

Indice

Introduzione	I
Capitolo 1: Reti wireless e mobilità	1
1.1 Introduzione	1
1.2 Configurazione di una rete wireless.....	4
1.2.1 Collegamenti punto-punto.....	4
1.2.2 Collegamenti punto-multipunto	5
1.2.3 Collegamenti multipunto-multipunto	6
1.3 Classificazione	7
1.3.1 In base all'ambiente	7
1.3.2 In base alla tecnologia.....	8
1.3.2.1 Tecnologia powerline.....	8
1.3.2.2 Tecnologia ottica.....	8
1.3.2.3 Tecnologia delle radio frequenze.....	10
1.3.2.4 Tecnologia cellulare.....	12
1.3.2.5 Tecnologia satellitare.....	12
1.4 Standardizzazione delle WLAN.....	13
1.4.1 GSM.....	18
1.4.1.1 Servizi offerti.....	18
1.4.1.2 Struttura rete e interfaccia di trasmissione	19
1.4.2 UMTS	20
1.4.2.1 Tecnologia.....	21
1.4.3 WiMAX.....	22
1.4.3.1 Caratteristiche	22
1.4.3.2 Struttura	24
1.5 Vantaggi e svantaggi	25
1.6 Tecniche di accesso al mezzo.....	26

1.6.1	<i>FDMA</i>	26
1.6.2	<i>TDMA</i>	27
1.6.3	<i>CDMA</i>	27
1.7	Gestione delle mobilità in un sistema Wireless	27
Capitolo 2:	Modelli di mobilità	30
2.1	Introduzione	30
2.2	Metrica per la valutazione.....	31
2.3	Principali modelli di mobilità	35
2.3.1	<i>Entity Mobility Model</i>	35
2.3.1.1	<i>Random Walk Mobility Model</i>	36
2.3.1.1.1	<i>Versione probabilistica del Random Walk</i>	37
2.3.1.2	<i>Random Waypoint Mobility Model</i>	39
2.3.1.3	<i>Random Direction Mobility Model</i>	40
2.3.1.4	<i>City Section Mobility Model</i>	41
2.3.1.5	<i>Manhattan Mobility Model</i>	42
2.3.1.6	<i>Gauss-Markov Mobility Model</i>	43
2.3.1.7	<i>Smooth Random Mobility Model</i>	45
2.3.2	<i>Mobility Group Model</i>	50
2.3.2.1	<i>Exponential Correlated Random Mobility Model</i>	50
2.3.2.2	<i>Column Mobility Model</i>	51
2.3.2.3	<i>Nomadic Community Mobility Model</i>	52
2.3.2.4	<i>Pursue Mobility Model</i>	52
2.3.2.5	<i>Reference Point Group Mobility Model</i>	53
Capitolo 3:	Tecniche di previsione	55
3.1	Introduzione	55
3.2	Reti neurali	56
3.2.1	<i>Modello matematico del neurone</i>	58

3.2.2	<i>Tipologie di apprendimento</i>	59
3.2.3	<i>Tipologie di rete neurale</i>	60
3.2.3.1	<i>Reti feedforward</i>	60
3.2.3.2	<i>Perceptron</i>	61
3.2.3.3	<i>Reti di Elman</i>	62
3.2.3.4	<i>Reti di Hopfield</i>	62
3.2.3.5	<i>Self-Organizing Maps</i>	63
3.2.3.6	<i>Reti Multilayer Perceptron</i>	64
3.2.3.6.1	<i>Architettura delle MLP</i>	65
3.2.3.6.2	<i>Training delle MLP</i>	66
3.2.3.6.3	<i>Algoritmo di back propagation</i>	66
3.2.3.6.4	<i>Altri tipi di algoritmi di training</i>	69
3.3	<i>Introduzione generale sui metodi di previsione</i>	70
3.3.1	<i>Introduzione agli Hidden Markov Models</i>	70
3.3.2	<i>Tipologie di HMM</i>	72
3.3.2.1	<i>HMM con densità continua delle osservazioni</i>	74
3.3.2.2	<i>Varianti sulle strutture degli HMM</i>	74
3.3.2.3	<i>Criteri di ottimizzazione</i>	75
3.3.3	<i>Parametri degli HMM</i>	76
	Capitolo 4: Implementazione e simulazione	78
4.1	<i>Introduzione</i>	78
4.2	<i>Principali problemi</i>	78
4.2.1	<i>Primo problema e soluzione</i>	79
4.2.2	<i>Secondo problema e soluzione</i>	81
4.2.3	<i>Terzo problema e soluzione</i>	82
4.2.4	<i>Problema nell'implementazione</i>	85
4.2.5	<i>Calcolo dei parametri</i>	85
4.2.6	<i>Scelta del modello</i>	86

4.3 Struttura del modello.....	86
4.4 Implementazione	87
Conclusioni	100
Bibliografia	102
Ringraziamenti	108

Introduzione

Negli ultimi anni si è assistito ad un enorme sviluppo della rete Internet e dei servizi che essa mette a disposizione. La continua evoluzione nel campo delle reti di calcolatori ha portato alla nascita di nuove tecnologie che garantiscono l'accesso ai servizi da qualunque posto ed in qualsiasi momento rendendo possibile lo scambio di informazioni senza il bisogno di una rete cablata ovvero con l'ausilio di una rete wireless-(dall'inglese senza fili). In altri termini questa tecnologia consente all'utente di comunicare con due o più terminali o con la rete Internet senza il bisogno, quindi, di cavi di connessione.

