

Indice

1 Le reti wireless	1
1.1 Introduzione alle reti wireless	1
1.2 UMTS e LTE.....	2
1.3 WiMAX.....	4
1.4 802.11n.....	7
1.4.1 Tecnologia MIMO	8
1.4.2 L'aggregazione dei pacchetti.....	10
1.4.3 Il channel bonding	10
1.5 Wireless Sensor Network.....	11
1.6 MANET.....	14
1.6.1 Mobilità dei nodi	15
1.6.2 Assenza del controllo e della gestione della rete.....	15
1.7 VANET	19
1.7.1 IVC (inter-vehicle communications).....	21
1.7.2 RVC(Roadside-vehicle communications).....	22
1.7.3 HVC (Hybrid vehicular communication).....	22
1.7.4 Modelli di mobilità	23
1.7.5 Nascita dello standard.....	24
2 Livello fisico e MAC	25
2.1 Introduzione	25
2.2 Lo stack protocollare.....	26
2.3 Livello fisico 802.11a.....	27
2.4 Livello fisico 802.11p	29
2.4 Livello MAC	32
2.4.1 Livello MAC IEEE 802.11	32
2.4.3 Procedura di backoff.....	39

2.4.4 Formato del frame	39
2.4.5 Modalità operazionali	41
2.5 802.11p: Approccio WAVE.....	43
2.5.1 Enhanced Distributed Channel Access (EDCA)	44
2.5.2 Lo standard IEEE 1609.4	45
2.6 Il protocollo: A secure Vanet MAC protocol for DSRC applications	47
2.6.1 Descrizione del protocollo.....	48
3 Livello di routing.....	50
3.1 Introduzione	50
3.2 Classificazione dei protocolli	51
3.3 Il protocollo MIBR.....	53
3.3.1 Descrizione dell'algoritmo di routing	53
3.3.2 Forwarding	56
3.4 Il protocollo VPGR	57
3.4.1 Descrizione dell'algoritmo	58
3.4.2 Predictive Directional Greedy Routing	60
3.5 Il protocollo EBGR	60
3.5.1 Ipotesi	61
3.5.2 Procedura di raccolta delle informazioni da parte dell'NNI.....	61
3.5.3 Identificazione della direzione di un nodo candidato.....	62
3.5.4 Algoritmo di selezione del prossimo nodo	63
3.6 Il protocollo PDVR	64
3.6.1 Selezione del prossimo nodo	65
3.6.2 Curve Road Scenario.....	67
3.6.3 Algoritmo di routing.....	68
3.7 Il protocollo End-to-End Routing for Urban VANET	70
3.7.1 End-to-End Path Selection	70

3.7.2 Selezione del next-hop	71
3.8 Il protocollo VRP	72
3.7.1 System model	73
3.8 Il protocollo PGR	76
3.8.1 Ipotesi	76
3.8.2 Propagazione delle informazioni ai vicini (beacon).....	77
3.8.4 Inoltro dei dati	78
3.9 Il protocollo CBR.....	80
3.9.1 Creazione e manutenzione delle griglie	80
3.9.2 Elezione del nodo di inoltro di un cluster.....	81
3.9.3 Scelta del miglior nodo di inoltro	82
3.9.4 Processo di routing	83
4 Fenomeni di propagazione in scenari VANET.....	84
4.1 Introduzione	84
4.2 Fenomeni di propagazione per comunicazioni mobili senza filo.....	84
4.2.1 Riflessione	86
4.2.2 Diffrazione.....	89
4.2.3 Diffusione	91
4.3 Large-scale e small-scale fading	93
4.3.1 Modelli di propagazione in Large-scale	95
4.3.2 Small-scale fading	100
4.4 Caratterizzazione dei canali con multipath fading	102
4.5 Funzioni di correlazione del canale e spettro di potenza	104
4.6 Implementazione di uno scenario urbano	107
Conclusioni	112
Bibliografia e Sitografia	115

