

## Introduzione

L'uomo sin dalla preistoria ha sempre cercato, per necessità e per comodità, di comunicare con altri individui; con l'andare del tempo questa esigenza è cresciuta sempre più, si è passati dalla parola alla carta, dalla carta ai media e come ultimo anello della catena comunicativa si è giunti sino all'era dei personal computer; dopo l'avvento di questi ultimi, negli anni settanta si è investigato circa la possibilità di interconnettere fra loro queste macchine senza l'ausilio dei fili e questo ha attirato l'attenzione di ricercatori e imprenditori di tutto il mondo, in seguito, con l'avvento dei PC portatili e dei PDA (Personal Digital Assistants), è cresciuta sempre più l'esigenza della mobilità da parte degli utenti.

Nel primo capitolo si parlerà principalmente dei sistemi e delle reti mobili. Essenzialmente, un sistema di comunicazione con mezzi mobili (o anche sistema radiomobile) è un sistema di telecomunicazioni in cui è possibile mantenere la connessione o il collegamento tra due o più utenti anche in situazioni di mobilità totale o parziale degli utenti stessi.

Convenzionalmente, si fa coincidere la nascita delle comunicazioni con mezzi mobili con l'invenzione della modulazione di frequenza FM (frequency modulation) avvenuta nel 1935 da E. H. Armstrong.

I sistemi radiomobili sono in continua evoluzione dalla creazione della 1G (prima generazione) fino alla 4G (quarta generazione) attualmente in uso e le generazioni cellulari differiscono, in generale, in quattro aspetti principali: accesso radio, velocità di trasmissione dati, larghezza di banda e sistemi di commutazione.

Successivamente, nel secondo capitolo, si illustreranno i sistemi cellulari e wireless IMT-Advanced 4G che comprendono principalmente l'LTE-Advanced (famiglia 3GPP) ed il mobile WiMAX Advanced (famiglia IEEE, 802.16m). Entrambi gli standard IEEE 802.16m ed LTE advanced, incrementano ulteriormente i flussi di dati e migliorano l'efficienza spettrale del sistema supportando anche la compatibilità con le rispettive versioni precedenti.

Entrambi, quindi, sono sistemi per l'accesso wireless alla Rete ad alta velocità. Che cosa li differenzia, allora? A parte il fatto che uno, l'LTE, è stato progettato per il mobile e l'altro, WiMax, è stato progettato inizialmente per abitazioni ed uffici, va detto che si parla di tecnologie con diverse fortune: LTE è in forte evoluzione, WiMax è tutto sommato in stallo (sicuramente non sta raccogliendo il successo che si credeva fino a qualche anno fa).

Anche la copertura è diversa; LTE lavora sull'infrastruttura consolidata della telefonia di terza generazione, mentre WiMax richiede nuove antenne (solitamente della portata di 50 chilometri ognuna): la copertura di quest'ultima, sul territorio nazionale, è quindi notevolmente inferiore.

Parlando di velocità di trasmissione dati (e in download in particolare), si registrano 6/7 Mbps per WiMax (con picchi potenziali di 40 Mbps anche se, va detto, c'è chi parla di una velocità futura di 1 Gbps!) contro i 50 Mbps dell'LTE (100 Mbps potenziali).

Proprio per questi motivi LTE Advanced, a scapito del WiMax, è considerata la nuova frontiera della connettività mobile.

Nel processo di sviluppo della tecnologia Long Term Evolution (la cosiddetta 4G, ovvero "quarta generazione") è stato aggiunto un altro tassello, che ha permesso di alzare ulteriormente l'asticella della velocità di navigazione tramite smartphone, tablet ed altri dispositivi mobili.

Dunque, l'introduzione della 4G ha portato chiaramente un primo picco di rivoluzione degli smartphone, che offre alta larghezza di banda cellulare oltre ad accesso radio quasi ovunque ed in qualsiasi momento. Tuttavia, poiché diventa sempre più evidente che la 4G non sarà in grado di soddisfare le esigenze emergenti del futuro della comunicazione di sistemi mobili, le domande da porsi sono: che cosa potrebbe fare un sistema di quinta generazione e quali sono i fattori chiave?

Le risposte a questa domanda verranno affrontate nel quinto capitolo, in cui verranno illustrate le potenzialità ed i benefici che verranno introdotti con questa tecnologia innovativa.

