

---

# Indice

<b>Introduzione</b>	I
<b>Capitolo 1. Reti Wireless E Reti Veicolari.</b>	1
1.1 Reti Wireless.	1
1.2 Lo standard IEEE 802.11.	7
1.3 Le VANET.	14
1.4 LTE (Long Term Evolution).	21
<b>Capitolo 2. Intelligenza Artificiale E Reti Neurali</b>	24
2.1 L'Intelligenza Artificiale.	24
2.2 Le reti neurali.	30
<b>Capitolo 3 Algoritmi Di Previsione Presenti In Letteratura</b>	47
3.1 Apprendimento automatico.	47
3.1.1 Apprendimento supervisionato.	48
3.1.2 Apprendimento non supervisionato.	53
3.1.3 Apprendimento con rinforzo.	56
3.2 Mobility Prediction.	59
3.2.1 Mobility Prediction nelle reti Wireless Ad Hoc basato sulle Reti Neurali.	60

3.2.2 Pattern Matching per la Mobility Prediction.	63
3.2.3 Algoritmo di Mobility Prediction basato sul Modello di Markov.	65
3.2.4 Uno Strato Genetico Nascosto basato sulle Reti Neurali per la Mobility Prediction.	65
<b>Capitolo 4. Proposta E Analisi Dei Risultati</b>	<b>70</b>
4.1 Proposta e analisi dei risultati.	70
<b>Conclusioni</b>	<b>91</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>93</b>

## Introduzione

Negli ultimi anni il progresso tecnologico ha “costretto” un forte miglioramento delle prestazioni offerte dai vari standard redatti per l’implementazione e la realizzazione delle reti mobili. Uno degli aspetti più critici riguardanti le reti cellulari è rappresentato dalla mobilità utente con il relativo problema concernente la garanzia della continuità del segnale nel passaggio da una cella di copertura ad un’altra.

Il lavoro di ricerca da effettuare sarà incentrato sullo studio e l’ideazione di strumenti validi che possano garantire maggior efficienza e qualità per quanto riguarda proprio la continuità del segnale all’interno delle reti mobili. Per ovviare al problema si possono prendere delle misure preventive andando a prenotare le risorse su ogni cella di copertura che l’utente occuperà durante tutto il suo cammino. La difficoltà sta nel fatto di riuscire a prenotare le celle giuste e a prevedere correttamente il percorso effettuato dall’utente. La ricerca si pone in questa direzione, ossia andando a studiare e ad individuare tutti gli strumenti atti a poter fornire una risposta alla domanda: “Quale sarà il percorso dell’utente?”.

La comunicazione attraverso le reti wireless rappresenta una tecnologia destinata ad essere sempre più ampiamente utilizzata dal momento che accorda all’utente la possibilità di usufruire dei servizi offerti dalla rete senza bisogno di cablaggi. Inizialmente questa tecnologia veniva utilizzata soltanto nei luoghi in cui l’utilizzo e la messa in posa dei cavi risultava molto problematica oppure impossibile a causa dei costi elevati delle apparecchiature wireless. Grazie all’abbattimento dei costi e all’evoluzione della tecnologia, negli ultimi anni il mercato dei dispositivi wireless è in continuo crescere; infatti le reti wireless attualmente vengono installate in molti luoghi e sono entrate anche nella quotidianità delle abitazioni private, nonché nei luoghi di lavoro e di transito. Con l’introduzione delle reti wireless e i relativi dispositivi, si ha quindi un superamento del vincolo del cablaggio riuscendo così ad eliminare i problemi riguardanti i costi e la messa in posa di portanti fisiche. Le reti wireless,

inoltre permettono all'utente la comodità di muoversi liberamente nel raggio della copertura della rete dal momento che utilizzano onde radio, luce infrarossa e sistemi laser come mezzi trasmissivi. Alcune delle applicazioni più diffuse ed utilizzate della tecnologia delle reti wireless sono:

- Le Reti Cellulari Radiomobili come GSM, GPRS, EDGE, UMTS, HSPA, LTE;
- Il WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) che attualmente sta riscuotendo molto successo;
- Le WLAN (Wireless Local Area Network), conosciute anche come reti Wi-Fi.

Uno degli aspetti negativi delle reti wireless rappresenta la garanzia della qualità del servizio (QoS) in quanto risulta molto inferiore rispetto ad una comunicazione wired.

