

Indice

Introduzione	1
Capitolo 1	1
Reti wireless e mobilità	1
1.1 Introduzione	1
1.2 Componenti di una rete wireless	3
1.2.1 Accesso a reti wireless	9
1.3 Vantaggi e svantaggi delle reti wireless	10
1.4 Standardizzazione delle reti wireless	12
1.4.1 GSM	14
1.4.2 UMTS	16
1.4.3 WiMax	18
1.5 Gestione della mobilità in un sistema wireless	21
Capitolo 2	24
Modelli di mobilità	24
2.1 Introduzione	24
2.2 Caratteristiche di un modello di mobilità	26
2.3 Metrica per la valutazione della mobilità	28
2.4 Analisti dei principali modelli di mobilità	33
2.4.1 Modelli di mobilità casuale	33
2.4.1.1 Random Waypoint Mobility Model	33
2.4.1.2 Smooth Random Mobility Model	35
2.4.2 Manhattan Mobility Model	39
2.4.3 Gauss-Markov Mobility Model	41
2.4.4 Reference Point Group Mobility Model	43
Capitolo 3	45
Analisi e previsione della mobilità	45
3.1 Introduzione	45
3.2 Posizionamento degli utenti in una rete wireless: GPS	46
3.3 Architettura astratta di una rete neurale artificiale	47
3.4 Previsione di mobilità in una rete wireless Ad-Hoc analizzando un'architettura a rete neurale	49
3.4.1 Problema del routing in una rete wireless Ad-hoc	51
3.4.2 Tecniche di previsione basate sulle reti neurali ricorrenti	54
3.4.2.1 Reti neurali ricorrenti	54
3.4.2.2 Tecnica proposta	55
3.5 Grid Computing	59
3.5.1 Knowledge Grid	61
3.6 Previsione di mobilità in un sistema PCS attraverso l'utilizzo di griglie di conoscenza	63
3.6.1 Sistemi Personal Communication System (PCS)	64
3.6.2 Costruzione di una griglia di conoscenza e servizi offerti	66
3.6.2.1 Servizi offerti da una griglia di conoscenza e comunicazione tra processi tramite MPICH-G2	67
3.6.3 Tecnica proposta: algoritmo KMPM	69
3.7 Catene di Markov	72
3.8 Predizione di mobilità attraverso l'utilizzo di conoscenze future	75
3.8.1 Predittori di Markov di ordine k	77
3.8.2 Tecnica proposta: "Future Enhanced Markov Predictor"	78
Capitolo 4	81
Analisi delle performance	81
4.1 Introduzione	81
4.2 Analisi dei risultati: Previsione e Reti Neurali	82
4.2.1 Selezione della struttura neurale	84
4.2.2 Testing	85
4.3 Analisi dei risultati: Previsione e Knowledge Grid	87
4.3.1 Testing	88

4.4 Analisi dei risultati: Previsione e Markov Chain.....	92
4.4.1 Set di dati per la valutazione: Tracce.....	93
4.4.2 Testing.....	95
Conclusioni.....	
Bibliografia.....	

Introduzione

L'obiettivo del lavoro di tesi è quello di analizzare tecniche di previsione, per meglio comprendere la mobilità di utenti all'interno di sistemi wireless, analizzando i principali modelli di mobilità. Gli ultimi anni sono stati caratterizzati da un enorme sviluppo della rete Internet e dei servizi che essa mette a disposizione. La continua evoluzione nel campo delle reti di computer ha portato alla nascita di nuove tecnologie che garantiscono conducibilità e accesso ai servizi da qualunque posto ed in qualsiasi momento: le reti senza fili (wireless). Le principali tecnologie wireless si basano sulle specifiche del protocollo *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) 802.11. Le reti wireless IEEE 802.11 possono essere configurate in due differenti modi: *ad hoc* o *infrastruttura*. Nella modalità ad hoc, tutte le stazioni wireless all'interno di una stessa area hanno la medesima importanza e possono comunicare direttamente l'una con l'altra; mentre nel caso di un'infrastruttura è necessaria la presenza di un dispositivo centrale fisso detto Access Point (AP) che ha il compito di fornire la connessione a tutte le altre stazioni. La rete senza fili è una rete in cui due o più terminali possono comunicare tra di loro e con la rete Internet, senza il bisogno di cavi di connessione. Al contrario, i terminali mobili comunicano via radio utilizzando un'antenna collegata alla rete fissa come punto di accesso (Access Point, AP) ad Internet. La rapida evoluzione della tecnologia wireless, è dettata anche dal fatto di avere diversi vantaggi rispetto alle reti cablate. Tra i possibili vantaggi offerti da una rete wireless possono essere citati: eliminazione del cablaggio, si realizza una rete di comunicazione anche in quei luoghi in cui è difficile o addirittura impossibile installare dei cavi in maniera semplice e rapida; installazione facile veloce e flessibile, le wireless sono adatte per l'installazione "temporanea"; costi di gestione ridotti, l'investimento iniziale richiesto per l'hardware delle reti wireless può essere più oneroso rispetto al costo dell'hardware delle reti cablate, ma le spese di gestione e manutenzione complessive sono in genere più basse. L'introduzione delle reti senza fili ha favorito la mobilità dei terminali, ossia la possibilità per un utilizzatore di servizi di rete di potersi spostare con il proprio terminale da un punto di accesso ad un altro; tale processo è solitamente definito handoff (o handover). Tale scenario pone diverse sfide sia nella realizzazione dei servizi che nella progettazione dell'infrastruttura di supporto per l'erogazione dei servizi stessi. In particolare, l'infrastruttura deve garantire la continuità di servizio in modo che