Con la 5G, dunque, la ricerca sulla comunicazione mobile è sull'orlo di un nuovo ciclo d'innovazione:

- L'Internet delle cose (Internet of things - IoT) collegherà miliardi di dispositivi, vale a dire, le cose della nostra vita quotidiana, che è molto più di quanto la 4G può tecnicamente ed economicamente ospitare. Questo aprirà quindi nuove vie per monitorare ed assistere in sicurezza, ad esempio il controllo nella telemedicina di zona, case intelligenti, fabbriche intelligenti ecc. Infatti, l'Internet degli oggetti potrebbe cambiare il nostro modo di vedere Internet; si passa quindi da una visione come un'interfaccia uomo-uomo verso una più generale piattaforma machine-to-machine (M2M).
- La sicurezza, l'integrità e la privacy dei dati saranno una questione chiave nel mercato della 5G. Le soluzioni di sicurezza attuali, ad esempio per l'IoT, sono inferiori a causa del gran numero di nodi che devono essere gestiti in maniera flessibile e distribuita nella rete.
- Il tactile internet (TI) comprende una vasta quantità di applicazioni in tempo reale con bassi requisiti di latenza tra cui applicazioni wireless industriali come ad esempio le reti intelligenti. Motivati dal senso tattile umano, che richiede tempi di andata e ritorno dell'ordine di 1 ms, la 5G può quindi essere applicata per la direzione ed il controllo di scenari che implicano un cambiamento.
- La connettività wireless dell'ordine del Gigabit è richiesta in grande quantità in incontri con i dispositivi eventualmente collegati in modo interattivo con angolo controllato da uno streaming video 3D.

Il sistema di comunicazione di quinta generazione quindi, è visto come una rete wireless reale, in grado di supportare applicazioni web wireless a livello mondiale (www).

Ci sono due punti di vista per i sistemi 5G: evolutivo e rivoluzionario.

Dal punto di vista evolutivo, i sistemi 5G saranno in grado di supportare www permettendo di avere una rete altamente flessibile come una rete wireless Adhoc dinamica (DAWN).

In questa visione, tecnologie avanzate, tra cui antenne intelligenti e modulazione flessibile, sono le chiavi per ottimizzare le reti wireless adhoc.

Dal punto di vista rivoluzionario, i sistemi 5G dovrebbero essere una tecnologia intelligente in grado di interconnettere tutto il mondo senza limiti. Un esempio di applicazione potrebbe essere un robot wireless con intelligenza artificiale.

Quindi, ricapitolando, nello scenario attuale, la continua crescita della domanda di una migliore esperienza mobile, di velocità di trasferimento dati più elevate e di latenze inferiori, sta guidando lo sviluppo di questa nuova generazione di sistemi wireless.

In conclusione, nel quarto capitolo, verrà mostrata una delle tappe essenziali per lo sviluppo di questa nuova tecnologia, riguardante la pianificazione di reti radio (RNP), la quale è molto importante per definire la distribuzione di una rete wireless che soddisfi una certa copertura, capacità e qualità di servizio (QoS) richieste.

Mentre il problema RNP è stato studiato per gli standard wireless esistenti, i maggiori progressi introdotti per il moderno standard 5G, necessitano di un nuovo studio del problema. A tal fine, nel quarto capitolo si analizza il processo RNP nel contesto delle prossime reti 5G.

Il processo di pianificazione ridurrà al minimo ed ottimizzerà l'ubicazione delle stazioni di base (BS) in un'area geografica selezionata, utilizzando un algoritmo euristico. Anche se la 5G è ancora in fase di standardizzazione, verrà tenuto conto di alcuni degli aspetti chiave che costituirebbero il nucleo delle reti di nuova generazione, come l'uso di onde millimetriche (MMW) a frequenze portanti, e l'eventuale sviluppo di reti eterogenee e fitte.

In particolare, verranno effettuate diverse simulazioni:

- una prima simulazione riguarderà un'ottimizzazione standard considerando l'utilizzo di macro e micro BS con frequenze a 28GHz che, si suppone, verranno utilizzate con la 5G;
- una seconda simulazione riguarderà una raffinazione della prima ottimizzazione andando a considerare l'attenuazione del segnale dovuta a fenomeni di pioggia;
- una terza simulazione riguarderà una raffinazione della prima ottimizzazione, questa volta però, andando a considerare l'attenuazione del segnale dovuta dalla presenza di fogliame sul territorio;

- una quarta simulazione verrà effettuata per mostrare l'utilizzo di femtoBS in aggiunta alle microBS, in quanto la 5G dovrà supportare una grande quantità di traffico interno;
- infine viene effettuata un'ultima simulazione considerando uno schema simile a quello della prima, ma con frequenze a 2 GHz, che sono utilizzate tutt'oggi nelle attuali reti 4G, per mostrare la differenza del numero di stazioni base che servono per garantire una copertura ottimale.