L'obiettivo del mio lavoro di tesi, appunto, è finalizzato alla comprensione della mobilità di utenti all'interno di sistemi wireless, studiandone i principali modelli di mobilità, attraverso l'analisi e la realizzazione di una tecnica di previsione. In questa breve introduzione cercherò di riassumere tutti gli argomenti trattati per dare una visione d'insieme dello studio affrontato. Innanzitutto, come già detto, dedicherò il primo capitolo all'analisi della tecnologia wireless e sarà affrontata l'importanza della mobilità quale caratteristica principale delle WLAN. I terminali mobili, comunicano via radio utilizzando un'antenna collegata alla rete fissa come punto di accesso (Access Point, AP) ad Internet. L'introduzione delle reti senza fili ha favorito la mobilità dei terminali, ossia la possibilità per gli utenti di potersi spostare con il proprio terminale da un punto di accesso ad un altro. 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 o decadimento della qualità del servizio.

Le reti locali senza fili, dette Wireless Local Area Network (WLAN), 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. Le Reti Wireless possono operare in quattro distinti ambienti: *in-building*, *ambiente di campus*, *MAN (Metropolitan Area Networks)*, *WAN (Wide Area Networks)*. Ne consegue la prima classificazione in base all'ambiente. La scelta della tecnologia per la realizzazione di una rete Wireless è strettamente legata

alla topologia ed alla tipologia della rete stessa. Attualmente le tecnologie Wireless sono: *powerline, ottica, radiofrequenze, microonde, cellulare e satellitare*.

La tecnologia cellulare 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. Per soddisfare la continua crescita di richieste di nuovi servizi si è passati all'UMTS definita tecnologia di terza generazione (3G). Le applicazioni tipiche implementate sono tre: voce, videoconferenza e trasmissione dati a pacchetto. Ulteriore evoluzione è rappresentata dal WiMAX, standard tecnico di trasmissione che consente l'accesso senza fili a reti di telecomunicazioni a banda larga. Nella conclusione del capitolo si parlerà dei vantaggi, innumerevoli, che le Reti Wireless introducono rispetto alle reti cablate: flessibilità nel posizionamento delle stazioni, facilità di installazione e riconfigurazione, possibilità di avere stazioni mobili. L'obiettivo, quindi, sarà quello di sviluppare sistemi con prestazioni analoghe alle reti *wired* (cablate) ma con i vantaggi delle Wireless, cercando di risolvere i problemi, che l'assenza del "filo" inevitabilmente comporta, in modo efficiente e sicuro ai fini della trasmissione dei dati.

Le prestazioni di un sistema determinano la soddisfazione degli utenti che lo utilizzano. Il termine "*qualità del servizio*" del campo delle telecomunicazioni è legato all'impatto che il comportamento del sistema ha sugli utilizzatori: dunque maggiore è il grado di soddisfazione dell'utente, maggiore sarà la *QoS*. La mobilità impone la necessità di considerare, a livello di sviluppo di sistemi, il problema dell'*handoff*, cioè la procedura per cui un terminale mobile cambia il canale usato mantenendo attiva la comunicazione. Un sistema mobile è caratterizzato dal movimento dei nodi mobili che ne fanno parte; il movimento a sua volta sarà caratterizzato da continui cambiamenti di velocità e direzione dei nodi che avranno effetto sul protocollo di routing del sistema progettato per supportare la mobilità. Un modello di mobilità è la rappresentazione del movimento degli utenti mobili che varia nel tempo. La selezione di un modello di mobilità 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 i nodi 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.

Nella stesura della tesi, nel secondo capitolo, verranno analizzati alcuni modelli di mobilità: *Random Waypoint Mobility Model*, *Smooth Random Mobility model*, *Manhattan Mobility Model*, *Gauss-Markov Mobility Model*, *Reference Point Group Mobility Model*, e le principali caratteristiche di ognuno, suddividendole secondo le dipendenze temporali, spaziali e geografiche.

Nei modelli cosiddetti 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, chiamata: “*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, invece, 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.