l'utente si possa muovere senza che la propria sessione di lavoro subisca interruzioni. Le reti locali senza fili sono dette Wireless Local Area Network (WLAN) e vengono utilizzate per fornire connettività ad utenti mobili con l'obiettivo di raggiungere prestazioni paragonabili alle soluzioni via cavo che si trovano sul mercato. Le principali tecnologie wireless si basano sulle specifiche del protocollo *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) 802.11. Si cerca, quindi, di sviluppare sistemi con prestazioni analoghe alle reti *wired* (cablate) e con i vantaggi delle wireless, cercando di risolvere i problemi di efficienza, sicurezza e robustezza della trasmissione, che l'assenza del "fio" inevitabilmente porta. Le prestazioni di un sistema determinano la soddisfazione degli utenti che lo utilizzano. Il termine "qualità del servizio" viene utilizzato in diversi contesti con diversi significati ma in ogni caso è legato all'impatto che il comportamento del sistema ha sugli utilizzatori: dunque maggiore sarà il grado di soddisfazione dell'utente, maggiore sarà la QoS. La libertà di movimento è uno dei vantaggi maggiori dei terminali wireless nei confronti di quelli cablati, che sono statici quando connessi alla rete locale. La mobilità impone la necessità di considerare, a livello di sviluppo di sistemi, il problema dell' "handoff". Le reti wireless consentono agli utenti la libertà di spostarsi da un luogo ad un altro, senza interruzione dei servizi informatici. Un sistema Mobile è caratterizzato dal movimento dei nodi mobili che ne fanno parte; il movimento sarà caratterizzato da continui cambiamenti di velocità e direzione dei nodi che avrà effetto sul protocollo di routing del sistema, progettato per supportare la mobilità. Un modello di mobilità, altro non è, che la rappresentazione del movimento degli utenti mobili che varia nel tempo. La selezione di un modello rispetto ad un altro, ha un impatto importante nel sistema, e può quindi influenzarne le prestazioni. La mobilità gioca un ruolo chiave in questo senso, e guida lo sviluppo di molti nuovi servizi. In un modello di mobilità tipico, si prendono in considerazione al primo posto, i nodi mobili e le loro posizioni iniziali e si definisce il modo in cui questi si spostano all'interno della rete. I modelli sono utilizzati per simulare i differenti scenari di rete prima della loro implementazione. Simulare il mondo reale, vuol dire, nel nostro caso, gestire il posizionamento degli utenti; processo che consente alla rete di identificare la posizione esatta di un terminale in movimento. Molti modelli sono stati implementati per simulare il comportamento dei nodi mobili all'interno di una rete. I modelli di mobilità sono i criteri chiave che influenzano le caratteristiche di prestazione di un utente mobile all'interno di una rete. Nel lavoro di tesi svolto sono stati analizzati alcuni modelli di mobilità, tra gli innumerevoli presenti in letteratura. Ci si è voluti

