

WiMax

WiMax è l'acronimo per Worldwide Interoperability for Microwave Access ed è una tecnologia che consente l'accesso a reti di telecomunicazioni a banda larga e senza fili le cui specifiche sono state definite dapprima nel 2004 con lo standard IEEE 802.16 (conosciuto anche come standard Wimax fisso) e ulteriormente definite nel 2005 con lo standard 802.16-e dove vengono aggiunte le specifiche rispetto alla mobilità (attraverso il protocollo EAP) e all'handover. Utilizza la tecnica OFDMA come accesso alla risorsa radio.

Le caratteristiche del WiMax sono le seguenti:

- Bit rate fino a 63Mb/s in DL e 28 Mb/s in UL quando si utilizza MIMO 2*2
- usa una banda di 10 Mhz (il doppio di UMTS)
- garantisce la QoS rispetto a throughput, delay, jitter (scarsa variazione delle ampiezze e delle fasi del segnale), bitrate
- risulta scalabile a variazioni di canale attorno alle frequenze 1,25-20 MHz
- Ottimizza l'handover con latenze fino a 50ms ed è supportata da una gestione flessibile delle chiavi
- grazie allo standard 802.16e WiMAX permette connessioni in ambienti mobili fino a 120 km/h.

Questa tecnologia è stata pensata per una vasta gamma di applicazioni ad alta velocità, fra le quali VoIP fisse e per dare un'alternativa alle connessioni via cavo ed ADSL.

Gli standard 802 agiscono sui livelli DataLink e Fisco dello standard ISO/OSI. Suddivide il livello di Datalink in due sottolivelli: LLC (Logical Link Control) e MAC (Media Access Control).

LIVELLO FISICO

Il livello fisico è incaricato di fornire l'interfaccia per la trasmissione fisica del segnale, per modularlo, codificarlo e sincronizzare il flusso dei bit.

Nel Wimax si utilizza il s-OFDMA (Scalable Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Questa è una tecnica di multiplexing di tipo multi-portante, che utilizza un numero elevato di sottoportanti ortogonali tra di loro. Suddivide il flusso in input in tanti substream paralleli per ridurre la velocità di trasmissione ogni substream è modulato e trasmesso in una sottoportante ortogonale diversa (OFDM). Ciò viene fatto per aumentare la robustezza rispetto al ritardo di propagazione. Grazie al fatto che le portanti sono ortogonali fra loro, non c'è cross talk anche se il loro spettro è molto vicino o talvolta in sovrapposizione. Permettendo la sovrapposizione dello spettro si aumenta l'efficienza della larghezza della banda giacché si riduce lo spettro richiesto.

I segnali OFDM sono generati attraverso la IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) che consente di creare un gran numero di sottoportanti (fino a 2048) di bassa complessità. Nel dominio del tempo le risorse dell'OFDM sono disponibili per mezzo di OFDM symbol,

mentre nel dominio della frequenza per mezzo di sottoportanti. Per allocare singoli utenti le risorse (sia tempo che frequenza) sono organizzate in sottocanali in modo da permettere a + utenti di usare le risorse contemporaneamente(OFDMA). Diverse sottoportanti saranno assegnati a diversi utenti a seconda delle condizioni del canale e del servizio che l'utente richiede.(in finale l'OFDMA è come il CDMA per l'UMTS: assegna le risorse a utenti contemporaneamente).

Il s-OFMDA è una modulazione usata per superare le problematiche delle diverse dimensioni di canale in paesi diversi essendo in grado di supportare i formati dei canali che vanno da 1,25 Mhz fino a 20 Mhz. Questo viene effettuato modificando la dimensione della FFT a seconda della dimensione del canale o della larghezza di banda, mantenendo fissa la frequenza della sottoportante a 10.94 kHz. Grazie al fissaggio sia della larghezza di banda della sottoportante che della velocità di trasmissione, l'impatto nei livelli superiori in presenza di scalabilità risulta minimo.