Per confrontare le proprietà statistiche di mobilità dei nodi, generate da diversi modelli di mobilità, si procederà alla definizione delle metriche. Queste ultime 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. Le metriche forniranno parametri di performance attraverso calcoli matematici e ci aiuteranno a comprendere meglio i movimenti di un terminale mobile all'interno della rete. Nel terzo capitolo verrà approfondito lo studio delle “previsioni”

poiché, avendo i terminali di comunicazione libertà di movimento in base alla capacità di copertura del sistema, si rende necessario effettuare vere e proprie previsioni sulla loro posizione, in maniera tale da gestire le risorse adeguandole a quanto richiesto. In questo contesto, assume considerevole importanza la progettazione di sistemi in grado di localizzare uno specifico utente in un determinato istante. Disporre di indicazioni dettagliate, riguardo l'ubicazione di un dispositivo portatile, significa poter offrire servizi altamente personalizzati. Per consentire al sistema di offrire tali servizi, allocando le risorse in modo efficiente, saranno illustrate due tecniche di previsione per la gestione dei movimenti futuri di un generico utente:

- la prima tecnica basata su una rete neurale;
- la seconda tecnica basata sull'Hidden Markov Model, modello che cerca di prevedere la locazione successiva di un utente mobile all'interno di un sistema.

Una rete neurale è una macchina progettata per simulare, appunto, il modo di operare della struttura cerebrale e può essere realizzata sia in hardware (tramite componenti elettronici) sia in software (su calcolatore). I campi di utilizzo sono molteplici poiché, grazie al processo di apprendimento, la rete può adattarsi a numerose eventualità. La struttura di una rete neurale artificiale s'ispira a quella biologica, poiché anch'essa presenta numerose celle elementari di calcolo.

Dall'analisi delle suddette tecniche se ne evinceranno vantaggi e limiti. Uno dei vantaggi delle Reti Neurali è rappresentato dal fatto che, per come sono costruite, lavorano in parallelo e sono quindi in grado di trattare una grande mole di dati. Se alcune unità del sistema dovessero funzionare male, la rete nel suo complesso avrebbe delle riduzioni di prestazioni ma difficilmente andrebbe incontro ad un blocco del sistema.

Uno svantaggio può essere correlato al fatto che i risultati prodotti dovranno essere accettati "così come sono" perché, a differenza di un sistema algoritmico, dove si può esaminare passo per passo il percorso che dall'input genera l'output, una rete neurale è in grado di generare un risultato valido (o con un'alta probabilità di essere accettabile), ma non riesce a spiegarne *come e perché* abbia originato tale risultato. Per funzionare le Reti Neurali devono essere addestrate o con l'*apprendimento supervisionato* o *apprendimento non supervisionato*. Con l'apprendimento supervisionato si ottiene la

previsione del valore dell'uscita per ogni valore valido dell'ingresso, basandosi soltanto su un numero limitato di esempi (coppie di valori input-output).

Nell'apprendimento non supervisionato non è previsto nessun intervento esterno per il controllo dell'apprendimento stesso ed è tutto basato su algoritmi d'addestramento i quali modificano i pesi della rete, facendo riferimento alle sole variabili d'ingresso e portando alla creazione spontanea di nuove classi rappresentative dei dati stessi. Esistono molte tipi di rete ma la più usata è la *Multi Layer Perceptron*. Essa è in grado di approssimare qualsiasi funzione non lineare di trasformazione dello spazio degli ingressi in quello delle uscite. La tecnica più diffusa per il training di una rete MLP è il cosiddetto algoritmo di *Back Propagation* che consente di trovare un minimo, spesso locale, della seguente funzione di errore totale.

Altra tecnica di previsione che si analizzerà è l'*Hidden Markov Model*. Essa rappresenta un modello di Markov nascosto in cui lo stato del sistema è un processo stocastico "nascosto" (cioè non noto) che può essere osservato solamente attraverso un insieme di processi stocastici che vanno a fornire la sequenza delle osservazioni. Esistono diversi tipi di HMM con struttura completamente connessa, unidirezionale sinistra-destra e unidirezionale sinistra-destra con percorsi paralleli.

Nella struttura completamente connessa ogni stato può essere raggiunto da un altro in un solo passo e i coefficienti della matrice di transizione sono tutti positivi. Nel caso di HMM con struttura unidirezionale sinistra-destra le transizioni possono avvenire in un'unica direzione (sx-dx) cioè non sono permesse transizioni da uno stato i cui indici sono minori di quelli dello stato corrente. I parametri di cui si compongono gli HMM sono: numero di stati del modello, N , numero dei simboli di un'osservazione per stato, M , matrice delle probabilità di transizione tra gli stati, A , vettore delle probabilità di un simbolo dell'osservazione nello stato j , B e vettore delle probabilità dello stato iniziale, π . La conoscenza delle locazioni future consente di poter gestire al meglio le risorse della rete e assicurare all'utente le prestazioni volute.

A conclusione di questa tesi si parlerà dei problemi dell'HMM e se ne prospetterà la loro soluzione. Lo studio terminerà col cercare di implementare, in codice java, le formule dell'HMM studiato, analizzandone pregi e difetti e contestualmente verrà avanzata, una proposta di miglioramento per quanto riguarda il risparmio di memoria, velocità dei calcoli e ottimizzazione dell'accuratezza di previsione.