Lo standard di riferimento è l'IEEE 802.11 che consiste in quattro principali protocolli per la comunicazione delle informazioni (802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n), un protocollo per la sicurezza (802.11i) e diversi protocolli aggiunti successivamente per migliorare i servizi già messi a disposizione dagli altri.

La tecnologia wireless viene utilizzata per realizzare delle reti wireless mobili ad hoc, comunemente conosciute come MANET (Mobile Ad-Hoc NETWORK). Un caso particolare delle MANET sono le VANET (Vehicular Ad Hoc Network), una tecnologia che utilizza automobili in movimento per rappresentare i nodi di una rete telefonica mobile. Una VANET trasforma ogni vettura in un router wireless oppure in un nodo, permettendo ai veicoli di connettersi l'uno con l'altro creando una rete ad ampio raggio. Tutti i veicoli, o per meglio dire i nodi, che sono nel sistema collaborano nell'inoltro dei pacchetti secondo la modalità di forwarding di tipo multihop. Le VANET sono dotate di dispositivi con tecnologie di comunicazione senza fili a medio raggio; i veicoli al loro interno possono comunicare solo con quelli appartenenti alla stessa rete, anche se è possibile comunicare con altri veicoli più lontani tramite strutture fisse oppure router mobili. Negli ultimi anni la tecnologia delle VANET ha subito una forte crescita a livello commerciale grazie al loro

possibile impiego nella sicurezza stradale. Attualmente vengono utilizzate soprattutto per la realizzazione di reti ad hoc atte a connettere vari dispositivi ed eventualmente nodi gateway allargando la rete per estendere l'utilizzo di ulteriori servizi ad aree non coperte da infrastrutture. Per quanto riguarda la realizzazione delle reti ad-hoc vengono utilizzate moderne tecnologie, quali il WiFi, il WiMAX e il WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments).

La rete mobile cellulare ha compiuto passi da gigante negli ultimi anni, grazie alle nuove tecnologie: l'UMTS, il 3G ed il precursore del 4G conosciuto come LTE (Long Term Evolution). Grazie a questo standard si può utilizzare la banda larga anche in mobilità, sfruttando le caratteristiche innovative del 4G, anticipandone lo standard. È ancorato ancora all'UMTS, anche se ne apporta miglioramenti e ritocchi che fanno sì che risulti versatile ed innovativo. Può occupare varie bande di frequenza, sfruttando tutti gli intorni di frequenze lasciati liberi dal passaggio al digitale terrestre e dalla scomparsa del GSM. L'unico problema di fondo sta nel fatto che necessita di una copertura radio dedicata a parte, obbligando la realizzazione di una nuova rete supplementare a quella dell'UMTS.

Per quanto riguarda le reti cellulari, uno dei problemi più onerosi sta nella gestione della mobilità utente. Inizialmente se l'utente mobile abbandonava l'area di copertura di una stazione radio base per entrare in una nuova stazione, la sua comunicazione era soggetta ad una degradazione che precedeva l'interruzione del servizio. Questa problematica è analizzata dall' "handover" [1], anche detto "handoff", ovvero il processo per cui un terminale mobile esce dalla copertura di una cella per entrare in una nuova durante una comunicazione, mantenendola però attiva.

La gestione della previsione è uno degli aspetti trattati dall'intelligenza artificiale; generalmente si possiede una grossa quantità di dati che deve essere analizzata per poter riuscire ad estrarre il maggior numero di informazioni da essa. L'intelligenza artificiale è quella branca dell'informatica che offre la possibilità di duplicare il comportamento della mente umana attraverso calcolatori elettronici. Le informazioni derivanti gli studi effettuati in questa direzione hanno portato a creare macchine in

grado di riprodurre semplici compiti del ragionamento umano, adattandosi all'ambiente esterno e capaci di "apprendere" dall'esperienza. Per simulare in tutto e per tutto il comportamento del cervello umano, si stanno realizzando sistemi che ne riproducono anche la struttura.

