

# INDICE

INDICE .....	I
INTRODUZIONE .....	IV
<b>Capitolo 1</b> .....	1
1.1 Le Comunicazioni wireless e la banda larga. ....	1
1.2 La pila dei protocolli 802.16.....	3
1.3 L’evoluzione dello standard IEEE802.16.....	4
1.3.1 Le tecnologie dello standard IEEE802.16 .....	4
1.4 Sistemi “Local loop” a banda stretta senza fili.....	6
1.5 Sistemi a banda larga di prima generazione .....	7
1.6 Sistemi a banda larga di seconda generazione.....	8
1.7 La situazione del Wi-Fi a oggi .....	8
1.8 Altre tecnologie di fornitura della banda larga wireless.....	13
1.8.1 Cellulari di terza generazione .....	13
1.9 HiperLAN.....	16
1.9.1 HiperLAN 2.....	17
1.10 WLAN .....	18
<b>Capitolo 2</b> .....	21
2.1 Lo standard WiMAX 802.16 e i servizi concorrenziali offerti di banda wireless.....	21
2.2 Servizi concorrenziali di accesso alla rete a banda larga senza fili.....	22
2.3 La creazione di una tecnologia basata sugli standard.....	25
2.4 Banda larga senza fili fissa: Drivers & applicazioni .....	26
2.5 Backhaul per aree di accesso al WiFi.....	28
2.6 Banda larga mobile senza fili .....	29

2.7 Servizi che fanno concorrenza al WiMAX.....	29
2.8 Un breve confronto del WiMAX rispetto al 3G ed al WiFi .....	30
2.9 L'evoluzione dello Standard IEEE802.16.....	32
2.10 Reti private e reti pubbliche.....	35
2.11 La tecnologia WiBro in Corea.....	36
2.12 La situazione in Italia .....	37
2.13 Vantaggi offerti dalla rete WLAN.....	38
2.14 WiMAX mobile.....	39
<b>Capitolo 3.....</b>	<b>41</b>
3.1 Il livello fisico del WiMAX.....	41
3.2 La Codifica del canale .....	43
3.3 Turbo codici.....	44
3.4 HARQ (Hibrid Automatic Repeat Request).....	46
3.5 La modulazione e la codifica adattativa .....	47
3.6 L'OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) .....	48
3.7 Interleaving.....	50
3.8 Mappatura dei simboli.....	51
3.9 Struttura dei simboli dell'OFDM .....	51
3.10 Allocazione delle sottoportanti.....	52
3.11 Ranging.....	53
3.12 Sottocanale e permutazione delle sottoportanti.....	54
3.13 Principio globale del PUSC Parziale utilizzo dei sottocanali.....	56
3.14 MIMO (Multiple Input Multiple Output).....	57
3.15 Tassi di dati nello strato fisico .....	58
<b>Capitolo 4.....</b>	<b>60</b>
4.1 Il livello MAC del WiMAX .....	60
4.1.1 Il sottostrato di convergenza.....	62
4.1.2 Repressione dell'intestazione del pacchetto.....	63

4.1.3 La Qualità del Servizio QoS.....	70
4.1.4 Servizio di pianificazione .....	70
4.1.5 Servizio di flusso e operazioni della QoS.....	70
4.2 Inizializzazione e ingresso nella rete .....	71
4.2.1 Scansione e Sincronizzazione del canale in downlink .....	72
4.2.2 Negoziazione delle funzionalità di base .....	73
4.2.3 Istallazione del flusso del servizio.....	74
4.2.4 Modalità di riposo.....	76
4.3 Gestione della mobilità.....	77
4.3.1 La Macro diversità e la consegna veloce del commutatore BS.....	78
4.4 La gestione del livello MAC .....	80
<b>Capitolo 5</b> .....	<b>82</b>
5.1 Analisi delle performance.....	82
5.1.1 Metodologia per la simulazione del livello data link .....	84
5.1.2 AWGN Prestazioni del canale nel WiMAX.....	86
5.1.3 Affievolimento delle prestazioni del canale nel WiMAX.....	86
5.1.4 MIMO a ciclo aperto e a ciclo chiuso.....	89
5.1.5 Ricevitori avanzati e vantaggi della Tecnologia WiMAX .....	93
5.2 Risultati ottenuti per un sistema WiMAX.....	96
<b>Conclusioni</b> .....	<b>98</b>
<b>Bibliografia</b> .....	<b>100</b>