Per effettuare la divisione in sottoportanti ci sono 2 tecniche di allocazione(chiamate tecniche di permutazione):

1. Sottoportanti distribuite(es PUSC o FUSC[solo in DL]) : traccia sottoportanti pseudo-casuali per formare un sottocanale. Questo fornisce distribuzione della frequenza e minimizzazione dell'interferenza. Più adatto per la mobilità
2. Sottoportanti contigue(es AMC) : raggruppa un blocco contiguo per formare un sottocanale. Questa tecnica ottimizza l'allocazione multi-utente, facendo scegliere a quest'ultimo il canale con il segnale migliore. Più adatto per i fissi e portatili con bassa mobilità.

Il Wimax supporta tecniche di codifica QPSK 16 QAM e 64 QAM(obbligatoriamente) in DL, mentre in UL 64 QAM è opzionale. Sono supportati Codici Convulsione e Codici Turbo.

Per garantire robustezza agli ambienti mobili WiMax combina l'HARQ,AMC e CQICH.

AMC=Adaptive Modulation Coding è usato per denotare il matching fra modulazione,codifica e parametri di protocollo nel radio link

HARQ= è un sistema di ritrasmissione(asincrona) veloce di pacchetti in presenza di errori

CQICH= è un canale di monitoraggio sullo stato di qualità dei canali utente mandato allo scheduler della stazione base. Trasporta informazioni rivelanti quali il CINR(rapporto portante/interferenza), se si è effettuata una selezione in modalità MIMO e selezione del sottocanale.

LIVELLO MAC

Il livello di DataLink nel WiMax si suddivide in 2 parti: LLC(Logical Link control) e MAC(Media Access Control).

Il MAC funge come interfaccia fra il livello fisico e il LLC. Si occupa di controllare se è possibile la comunicazione fra terminali(e fra terminale/rete)con meccanismi di controllo sia sui canali che sugli indirizzi. Inoltre fornisce il protocollo per la condivisione dello stesso mezzo fisico.

Le caratteristiche principali sono:

QoS

E' un termine che si riferisce a meccanismi per garantire certe prestazioni per certi servizi. E' necessario per i seguenti servizi:

- VoIP = richiede flusso continuo, tolleranza per jitter e per la latenza
- Streaming multimediale = richiede flusso continuo, priorità del traffico, rate minimo garantito
- FTP = bit rate elevato, priorità del traffico, rate minimo garantito
- Web browsing = bit rate elevato, priorità del traffico

La QoS è garantita dai vari flussi.

In primo luogo la BS e il terminale stabiliscono un link logico unidirezionale.

I parametri di QoS associati al tipo specifico di dati da trasmettere definiscono l'ordine di schedule e di trasmissione. Tali parametri possono essere gestiti dinamicamente attraverso MAC message sia in DL che in UL.

Si distinguono 5 categorie di QoS:

1. Unsolicited Grant Service (USG).Supporta applicazioni real time(es VoIP senza soppressione di silenzio) che generano periodicamente dati di dimensione fissa
2. Real-Time Variable Rate (RT-VR). Supporta applicazioni real-time con dati a bit rate variabile(Es MPEG video) che richiedono tassi di velocità elevati e minimo ritardo
3. Non-Real-Time Variable Rate (NRT-VR).Richiedono banda minima garantita, ma sono insensibili a fenomeni di ritardo(Es FTP)
4. Best Effort (BE).Questa categoria è utilizzata da applicazioni che non hanno vincoli stringenti sulla velocità di trasmissione e di ritardo ammissibile.
5. Extended Real-Time Variable Rate Service (ERT-VR). E' una categoria creata recentemente e garantisce velocità elevata e ritardo minimo per applicazioni real time con data rate variabile (es VoIP con soppressione di silenzio->impiega tecniche di taglio di parole(soprattutto le finali) per ridurre l'impiego di banda).