Capitolo 1

Le reti wireless

1.1 Introduzione alle reti wireless

La comunicazione digitale senza fili (wireless) non è un'idea nuova. Infatti nel 1901 il fisico italiano Guglielmo Marconi dimostrò la telegrafia senza fili da una nave utilizzando il codice Morse (punti e linee, sono simboli binari dopotutto). I sistemi digitali wireless odierni hanno prestazioni migliori ma l'idea di base resta la stessa. Le reti wireless consentono agli utenti un rapido accesso a reti e servizi evitando i cablaggi richiesti dalle reti wired. In via teorica, gli utenti di una rete locale wireless vogliono usufruire degli stessi servizi e vorranno disporre delle stesse potenzialità a cui una rete cablata li ha abituati. In pratica, l'equivalenza tra i due approcci wireless e wired, è una sfida aperta. In particolare l'approccio wireless, a fronte di innegabili vantaggi, è soggetto ad alcuni limiti non presenti nell'approccio cablato.

In principio gli alti costi di messa in opera ne limitavano l'utilizzo solo alle università, alle grosse aziende e in generale soltanto agli enti privati. Inoltre, a causa del prezzo degli apparati wireless, questa tecnologia veniva utilizzata solo in caso di condizioni in cui l'uso di cavi era difficile o impossibile. Con la diffusione e la commercializzazione su vasta scala avvenuta negli ultimi anni, i prezzi di utilizzo sono diminuiti a favore della diffusione anche in ambito domestico.

L'applicazione di queste tipologie di reti ricopre una vasta area di utilizzi, dall'uso nelle proprie abitazioni all'utilizzo della tecnologia in ambienti veicolari seppur con notevoli modifiche a seconda dell'ambiente in cui bisogna operare.

Esiste uno standard IEEE per la definizione dello standard senza fili che è chiamato 802.11 [1]. Esso è implementato dalla maggioranza dei sistemi ed è diventato estremamente diffuso. Lo standard può funzionare sia in presenza che in assenza di una stazione base. Nel primo caso tutte le comunicazioni passano attraverso la stazione base, che nella terminologia base 802.11, prende il nome di AP (Access Point). Nel

secondo caso invece i computer spediscono i dati direttamente tra di loro e questa modalità viene chiamata ad-hoc networking.



Figura 1.1. I differenti standard forniti dall'802.11.

In questo capitolo andremo ad analizzare, in generale, le principali reti wireless per poi mettere in evidenza le caratteristiche distintive delle reti MANET e successivamente discutere le reti veicolari VANET.

1.2 UMTS e LTE

Parlando di reti wireless non poteva non essere citata una delle reti wireless maggiormente diffusa in Italia e nel mondo, anche se con nomi diversi, stiamo parlando dell'UMTS. Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) è la tecnologia di telefonia mobile di terza generazione (3G), successore del GSM. Tale tecnologia impiega lo standard base W-CDMA come interfaccia di trasmissione, è compatibile con lo standard 3GPP e rappresenta la risposta europea al sistema ITU di telefonia cellulare 3G. L'UMTS è a volte lanciato sul mercato con la sigla 3GSM per mettere in evidenza la combinazione fra la tecnologia 3G e lo standard GSM di cui dovrebbe, in futuro, prenderne totalmente il posto.

La terza generazione di telefonia mobile consente, grazie alla disponibilità di banda fino a 2 Mbit/s, di offrire l'accesso in mobilità a nuovi servizi a banda larga come video on-demand, giochi interattivi, musica, telemedicina, teleapprendimento, ecc.

Il sistema UMTS è promosso e supportato da tutti i maggiori operatori e costruttori del settore, poiché rappresenta un'opportunità unica per creare un mercato di massa per accessi mobili altamente personalizzati e user friendly per una quantità di servizi ora disponibili solo per collegamenti dati via cavo.

L'idea è stata quella di partire dalle tecnologie di telefonia cellulare e satellitare odierne ed estenderle attraverso un aumento della capacità, fornendo un migliorato servizio dati

e una maggiore gamma di servizi, usando un innovativo accesso radio ed un core network migliorato ma in continua evoluzione.

