

# INTRODUZIONE

L'obiettivo di questa tesi è studiare un modo per ottenere un minor spreco di banda al fine di garantire una qualità del servizio, cioè di andare a prenotare alla richiesta del servizio le risorse su ogni cella che l'utente utilizzerà durante tutto il suo percorso. Attraverso tecniche diverse è possibile prevedere il percorso dell'utente, utilizzando delle particolari strutture, le reti neurali.

In questi ultimi anni il panorama delle telecomunicazioni ha subito un cambiamento radicale. Le esigenze sempre maggiori, ed a prima vista contrastanti, di mobilità ed accesso alle risorse che spingono le aziende informatiche e di telecomunicazioni ad investire nello sviluppo di dispositivi sempre più piccoli e potenti e con forte propensione alla connettività.

Connettività, non più intesa solo come possibilità di comunicare con una persona dall'altro capo del mondo, ma come la possibilità di elaborare, scambiare, condividere, ed accedere informazioni e dati in qualsiasi momento e in qualsiasi luogo.

In questa ottica si è realizzato questo lavoro di tesi, che ha voluto analizzare le problematiche inerenti allo spostamento di un utente mobile e la relativa previsione della futura posizione assunta dall'utente.

La previsione dei movimenti permetterà alla rete di allocare le risorse in modo efficiente, di migliorare le procedure dell'aggiornamento di posizione e di facilitare le tecniche di ricerca.

Le comunicazioni wireless rappresentano una tecnologia in rapida espansione che consente all'utente un accesso a reti e servizi senza necessità di cablaggi. Il concetto di telefonia cellulare indica come il territorio venga diviso in tante celle dotate di stazioni radio che trasmettono su un determinato numero di canali. La copertura delle zone del territorio dipende dalla propagazione del segnale radio.

Si usano due termini tecnici per analizzare la suddivisione del territorio in celle: l'handover e l'interferenza cocanale. L'handover analizza il concetto di "passaggio da una cella ad una contigua"; questa operazione di passaggio è necessaria per evitare le cadute della comunicazione quando si telefona in movimento. L'interferenza cocanale è l'interferenza che si verifica tra celle che utilizzano la stessa banda di frequenza.

La prima generazione di sistemi radiomobili aveva la caratteristica di utilizzare la modulazione di frequenza (FM), per la trasmissione vocale, e la modulazione FSK

(*Frequency Shift Keying*) per la segnalazione. La tecnica di accesso radio utilizzata è chiamata FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), con cui lo spettro è suddiviso in tante porzioni, corrispondenti a frequenze portanti differenti. Uno dei difetti della prima generazione è che il numero di canali disponibili era limitato; per giunta se, durante un collegamento, l'utente mobile usciva dall'area di copertura di una stazione radio base ed entrava in una nuova cella, subiva dapprima una degradazione seguita da un'interruzione del servizio. Successivamente si decise di passare ad uno standard utilizzando comunicazioni del tipo digitale; si passò così alla seconda generazione di sistemi radiomobili, segnata dall'introduzione del GSM (*Global System for Mobile communications*). La principale differenza di questi sistemi, rispetto a quelli analogici, è che non solo i dati relativi alla segnalazione sono trasmessi in forma digitale, ma anche la voce. I vantaggi principali dei sistemi digitali cellulari, rispetto a quelli analogici, sono molteplici, ma in particolare si ha il supporto di nuovi servizi e maggiore flessibilità per le comunicazioni miste di dati e voce; un potenziale aumento delle capacità e maggiore sicurezza della privacy degli utenti grazie alla capacità di crittografare la comunicazione.