[Chiarimenti tabella slide 13]

Il MAC Scheduling Service è un servizio per un' efficace fornitura dei servizi dati in banda larga.

Questi servizi dati includono voce, dati e video.

Per raggiungere questi servizi lo scheduling service utilizza le seguenti proprietà:

- Fast Data Scheduler: alloca le risorse in modo efficiente rispetto alla variabilità delle condizioni dei canali e alle ondate di traffico. E' situato in ogni BS per avere una risposta rapida. Affinché lo scheduler possa ordinare correttamente l'invio dei dati, tali dati sono associati a dei parametri di QoS. Grazie al CQICH lo scheduler può utilizzare la miglior codifica e modulazione per ogni allocazione.
- Effettua lo scheduling sia in UL che in DL (ricordarsi che è il BS che effettua lo scheduler e manda la risposta al mobile)
- Allocazione dinamica delle risorse: sia in Frequenza che nel tempo in risposta al traffico e alle condizioni di canale. L'assegnazione è fatta frame-by-frame: alla richiesta di un certo tipo di risorse in un frame fatta dal mobile in UL risponderà la BS nel frame successivo con il risultato dello scheduler [slide 13 capire bene]
- QoS Oriented: Per ogni connessione è disponibile un servizio di dati con un set di parametri QoS che definiscono il suo comportamento.
- Frequency Selective Scheduling: Fornisce servizi diversi per diversi tipi di sottocanale. Per sottocanali PUSC dove le sottoportanti sono pseudo-randomiche distribuite in tutta la larghezza di banda, la qualità dei sottocanali è simile; per sottocanali AMC, dove i sottocanali possono avere attenuazioni differenti gli utenti possono essere assegnati al canale + forte.

Per avere una gestione efficace della potenza il terminale utilizza due modalità: **Sleep Mode** e **Idle Mode**. Nella prima il terminale pre-negozia periodi di assenza con la BS per minimizzare l'uso della potenza e l'uso delle risorse della BS; in idle mode il terminale è disponibile alla ricezione in DL dei messaggi di broadcast senza essere registrato ad una BS specifica.

HANDOVER

Lo standard 802.16-e definisce tre tipi di Handover:

1. Hard Handoff (HHO): E' stato implementato con l'obiettivo di rendere il ritardo inferiore ai 50ms nei due lati
2. Fast Base Station Switching (FBSS): L'insieme delle BS che supportano il FBSS si trova nelle Active Set ed una di queste BS è definita Anchor. Il terminale comunica solo con la Anchor BS. Il terminale sceglie periodicamente la BS in base al livello di segnale ricevuto.
3. Macro Diversity Hand-over (MDHO): le BS che supportano MDHO fanno parte di un Active set. A differenza del FBSS il terminale colloquia con tutte le BS presenti nell'Active set. In DL il MS riceve il segnale da due o più BS sincronizzate fra loro, mentre in UL il segnale emesso dal MS è ricevuto da più BS.

Hard Handover è obbligatorio in WiMax, mentre le ultime 2 tipologie sono opzionali.

Durante l'hard handover il terminale comunica con una BS alla volta. Prima di effettuare la nuova comunicazione con la nuova BS si sgancia dalla vecchia. Questo avviene quando riceve una misura di segnale migliore proveniente da una cella adiacente rispetto a quella che ha attualmente.

Quando è supportato il **MDHO** sia il mobile che la BS hanno una “Delivery Set”. Questa è una lista

che mantiene le BS coinvolte nella procedura di Handover.

La delivery set è definita su ogni terminale nella rete. Il terminale comunica con tutte le BS che si trovano nella Delivery Set.

In DL il mobile riceve dati da 2 o più BS .In UL il mobile invia dati a + BS.

Il Neighbor BS è una BS che riceve le comunicazioni di mobile e delle altre BS per effettuare misure di segnale. Non partecipa alla comunicazione.