soffermare nell'analizzare il *Random Waypoint Mobility Model*, lo *Smooth Random Mobility model*, il *Manhattan Mobility Model*, il *Gauss-Markov Mobility Model* ed infine il *Reference Point Group Mobility Model*. Sono state studiate le principali caratteristiche di ognuno. Sulla base di queste caratteristiche, possiamo ripartirli in *modelli casuali*, *modelli con dipendenza temporale*, *modelli con dipendenza spaziale* e *modelli con restrizioni geografiche*. Nei modelli casuali, le caratteristiche casuali, velocità e direzione, dei nodi mobili, sono modellate secondo processi stocastici e ogni movimento dei nodi consiste di una sequenza di intervalli di lunghezza casuale, chiamati "epoche" di mobilità; gli schemi di movimento dei modelli di mobilità con dipendenza temporale sono influenzati dalle storie di movimento degli utenti; in alcuni scenari di mobilità, i nodi mobili tendono a viaggiare in maniera correlata; i modelli associati a tale scenario sono definiti come modelli di mobilità con dipendenza spaziale; nei modelli con restrizioni geografiche i movimenti dei nodi sono vincolati da strade, autostrade e / o ostacoli. Un'altra osservazione sui modelli di mobilità va fatta, a seconda che si consideri la mobilità del singolo individuo o la mobilità di un gruppo di nodi. Nel primo caso il modello è rappresentato da nodi mobili multipli, le cui azioni sono completamente indipendenti da un nodo ad un altro; nel secondo caso il movimento cooperativo del nodo mobile agisce in sincronia col movimento del gruppo. I modelli di mobilità forniscono parametri di performance attraverso calcoli matematici, e ci aiuteranno a comprendere meglio i movimenti di un terminale mobile, all'interno della rete. Al fine di confrontare le proprietà statistiche di mobilità dei nodi, generate da diversi modelli di mobilità è necessario definire delle metriche. Le metriche della mobilità hanno come obiettivo quello di cogliere le caratteristiche dei vari modelli e utilizzarle per analizzare l'impatto dei modelli sulle prestazioni dei protocolli di comunicazione, utilizzati su apparati mobili. I terminali di comunicazione che compongono l'infrastruttura della rete non sono fissati e collegati da fili, quindi hanno grande libertà di movimento in base alla capacità di copertura del sistema, per cui questo necessita di effettuare vere e proprie previsioni su tale posizione in maniera da gestire le risorse, adeguandole a quanto richiesto. Assume considerevole importanza la progettazione di sistemi in grado di localizzare uno specifico utente in un determinato istante. Per ottenere le informazioni relative alla posizione geografica di un terminale abbiamo bisogno di un sistema di posizionamento. Possiamo dividere i sistemi di posizionamento in due categorie in base alla loro infrastruttura per la localizzazione: sistemi di posizionamento che utilizzano un'infrastruttura satellitare (GPS) e sistemi di

posizionamento che utilizzano un'infrastruttura cellulare (GSM, UMTS,...). La tecnologia del GPS (Global Positioning System) è un sistema di posizionamento su base satellitare, a copertura globale e continua, ad alto livello di accuratezza nella localizzazione. Il sistema si articola nei seguenti componenti: un complesso di minimo 24 satelliti, una rete di stazioni di tracciamento (tracking station), un centro di calcolo (computing station), due stazioni di soccorrimento (injection stations), un ricevitore GPS. Il principio di funzionamento si basa su un metodo di posizionamento sferico, che consiste nel misurare il tempo impiegato da un segnale radio a percorrere la distanza satellite-ricevitore. La localizzazione di un terminale mobile avviene tramite le sue coordinate geografiche. La diffusione universale dello standard GSM ha fatto sì che la maggior parte degli operatori internazionali di telefonia mobile stipulassero fra di loro accordi per l'effettuazione del cosiddetto roaming (*commutazione automatica fra diverse reti*). La tecnologia alla base del GSM si basa sul fatto che sia il canale di identificazione che quello di conversazione supportano una comunicazione digitale. Per questo motivo lo standard è stato lanciato sul mercato come sistema di telefonia mobile di *seconda generazione* (o più sinteticamente 2G). Il maggior punto di forza del sistema GSM è stata la possibilità, da parte degli utenti, di accedere a tutta una serie di nuovi servizi a costi molto contenuti. Ad esempio lo scambio di messaggi testuali (SMS) è stato sviluppato per la prima volta in assoluto in ambito GSM. Uno dei principali vantaggi per gli operatori è stato, invece, la possibilità di acquistare infrastrutture ed attrezzature a costi resi bassi dalla concorrenza fra i produttori. Per quanto riguarda l'UMTS è la tecnologia di telefonia mobile di terza generazione (3G), successore del GSM. Le applicazioni tipiche attualmente implementate, dalle reti UMTS in Italia, sono tre: voce, videoconferenza e trasmissione dati a pacchetto. Ad ognuno di questi tre servizi è assegnato uno specifico transfer rate, per la voce 12,2 kb/s, 64 kb/s per la videoconferenza e 384 kb/s per trasmissioni di tipo dati (scarico suonerie, accesso al web, ecc.). In ogni caso questi valori sono decisamente superiori ai 14,4 kb/s di un singolo canale GSM con correzione di errore ed anche alla *transfer rate* di un sistema a canali multipli in HSCSD. UMTS è quindi in grado, potenzialmente, di consentire per la prima volta l'accesso, a costi contenuti, di dispositivi mobili al World Wide Web di Internet. Dispone di indicazioni dettagliate riguardo l'ubicazione di un dispositivo portatile, significa poter offrire servizi altamente personalizzati. Nel lavoro, verranno presentate tre tecniche di previsione, per la gestione dei movimenti futuri di un generico utente. Quando si fa una previsione e questa è equivalente alla reale posizione