Successivamente ci si è concentrati nello studio dell'intelligenza artificiale (IA), la quale ha innumerevoli applicazioni: pianificazione autonoma di attività e operazioni è l'area che maggiormente interessa la produzione industriale e la logistica; i giochi sono una delle aree tradizionali dell'IA da un punto di vista metodologico, il loro studio ha determinato lo sviluppo e la messa a punto di numerose tecniche. Il sogno originale dei ricercatori di IA era quello di individuare un formalismo per rappresentare conoscenza e un apparato deduttivo con poche regole di tipo del tutto generale che permettessero di riprodurre i meccanismi del ragionamento umano. L'evoluzione dell'intelligenza artificiale ha introdotto modelli biologici di computazione: *reti neurali*, *algoritmi genetici*, *swarm intelligence*. L'uso dello **swarm intelligence** rappresenta un metodo di risoluzione di problemi che si ispira, come dice il nome stesso, al comportamento di sciame di animali come formiche, api, uccelli, che singolarmente dispongono di capacità intellettive limitate, ma in gruppo riescono a risolvere problemi complessi come la costruzione di un nido o la ricerca di un percorso da una sorgente di cibo al nido stesso. Esempi di swarm intelligence sono rappresentati dal Comportamento Ant Colony, Ottimizzazione sciame di particelle, Stochastic diffusion.

Gli **algoritmi genetici** (AG) sono metodi adattativi che possono essere usati per risolvere problemi di ricerca e ottimizzazione. Ha origine dall'analogia tra la

rappresentazione di strutture complesse per mezzo di vettori di componenti e l'idea, familiare ai biologi, delle strutture genetiche di un cromosoma. Di generazione in generazione, le specie si evolvono secondo i principi darwiniani della **selezione naturale** e della **sopravvivenza del migliore**. Gli algoritmi genetici, simulando questi processi, modellano le specie come *soluzioni* del problema e selezionando quelle migliori le ricombinano fra loro, in maniera tale da farle evolvere verso un punto di ottimo, ossia verso la **soluzione del problema**.

Una delle caratteristiche principali di un soggetto che definiamo "intelligente" è sicuramente la sua capacità di apprendere. Questa caratteristica esiste anche nei modelli neurali artificiali, i quali sono in grado di configurare i propri parametri interni di funzionamento per adeguarsi agli stimoli esterni, fino a imparare il comportamento desiderato da un numero sufficiente di esempi significativi.

Una **rete neurale artificiale** è formata da un gran numero di unità indipendenti, connesse le une alle altre mediante dei collegamenti. Il *neurone artificiale* è un modello matematico che calcola una funzione, detta *funzione di attivazione*. Gli *ingressi* di tale funzione modellano gli stimoli che il neurone biologico riceve dagli altri neuroni, mentre il risultato calcolato (*uscita*) descrive il segnale trasmesso dal neurone lungo l'assone. Quindi, la funzione di attivazione del neurone artificiale trasforma i valori dell'insieme degli ingressi (*spazio degli ingressi*) in corrispondenti valori nell'insieme delle uscite (*spazio delle uscite*).

Le *reti neurali artificiali* sono ottenute connettendo tra loro i neuroni artificiali, la classificazione delle reti neurali è quella in base agli algoritmi di apprendimento che le divide in: *Supervisionate, non supervisionate, per rinforzo*. Un altro aspetto che differenzia le reti neurali è rappresentato dalla tipologia delle connessioni tra i nodi: in alcuni casi le connessioni viaggiano solo in un senso **feed-forward** a strati. La struttura di una rete neurale *feed-forward* si presenta come una serie di neuroni divisi in gruppi chiamati strati e viene classificata come: reti feedforward a un solo strato, reti feedforward multistrato, reti ricorsive.

Tra i vari algoritmi di apprendimento supervisionato sono qui presentati alcuni particolarmente significativi: l'algoritmo di *retropropagazione (backpropagation)*, e l'*apprendimento per rinforzo (reinforcement learning)*.

L'algoritmo detto *retropropagazione (backpropagation)* è quello più utilizzato per l'apprendimento supervisionato. Questa tecnica si basa sulla valutazione dell'errore commesso dalla rete neurale in funzione dei parametri della rete stessa e sulla sua

diminuzione tramite una modifica dei parametri operata nella direzione del gradiente della funzione errore. Per via della necessità di calcolare il gradiente della funzione calcolata dalla rete neurale, tale tecnica può essere utilizzata solo se la funzione di attivazione dei neuroni è derivabile rispetto ai parametri da configurare.