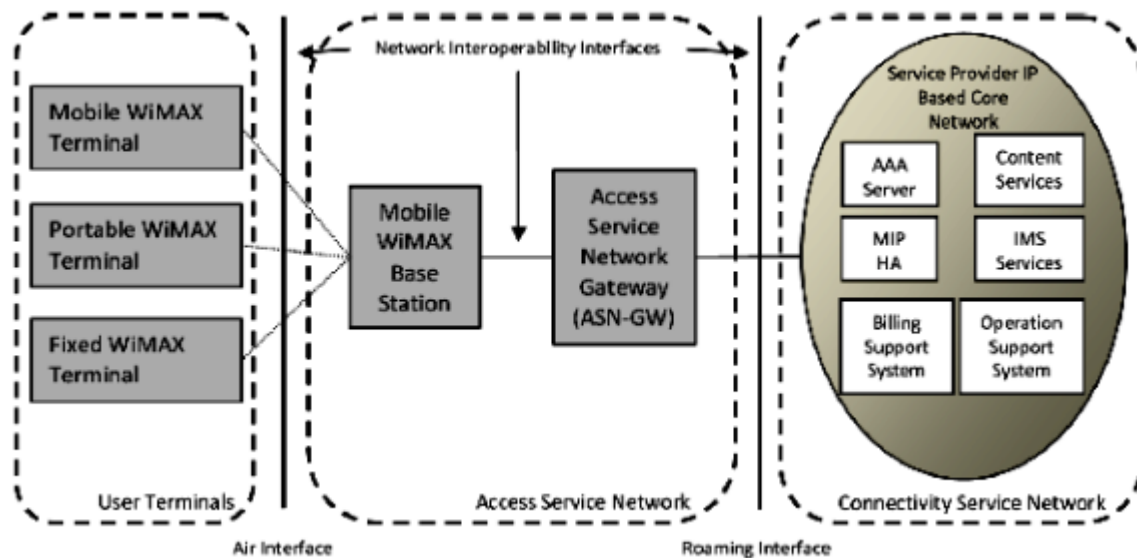
Nell **FBSS** l'architettura è simile al MDHO. C'è il delivery set e periodicamente il mobile fa misure per dichiarare la Anchor BS sulla quale trasmettere. La Anchor è l'unica sia in DL che in UL a comunicare con il mobile, ed è la BS sul quale il mobile è registrato e sincronizzato.

La Anchor può essere modificata ad ogni invio di frame.

L'aggiornamento del Delivery set dipende dalla soglia contenuta nel DCD(Downlink Channel Descriptor). Sono definite due soglie: una per l'aggiunta nella lista, l'altra per la rimozione. Si rimuove se il CINR(rapporto portante/interferente) è peggiore del valore della soglia di rimozione. Si aggiunge invece se il CINR proveniente dai vicini è migliore del valore della soglia di add.

L'aggiornamento dell'Achor BS è di competenza del mobile si effettua con sue misure in base alla potenza del segnale emesso. Esistono 2 tecniche per l'aggiornamento dell 'Achor set: la prima, Handover MAC Management Method scambia 5 tipi di MAC message. La seconda ,Fast Anchor BS Selection Mechanism, usa un canale di feedback veloce per scambiare informazioni di BS selection.

Architettura



Come si vede dalla figura ci sono 3 domini base:

1. User Terminals: tutti i dispositivi mobili o fissi che accedono ai servizi di rete

2. Access Service Network : fornisce un metodo per comunicare fra i terminali(attraverso l'air interface OFDMA) e il backbone IP(tramite Roaming Interface) con continuità di sessione, ovvero garantendo la continuità del servizio quando l'utente si sposta tra ambienti wireless. L'ASN si compone di BS e di Access Gateway. Le funzioni di rete dell'ASN sono:

- funzioni di collegamento con IP
- gestione della risorsa radio
- entrata in Network 802.16e con connessione e AAA proxy
- Controllo multicast e broadcast
- scelta NSP(Network Service Provider) preferita
- agenti stranieri per la gestione inter-ASN
- Inoltro dati
- QoS
- Admission Control e sicurezza

3.