successiva di un utente si tratta di una previsione corretta, altrimenti si ritiene una previsione non corretta; se il predittore non è in grado di fare una previsione, allora questa sarà una previsione mancata. La prima tecnica analizzata, introduce un metodo di previsione basato su una rete neurale ricorrente multistrato per la previsione dei movimenti futuri di un host mobile in reti ad-hoc. Con il termine rete neurale artificiale si intende un modello di elaborazione parallela dell'informazione, basato sulla teoria del connessionismo, cioè per spiegare e/o riprodurre l'intelligenza e tutte le facoltà cognitive di un essere umano (o di qualche altra specie animale) è necessario *emulare* le proprietà e la fisiologia del cervello, ovvero il funzionamento delle sue cellule, ed ispirarsi al sistema nervoso naturale. La rete neurale artificiale (*ANN, Artificial Neural Network*) è formata da un gran numero di unità indipendenti, connesse le une alle altre mediante dei collegamenti. Esse, si ispirano alla potenza dei sistemi neurobiologici reali, e consistono di elementi di calcolo stratificati, i neuroni, collegati tra loro in modo che l'uscita di ciascun elemento di uno strato dipenda dagli elementi dello strato o livello che li precede. Il metodo presentato consiste di un algoritmo di serie temporali per la formazione della rete. L'efficienza della previsione dipende dalla scelta dell'architettura della rete neurale e dall'algoritmo di formazione della stessa. La seconda tecnica propone un nuovo algoritmo distribuito, denominato KMPM (Knowledge Grid Based Mobility Pattern Mining), per estrarre la locazione successiva di un utente mobile all'interno di un sistema PCS(Personal Communication System). I PCS sono particolari sistemi ad accesso wireless. Permettono agli utenti mobili di spostarsi all'interno del sistema, da una posizione ad un'altra. E' un sistema composto da una infrastruttura cellulare; una generica rete PCS è divisa in aree più piccole, dette celle. Lo spostamento di utenti mobili all'interno di un ambiente 'computing mobile' viene memorizzato in un nodo di una griglia di conoscenza (Knowledge Grid). Il movimento generato è usato per simulare un modello di mobilità in un sistema 'computing mobile'. Il modello di posizione scoperta può essere utilizzato per fornire vari servizi basati sulla locazione per un utente mobile da parte di un server di applicazioni, in ambienti 'computing mobile'. Viene memorizzata la posizione geografica degli utenti mobili, intesa come un database distribuito per griglie computazionali che implementano l'algoritmo KMPM. Per la costruzione della griglia viene utilizzato **GLOBUS toolkit**, un software indirizzato a risolvere i problemi legati allo sviluppo di servizi ed applicazioni per griglie. La terza tecnica propone e implementa un sistema di localizzazione di previsione costruito su un predittore di

Markov che sfrutta le conoscenze, circa le potenziali locazioni future di un utente per rendere la stima di queste, la più precisa possibile. La conoscenza delle locazioni future è disponibile analizzando fonti contestuali, e renderà la stima del futuro migliore, a seconda della quantità di informazioni e dal tipo di mobilità, alla quale sono esposti gli utenti. Tenendo conto di un predittore di Markov di ordine- k ($O(k)$) come esempio di base, si dimostra come le conoscenze future derivanti da fonti contestuali, possono essere utilizzate per migliorare l'accuratezza di previsione. La conoscenza del futuro renderà la stima migliore, a seconda della quantità di informazioni e dal tipo di mobilità, alla quale sono esposti gli utenti. Il predittore opera sul presupposto che vi sia regolarità temporale nei movimenti dei nodi e che per la modellazione accurata di questi schemi, i movimenti futuri possono essere previsti. L'ultima parte del lavoro di tesi è stata concentrata nell'analizzare le prestazioni, che le tre tecniche scelte hanno prodotto, analizzandone i risultati. Un sistema ha la necessità di effettuare delle previsioni, in maniera da gestire nel miglior modo possibile le risorse di rete, assegnandole per soddisfare le richieste degli utenti. Stabilire percorsi ottimali con una tecnica di previsione aiuta a migliorare il routing, riducendo la banda di trasmissione e il numero di interruzioni di connessione, affinché i servizi offerti dalla rete siano sempre garantiti. Schematizzando il lavoro di tesi, troveremo: il capitolo 1, parlerà delle reti wireless e della mobilità; il capitolo 2 parlerà dei modelli di mobilità; il capitolo 3 parlerà delle tecniche di previsione della mobilità; ed infine il capitolo 4 è un approfondimento sulle performance e i risultati delle tecniche di previsione discusse nel terzo capitolo.