Un esempio di modello che riproduce il funzionamento del cervello umano sono le reti neurali artificiali, che appartengono all'intelligenza artificiale e rappresentano modelli matematici ispirati al funzionamento delle reti neurali biologiche; vari studi sul cervello umano hanno indicato che quest'ultimo è costituito da un numero molto elevato di neuroni, ossia cellule nervose, connessi tra di loro e con una capacità computazionale semplice. L'interconnessione di questi neuroni implica il comportamento intelligente e la capacità di apprendere di ogni essere umano. Questa caratteristica è stata applicata alle reti neurali: infatti questo tipo di rete è capace di "apprendere" e risolvere i vari problemi proposti quasi come farebbe un cervello umano, adattandosi all'ambiente e agli stimoli esterni. Esistono due meccanismi diversi per far apprendere la rete e dipendono dall'algoritmo utilizzato per il learning della rete: apprendimento supervisionato (ovvero la risposta della rete neurale dovrà essere determinata a priori), oppure apprendimento non supervisionato (ovvero la risposta della rete neurale non è nota a priori). Quindi una rete neurale è formata da un insieme di neuroni artificiali connessi tra di loro e si contraddistingue dal criterio con cui i neuroni sono collegati, dal procedimento usato per determinare le connessioni ossia l'algoritmo di apprendimento e dalle funzioni di trasferimento riferite ai neuroni che le rappresentano; i collegamenti fra i nodi (neuroni) vengono chiamati sinapsi e sono caratterizzati da un peso. Generalmente una rete neurale è composta da uno strato di input che contiene i neuroni di input, uno strato di output che contiene i neuroni di output e uno oppure più strati nascosti che contengono neuroni nascosti e che collegano i neuroni degli strati di input e di output.

La previsione effettuata da modelli "intelligenti", quali le reti neurali, può essere molto utile per ottimizzare i servizi e le risorse da allocare, in modo da "predire" i successivi eventi partendo dai dati in possesso. Per questo motivo la previsione della mobilità

utente si avvale dell'intelligenza artificiale. Lo scopo è quello di riuscire a prevedere il cammino che farà l'utente fra le celle di una determinata zona, in modo da garantirgli la continuità del servizio. Questo consentirà inoltre di allocare le risorse efficientemente e prontamente. Questa problematica è nota in letteratura sotto il nome di "mobility prediction". La previsione della posizione permette ad un utente di avere una stabilità di connessione in un determinato percorso, riducendo l'overhead ed il numero di connessioni interrotte. Ne consegue un miglioramento della qualità del servizio che si offre agli utenti e la continuità del segnale. Molti sono gli algoritmi presenti in letteratura che affrontano tale problematica, utilizzando svariati metodi e strutture capaci di prevedere dei valori di output in base a degli input fissati, come per esempio le reti neurali.

Quest'ultime infatti, grazie alle loro capacità possono essere utilizzate per riuscire a prevedere il cammino di utente e garantire l'handover. Infatti l'algoritmo proposto sfrutta le caratteristiche ed i vantaggi che le reti neurali offrono per prevedere il percorso che l'utente effettuerà in una zona, riuscendo così a prenotare le  $n$  celle consecutive, partendo dal presupposto che siano le prossime che l'utente utilizzerà nel suo cammino.

Si presenterà un algoritmo basato sulle coordinate geografiche della posizione dell'utente in una determinata cella, riuscendo poi a calcolare il suo percorso e non fermarsi a prenotare la singola cella adiacente che occuperà, bensì allargando ed espandendo la previsione ad un cammino formato da  $n$  celle contigue. In ogni cella verrà impiegata la rete neurale Feed-Forward (Perceptron) formata da uno strato di input composto da due neuroni, due strati nascosti composti da 30 neuroni ciascuno e uno strato di output composto da due neuroni, con la relativa funzione di attivazione Sigmoidale e metodo di apprendimento applicato alla rete del BackPropagation.

In seguito, attraverso un'attenta analisi e grazie ai vari test effettuati, l'algoritmo risulterà poco efficiente dal momento che presenterà alta tendenza all'errore. Successivamente si proporrà di migliorare l'algoritmo esposto modificandolo in base ad una nuova idea, cioè quella di modellare le coordinate dell'utente attraverso

istogrammi e trasformazioni binarie, riuscendo infine ad ottenere risultati soddisfacenti. La nuova rete neurale che si andrà ad applicare alle celle sarà costituita da uno strato di ingresso composto da 12 neuroni (sei per la coordinata  $X_i$  e sei per la coordinata  $Y_i$ ), due strati nascosti composti da 30 neuroni ciascuno e uno strato di output composto da 12 neuroni (sei per la coordinata  $X_o$  e sei per la coordinata  $Y_o$ ). La funzione di attivazione verrà sostituita con quella della Tangente Iperbolica  $\text{Tanh}$  e il metodo di apprendimento utilizzato sarà quello del Resilient Propagation. La strada intrapresa apporterà un errore quasi nullo nella conversione dei risultati ottenuti dalla rete neurale e un successo soddisfacente per quanto riguarda la mobility prediction.