4. Connectivity Service Network (CSN): E' un insieme di funzioni di rete che garantiscono i servizi IP per i mobili. La rete di Connettività è distribuita su un NSP ed è composta da router, AAA proxy/server,database utenti e dispositivi di gateway Interworking. L'AAA, che risiede in CSN alloca indirizzi IP, esegue l'autenticazione e l'accesso ad IP. La comunicazione è effettuata attraverso il protocollo RADIUS. Nel CSN risiede il server-policy che gestisce le politiche di QoS di ciascun abbonato, le quali gli vengono comunicate attraverso l'ASN in fase di creazione del flusso.

L'utilizzo di OFDMA rende possibile operare con le **smart-antenna** che possono essere eseguite come vettori nelle sottoportanti e non sono richiesti complessi equalizzatori per compensare il fading.

La tecnologia **MIMO** può essere suddivisa in 3 categorie :

1. Spatial Multiplexing : usando flussi multipli con antenne multiple si aumenta il throuput e la velocità di picco in trasmissione
2. Beamforming : maggior guadagno di segnale ricevuto e interferenza diminuita con una copertura migliore,maggior capacità del sistema e minor possibilità di interruzione del segnale.
3. Space-Time Coding: un diverso metodo di trasmissione per migliorare la robustezza della trasmissione stessa

Il sistema può utilizzare o una o tutte le tecniche MIMO a seconda del momento. In tal modo si massimizza l'efficienza spettrale senza diminuire l'area di copertura.

Per massimizzare l'efficienza spettrale WiMax mobile può usare il riuso delle frequenze,ovvero ogni cella può avere la stessa frequenza. Questo potrebbe portare alla riduzione della qualità di connessione e ad CCI(cochannel interference-interferenza dei canali),specialmente per gli utenti sul bordo della cella. Poiché ogni utente occupa solo una piccola porzione di banda la configurazione del canale può ridurre di molto l'interferenza.

Multicast and Broadcast Service(MBS) è una tecnologia di trasmissione per servizi multimediali, come DVB(televisione radio multimediali), DMB. Utilizza una rete a singola frequenza(SFN) per ottenere copertura e velocità di trasmissione. Supporta l'allocazione

flessibile delle risorse, ha uno scarso consumo di energia per il mobile e ha canali a basso tempo di commutazione.

Comparazione WiMax vs HSDPA

La differenza principale è che HSDPA nasce come evoluzione dello standard 3G per mobile, mentre WiMax Mobile come evoluzione dello standard WiMax fisso. Nonostante nascano in procedimenti diversi hanno molte caratteristiche in comune:

- entrambi usano HARQ cc
- entrambi supportano AMC
- stessa modulazione (usano QPSK, 16QAM e 64 QAM)
- fast scheduling
- hard e soft handover

In realtà per quanto riguarda **l'Handover** ci sono piccole differenze: il delivery set corrisponde al Active set dell'UMTS/HSDPA mentre il Neighbor set corrisponde al Monitoring set, ma L'Anchor BS è un concetto tutto nuovo: può essere paragonato al server-drift RNS, ma questi sono determinati temporalmente in UMTS nella gestione del soft handover

Schedule:

Al fine di consentire una risposta veloce alle variazioni di traffico entrambi gli standard hanno incluso il Fast Scheduling. WiMax applica il fast scheduling trasmettendo all'inizio di ogni frame il MAP message contenente lo schedule per il DL e per UL.

HSDPA invece, supporta uno schedule dedicato dove si seleziona in un intervallo di tempo determinato un sottoinsieme di utenti con dati in attesa di trasmissione con parametri restrittivi di velocità. I dispositivi degli utenti trasmettono periodicamente l'indicazione della qualità del segnale in downlink e la BS utilizza queste informazioni per decidere:

- 1) quali utenti potranno inviare i dati sul prossimo frame (la cui durata è di 2ms)
- 2) come possono essere inviati i dati ad ogni utente.