# INTRODUZIONE

La tecnologia WiFi è stata introdotta da pochi anni per diverse ragioni: tra queste sicuramente, dalla necessità che la maggior parte delle attività lavorative oggi, specie nel settore della New Economy, prevede continui spostamenti di sedi, per cui le industrie del settore delle Telecomunicazioni hanno interpellato il gruppo IEEE per far sì che venisse definito uno standard per la banda larga wireless. Dal momento in cui questa si è diffusa, molte aziende, appena nate, hanno lavorato sulle tecnologie a banda larga, Internet, e studiato una serie di metodi per migliorare le velocità di trasmissione dati rispetto a quella già presente sul mercato; WiMAX rileva una velocità che si aggira intorno ai 70Mbps di picco sulla frequenza dei 3.5GHz, una migliore QoS (Qualità del Servizio) e risulta più efficiente delle tecnologie dello stesso settore. Per essere concorrenziale, ovviamente sono stati messi a disposizione dei finanziamenti alle imprese da parte degli stati che hanno voluto aderire, quindi: risorse, strumenti, competenze e tanto lavoro che ha portato a dei risultati (teorici e pratici in alcuni Stati) certamente soddisfacenti.

WiMAX è una delle tecnologie di rete a banda larga con estensione metropolitana che si colloca nel panorama delle reti wireless. E' presente da pochi anni nel mercato mondiale delle Telecomunicazioni e mira col passare degli anni, a essere competitiva nel settore. La sua origine deriva dalla convergenza dello standard 802.16 sviluppato dallo IEEE e dal "HiperMAN" (High Performance Radio Metropolitan Area Network) sviluppato dall'ETSI (Istituto degli Standard delle Telecomunicazioni Europee). In Italia ancora non è a pieno regime perché contrastata e repressa dalla concorrenza dei principali gestori telefonici di rete fissa e mobile che utilizzano altri tipi di tecnologie, come l'ADSL2, HSDPA e 3G, tuttavia per le zone dove c'è copertura, essa risulta sicuramente una valida alternativa tra le tecnologie note e non delude le aspettative degli utenti che la utilizzano. I maggiori fornitori del servizio WiMAX in Italia in questi ultimi anni sono "Linkem", "WiTech" e "Aria".

Attualmente la sua diffusione è circoscritta solo a determinati territori (aree suburbane) perché non godono delle caratteristiche comuni. I casi tipici, di copertura, per esempio, investono le zone rurali o quelle che non sono raggiunte da una rete cablata a banda larga per cui è resa complicata la stesura di nuovi cavi. Inoltre dal punto in cui è posta la “stazione base” al punto in cui si trovano l’utente, detta “stazione utente” copre fino a un raggio d’azione che dovrebbe superare una distanza di 50 Km. La larghezza di banda del WiMAX quindi non è fissa come è nel caso del WiFi.

WiMAX offre “nomadicità”, termine introdotto da qualche anno che indica il modo di connettersi in mobilità, e che al tempo stesso garantisce il mantenimento attivo della connessione alla rete anche in movimento, quindi in auto, treno, ecc. Essa è una tecnologia di rete con un’estensione WMAN, cioè una MAN a banda larga; è “interoperabile”, cioè è sia “certificata” e sia “può cooperare con le tecnologie di rete preesistenti” come il WiFi, il 3G, 4G, ecc. Lo standard 802.16-2004 prevede l’uso di frequenze comprese tra i 2 e i 60GHz, ma la necessità pratica del “Non line of sight”, cioè della “non visibilità diretta tra la stazione base e quella utente”, richiede un utilizzo di frequenze più basse che si aggirano intorno agli 11GHz. Lo stesso effetto lo si ottiene utilizzando delle antenne adattative AAS (Adaptive Antenna System) e applicando le tecniche di multiplazione OFDM. Lo standard 802.16e che è il WiMAX mobile aggiunge la mobilità alla versione fissa utilizzando le frequenze più basse al di sotto dei 3GHz. L’avvento di WiMAX affianca e integra la tecnologia del WiFi superandone i limiti di copertura e permettendo, anche in aree geomorfologicamente svantaggiate e poco adatte al dislocamento di soluzioni cablate, una copertura capillare di tutto il territorio. Esso ha dato un ulteriore impulso al superamento di queste resistenze e alla diffusione di soluzioni di accesso wireless in ogni ambiente e contesto. Queste due tecnologie danno la possibilità di realizzare soluzioni di accesso alternative alla separazione e al superamento del Digital Divide. Considerato come il fratello maggiore del Wi-Fi è già integrato in molti PC. A differenza del Wi-Fi il cui segnale si estende fino a 100 metri dall’antenna, quello del WiMAX si spinge fino a 50 Km e può consentire la copertura di ampie zone del territorio nazionale a prescindere dalle condizioni orografiche e della densità della popolazione.

