggiungibile "in remoto" via link terrestre. La stazione di terra di Toulouse avrebbe infatti ritrasmesso in broadcast tutto ciò che fosse arrivato da uno speciale link aperto con Pisa, oltre alle altre normali trasmissioni di dati provenienti da altre stazioni. Una volta nell'etere, l'ISTI era in grado di ricevere tutto ciò che HotBird VI trasmetteva. Se è pur vero che non era questa la soluzione rispecchiante la realtà di una rete MANET che non può avere collegamenti terrestri per motivi di "disastro territoriale", questa era pur sempre la topologia più vicina alla realtà che potevamo utilizzare, a basso costo, in attesa di installare una stazione di terra rice/trasmittente.

Fu deciso quindi di installare all'ISTI una rete MANET sufficientemente eterogenea, trasformare un PC in stazione ricevente installando al suo interno una speciale scheda (Haupage board) per la ricezione da HotBird VI, ed integrare questo PC nella rete MANET. Da un punto di vista applicativo, questa topologia rappresenta una situazione in cui i robot (o i sensori) che agiscono sul territorio disastrato (cioè la rete MANET) ricevono da satellite comandi su ciò che devono fare, mentre ritrasmettono le

informazioni raccolte (immagini e dati) inviandole, via wireless, ad un membro della rete MANET che le spedisce via satellite (il PC dotato di scheda ricevente, che di qui in poi chiameremo *PC ricevente*) usando, per ora, un link terrestre. La configurazione usata e' mostrata in figura seguente.



Detto questo, la tesi qui presentata si e' occupata fundamentalmente di:

- configurare la MANET,
- installare il link satellitare
- misurare le prestazioni della rete così costituita. I parametri di misura considerati sono:
  - massimo throughput
  - perdita di pacchetti
  - distribuzione della perdita di pacchetti.

Il punto delle misure merita una ulteriore breve chiarificazione. Questo settore di indagine e' molto ampio, nel senso che, data la mobilità degli oggetti in questione, esiste una vasta gamma di situazioni in cui eseguire delle misure (terminali nascosti, doppi salti di trasferimento, interferenze tra le trasmissioni, misurazioni con terminali in movimento, misurazioni dopo che un terminale si e' mosso, etc.). La durata di una

tesi non permette di analizzare in modo esaustivo questo aspetto, per cui in questa tesi saranno presentate solo misure relative ad alcune topologie particolari.

## 1.3 LA NOSTRA RETE WIRELESS

Una rete *wireless* (WLAN) è un sistema di comunicazione dati principalmente basato su trasmissioni radio: può svilupparsi come estensione di una rete cablata (*wired*) esistente, o essere appositamente creata sul momento. Nel primo caso si parla di *Infrastructure Network* e la sua realizzazione si basa su infrastrutture che permettono ai nodi mobili di interfacciarsi con un'altra LAN (Ethernet o Token Ring, per esempio), creando così una rete di più ampia copertura. Nel secondo caso si parla di *Ad Hoc Network* ed i nodi che la costituiscono possono comunicare tra di loro senza l'ausilio di altre infrastrutture: in questo caso, quindi, ciascun nodo della rete è al tempo stesso stazione e *router*, in grado di recapitare i messaggi ad altre stazioni. Quest'ultimo tipo di reti si è dimostrato particolarmente utile in casi in cui si sia richiesta la presenza temporanea di una rete locale, come durante congressi o fiere o laddove sia necessario creare una rete con estrema velocità o, ancora in ambienti nei quali non siano già presenti cablaggi.

La rete wireless da me installata è di tipologia ad-hoc-network, ed utilizza la tecnologia wireless Wi-Fi IEEE 802.11b (Fig. 1). È costituita dai seguenti *nodi*:

- un PC di tipo Athlon 1800 + dotato di sistema operativo Windows 98 su cui è installata sia la scheda Haupage per la ricezione da satellite sia la scheda PCMCIA Wi-Fi per il collegamento wireless con gli altri terminali mobili. La banda di ricezione da satellite è di 1,5 Mbps.
- tre portatili di TravelMate 220 dotati di sistema operativo Debian Linux, su cui è installata la scheda PCMCIA Wi-Fi per il collegamento wireless;
- un palmare Sharp Zaurus dotato di sistema operativo Linux, su cui è installata la scheda D-Link DC650W per il collegamento wireless;
- un palmare Compaq Ipaq con modulo di espansione per il collegamento wireless dotato di sistema operativo Windows CE, su cui è installata la scheda Linksys WPC11 per il collegamento wireless.

La velocità del collegamento wireless all'interno della rete MANET è di 6 Mbps.

### 1.3.1 L'installazione della rete MANET passo dopo passo

Il primo passo è stato quello di configurare i dispositivi precedentemente descritti in modo da configurare una rete MANET, in modo cioè che il kernel dei sistemi

operativi veda il mezzo wireless come un comune mezzo fisico con capacità di broadcast.

Come secondo passo, e' stato installato un protocollo di routing adeguato per reti ad hoc, che consenta cioe' il mantenimento delle connessioni anche fra due nodi nascosti per mezzo del terzo nodo, che farà da ponte fra i nodi nascosti. Il protocollo scelto e' l'Ad-hoc On-Demand Distance Vector (AODV).

Come terzo passo, si e' configurata la rete esterna alla rete MANET. Questo punto e' stato risolto utilizzando il satellite HotBird VI nel modo precedentemente descritto. Una volta configurata la rete esterna, per testare il tutto, con la configurazione appena esposta, abbiamo trasmesso un segnale composito audio-video dal terminale fisso verso il satellite e, una volta ricevuto indietro, e' stato distribuito in modo wireless sui nodi della rete.

Sui nodi della rete wireless i dati di tipo real-time (video e voce) sono generati da applicativi specifici quali VIC (Video Conferencing Tool) e RAT (Robust Audio Tool), mentre i dati non real-time sono generati da normali applicazioni UDP.

Una volta configurata e testata la rete, è iniziata la campagna di misure. Ma tutto ciò sarà meglio descritto nei capitoli successivi. La tesi infatti si articola nei seguenti capitoli:

- **Capitolo 2:** Overview del protocollo IEEE 802.11 e del protocollo di routing utilizzato;
- **Capitolo 3:** Panoramica sull'Hardware & Software usati per lo sviluppo della tesi;
- **Capitolo 4:** Alcuni indici di prestazioni nelle reti wireless;
- **Capitolo 5:** Misure effettuate ed analisi dei risultati;
- **Capitolo 6:** Sviluppi futuri.
- **Appendice A:** Nascita ed evoluzione storica dell'OSS
- **Appendice B:** Netperf & Iperf
- **Appendice C:** Il protocollo di trasporto RTP
- **Appendice D:** Soluzioni
- **Appendice E:** Calcolo del massimo throughput
- **Bibliografia**