La larghezza di banda è determinata dalla rete ed è semi-statica: può essere modificata ma non ogni frame come succede per WiMax.

Differenze lato fisico:

Le differenze nel lato fisico risalgono alla diversa provenienza dei due standard: WiMax usa la tecnica OFDMA ed è stato disegnato interamente per l'IP mode, basando l'accesso non sull'Access network, ma su un core network IP. HSDPA inoltre trasporta il traffico sia su circuiti a commutazione di pacchetto che di circuito e quindi ha un'architettura + complessa rispetto a WiMax. Nel futuro, che sarà tutto All-IP si utilizzerà quasi certamente OFDMA. Alcune caratteristiche che rendono l'**OFDMA** ottimo per l'utilizzo nelle connessioni senza fili sono le seguenti:

- **Tolleranza al multipath e all'auto-interferenza:**

i canali mantengono la loro ortogonalità rispetto alla suddivisione in canali multipli: ciò non limita le prestazioni del sistema fintanto che il multipath rimane dentro la finestra di ciclo prefissata.

- **Larghezza di banda del canale scalabile :**

Nell'OFDMA agli utenti vengono assegnate porzioni di canale dove, come per l'UMTS, gli utenti possono trasmettere su tutto l'intero canale. Ciò significa che non c'è interferenza di accesso multiplo degli utenti(MAI).Nel CDMA vengono usati i codici di spreading per risolvere il MAI, ma per i problemi di sincronizzazione si utilizza il CDMA asincrono che genera interferenza e riduce l'efficienza spettrale.

- **Frequency Selective Scheduling:**

Siccome solo una porzione di canale è occupata dal segnale WiMax il frequency selective scheduling può essere usato per scegliere il canale con le condizioni migliori in ogni istante,migliorando quindi anche la QoS.

- **Tecnologia avanzata di antenna:**

Dato che il CDMA occupa l'intera banda l'utilizzo di vecchi processori nel mobile possono portare a problemi per la gestione della tecnologia delle smart antenna. L'OFDMA d'altronde è ottimale per questo tipo di tecnologia. In futuro i mobili UMTS dovranno essere attrezzati con processori + veloci.

- **Metodi duplex:**

WiMax utilizza + comunemente la tecnica TDD per differenziare le tratte DL UL mentre HSDPA utilizza FDD.

FDD è indicato per trasmettere in maniera bilanciata il traffico nelle due tratte, TDD invece conviene quando il traffico è sbilanciato verso le due tratte(normalmente a favore della tratta in DL).FDD è + indicato nel caso di forte mobilità. Infatti gestisce meglio i problemi di sincronizzazione negli ambienti esterni dato che può utilizzare tutti i time slot per trasmettere l'informazione.

Il TDD invece dividendo i time slot per il traffico delle due tratte dovrà trasmettere ad una potenza inferiore, comportando il restringimento del raggio della cella.

Oltre a questo il Nodo B è costretto a mandare dei comandi di Time Advision per ritardare o anticipare la trasmissione quando il mobile cambia posizione;infatti quando c'è mobilità ci sono slittamenti temporali del segnale ricevuto. Questo perché il Nodo B deve riallineare il burst inviato dal mobile con il time slot del frame ricevuto.

Il TDD però si adatta meglio alle tecnologie MIMO e altre tecnologia avanzate per le antenne.

Per quanto riguarda il mercato l'HSDPA è utilizzato già dal 2006 mentre WiMax mobile necessita di nuove reti ed ha bisogno di nuove cellulari con nuove tecnologie e piattaforme. Gli operatori WiMax dovrebbero focalizzare i loro sforzi sui servizi innovativi del nuovo standard. Gli operatori con entrambe le tecnologie rafforzeranno le loro posizioni rispetto ai servizi inter-sistema aumentando i servizi a banda larga ed alta velocità di connessione.

6.