Il sistema sarà universale, ma non unico, tanto è vero che si prevedono due alternative tecniche, l'una denominata W-CDMA, l'altra TD-CDMA. Ambedue le soluzioni prevedono che i canali di comunicazione non siano principalmente ottenuti delimitando bande di frequenza (FDMA= Frequency Division Multiple Access) o intervalli di tempo (TDMA= Time Division Multiple Access), ma sfruttando le proprietà di particolari codici (Code Division Multiple Access). Nella prima alternativa si usa la discriminazione in frequenza (FDD= Frequency Division Duplex) per separare i canali della tratta mobile-base da quelli base-mobile, mentre nel secondo caso la stessa banda è utilizzata alternativamente dai due corrispondenti (TDD= Time Division Duplex). L'adozione dei due standard permette di destinare le diverse porzioni di spettro radioelettrico rese disponibili a quel sistema che ha la miglior potenzialità di utilizzo.

Le attuali reti UMTS sono state potenziate mediante i protocolli High Speed Packet Access (HSPA), una famiglia di protocolli per la telefonia mobile che estendono e migliorano le prestazioni dell'UMTS. L'HSPA include l' High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA) per la trasmissione dati in downlink (verso l'utente) e l'High-Speed Uplink Packet Access (HSUPA) per la trasmissione dati in uplink (verso la rete), con una velocità massima teorica di scaricamento dati in download di 14,4 Mb/s e in upload di 7,2 Mb/s.

Inoltre è già in via di sperimentazione una nuova tecnologia, l'LTE (Long Term Evolution), che si colloca in una posizione intermedia fra gli attuali standard 3G come l'UMTS e quelli di quarta generazione (4G) ancora in fase di sviluppo.

L'LTE è parte integrante dello standard UMTS, ma prevede numerose modifiche e migliorie fra cui:

- velocità di trasferimento dati in download fino a 100 Mbps;
- velocità di trasferimento dati in upload fino a 50 Mbps;
- velocità di trasferimento dati al bordo della cella da 2 a 3 volte superiori all'UMTS/HSPA;
- efficienza spettrale 3 volte superiore alla più evoluta versione dell'UMTS, ovvero l'HSPA;
- RTT (Round Trip Time) inferiore ai 10 ms (contro i 70ms dell'HSPA ed i 200

ms dell'UMTS);

- utilizzo della modulazione OFDM per il downlink e Single-Carrier FDMA per l'uplink (al posto del W-CDMA dell'UMTS);
- utilizzo di un minimo di 1.25 MHz ed un massimo di 20 MHz di banda per ciascun utente con ampia flessibilità (contro i 5 MHz fissi del W-CDMA);
- applicabilità flessibile a diverse bande di frequenza, incluse quelle del GSM, dell'UMTS-WCDMA e di nuove bande a 2.6 GHz, e con possibilità di aggiungere nuove bande nel tempo a seconda delle necessità;

A differenza dell'HSPA e dell'HSPA Evolution, che utilizza la stessa copertura radio della rete UMTS, per l'LTE è necessario predisporre una copertura radio dedicata, realizzando di fatto una nuova rete aggiuntiva a quella dell'UMTS, o di qualsiasi altro sistema di accesso cellulare, come il GSM, il CDMA2000 e così via.

La standardizzazione dell'LTE è stata completata dal 3GPP all'inizio del 2008 e la prima disponibilità di apparati per le reti di nuova generazione è prevista per la fine del 2009. L'obiettivo dell'LTE è quello di promuovere l'uso della banda larga in mobilità, sfruttando l'esperienza e gli investimenti effettuati per le reti 3G ed anticipando i tempi rispetto alla disponibilità degli standard di quarta generazione 4G, il cui obiettivo è quello di raggiungere velocità di connessione wireless anche superiori ad 1 Gbps.

1.3 WiMAX

Il WiMAX, acronimo di Worldwide Interoperability for Microwave Access, è una tecnologia che consente l'accesso a reti di telecomunicazioni a banda larga e senza fili (BWA - Broadband Wireless Access).

WiMAX ha la possibilità, al pari di altre tecnologie wireless, di essere utilizzato su molti tipi di territorio (si possono utilizzare sistemi WiMAX in ambienti dall'urbano al rurale).

A seconda della normativa del paese di riferimento, le frequenze usate da WiMAX potrebbero essere soggette a concessione in licenza (cioè assegnate in uso esclusivo dalle istituzioni governative preposte a enti e aziende, solitamente dietro compenso)