Per utilizzare le reti neurali in un problema reale è necessario scegliere la topologia della rete, il modello di neurone, il numero di neuroni, e l'algoritmo di apprendimento da adottare.

La scelta del modello di neurone da impiegare è legata all'algoritmo di *addestramento* ed al tipo di uscite che si desiderano. Il numero di neuroni determina il numero di parametri da configurare. La scelta di tale valore è spesso ottenuta bilanciando vincoli contrastanti: un numero elevato di neuroni consente, potenzialmente, una maggiore accuratezza nella rappresentazione della funzione che approssima l'insieme degli esempi, ma richiede anche un elevato tempo di addestramento. Inoltre, il numero di neuroni è anche legato al numero di esempi disponibili. Per problemi semplici la valutazione della capacità di generalizzazione di una rete neurale può essere di tipo qualitativo, ma problemi di reale interesse applicativo richiedono una valutazione quantitativa della soluzione ottenuta: una volta terminato l'addestramento, si deve essere in grado di fornire una misura delle prestazioni di una rete neurale.

In un sistema wireless mobile, un utente deve avere l'accesso mentre transita da una cella all'altra. Questo problema è chiamato gestione della mobilità.

Se la rete potesse prevedere dove l'utente si trova, allora una considerevole quantità di banda potrebbe essere salvata e le risorse potrebbero essere ottimizzate nella gestione della mobilità.

La previsione è considerata come una delle dirette applicazioni dei sistemi di intelligenza artificiale. La previsione tenta di formare i modelli che le consentono di prevedere le successive possibilità. Di solito si ha una grande quantità di dati che deve essere interpretata in modo da estrarre conoscenza da questa informazione. Tale conoscenza può essere estremamente utile per ottimizzare le risorse e fornire servizi intelligenti. La previsione tenta di formare i modelli che le consentono di predire i successivi eventi a partire dai dati disponibili. La previsione dei movimenti permetterà alla rete di allocare le risorse in modo efficiente, di migliorare le procedure di aggiornamento di posizione e di facilitare le tecniche di ricerca di posizione. Se si è in grado di prevedere correttamente dove l'utente andrà si può ridurre il numero di aggiornamenti di posizione. In poche parole, se la previsione è corretta l'utente non ha

la necessità di informare ripetutamente la rete della sua posizione e la rete non si dovrà interessare della posizione dell'utente.

Il metodo proposto per la previsione del percorso è basato sull'utilizzo delle reti neurali utilizzando due metodi diversi.

Col primo metodo si vuole prevedere il prossimo passo del percorso a partire dalle coordinate della cella corrente, cioè da dove parte la chiamata, e dalla direzione di spostamento corrente dell'utente.

Nel secondo metodo si utilizza, invece, la storia degli spostamenti dell'utente per poter definire il prossimo passo.

Per garantire una previsione più corretta, cioè evitare che l'utente si sposti in una posizione non prevista, invece di valutare un singolo movimento da una cella coperta da un'altra, si andrà a valutare la probabilità che l'utente si sposti in ognuna delle direzioni, andando in seguito a prenotare su quelle che hanno una probabilità maggiore. Con l'approccio preso in esame l'errore di previsione diminuisce mentre lo spreco di risorse aumenta. Ciò comporta trovare un compromesso tra errore di previsione e spreco.

Quando viene commesso un errore esso si ripercuote sul resto della previsione. L'idea è che nel momento in cui l'utente si accorge di andare su una cella non prenotata, cioè non trova banda a lui riservata, comunica alla rete la sua posizione. La rete cellulare provvederà ad allocare le risorse per la cella corrente, deallocare le risorse riservate all'utente nelle celle previste ma che probabilmente non utilizzerà a causa dell'errore di previsione e ad avviare una nuova previsione con i dati corretti.

Per generare le coordinate di movimento degli utenti si utilizzano i **modelli di mobilità**. La modellazione di mobilità, il comportamento o le attività del movimento di un utente può essere descritta utilizzando sia dati analitici che modelli di simulazione. I modelli di mobilità trattati sono: Random Waypoint, Manhattan, Smooth Random.