Il sistema inoltre è molto più economico e pratico da implementare poiché non richiede il costoso processo di cablatura per far passare cavi e fibre ottiche e garantisce una copertura omogenea anche nelle aree geografiche più remote o svantaggiate geograficamente. WiMAX è anche una tecnologia radio di tipo punto-multipunto. Storicamente le attività per la messa a punto dello standard risalgono al mese di luglio 1999, data di rilascio della sua definizione ufficiale. Solo alla fine del 2005 è uscita l'estensione 802.16e che ha definito gli aspetti per gli utenti mobili (WiMAX mobile). Allo scopo di promuovere la diffusione commerciale è stato costituito il WiMAX Forum: un consorzio industriale che vanta oltre un centinaio di membri tra operatori di telecomunicazioni, aziende manifatturiere ed enti di ricerca che si occupa di sviluppare i profili di apparati che rispondono alle specifiche WiMAX e ai test di interoperabilità, in altre parole, la capacità che un dispositivo di superare per ottenere "WiMAX Forum Certified". Il punto di forza principale è quello di essere uno standard promosso e sostenuto da importantissime industrie come AT&T, Fujitsu, Intel, Siemens e dagli operatori del settore delle telecomunicazioni tra i più famosi del mondo: British Telecommunications, France Telecom e QWest Communications. Un altro punto di forza è quello di garantire la copertura di grandi aree senza i costi di infrastruttura tipici degli accessi cablati e la gestione degli utenti mobili. Le caratteristiche rilevate in questa tesi riportate sulle varie tabelle hanno espresso numeri molto significativi: range di frequenze operanti su banda 10-66GHz, successivamente sulla banda 2-11GHz raggiunta grazie alle condizioni di LOS (Line of sight), per le frequenze più alte, ciò agevola anche la riduzione delle interferenze generate dal fatto che le antenne della stazione base BS sono viste in posizioni molto basse, maggiori possibilità di reperire siti per la stazione base, si riesce a ricoprire la stessa area con un numero minimo di BS e altri vantaggi riportati nel capitolo 2. Il recupero del segnale originario, anche nelle difficili condizioni di NLOS è stato affidato a uno schema di trasmissione a 256 portanti di tipo OFDM (Ortogonal Frequency Division Multiplexing). La suddivisione del canale in più sottocanali a banda stretta e ortogonali fra loro dà possibilità di aumentare il numero di utenti. Un altro vantaggio è l'uso della banda in quanto WiMAX non prevede canali di ampiezza prefissata, ma consente un'ampiezza variabile con un picco per un canale che può arrivare fino a 20MHz, per cui un operatore che ha a disposizione, per esempio, 14MHz di banda, può scegliere di organizzarla in vari modi: un canale da 14MHz, o due canali da 7MHz o otto da 1.75MHz.

Inoltre si può ricevere e trasmettere sullo stesso canale in quanto WiMAX supporta sia TDD che FDD. Infine risulta per questa tecnologia, una garanzia maggiore in termini di sicurezza, rispetto al WiFi, in quanto il problema viene risolto attraverso misure di autenticazione dei terminali, autenticazione dell'utente tramite EAP (Extensible Authentication Protocol) e con la crittografia dei dati tramite DES (Crittografia dei dati standard) e AES (Crittografia dei dati avanzata).