



LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP

**KHẢO SÁT HỆ THỐNG
WIMAX**

Mục Lục

- 1.1. Giới thiệu các chuẩn wimaxError! Bookmark not defined.
- 1.2. Phân bố băng tần trong wimaxError! Bookmark not defined.
- 1.3. Các ưu thế và ứng dụng trong wimax.....Error! Bookmark not defined.
 - 1.3.1. Các ưu thế công nghệ WiMAX **Error! Bookmark not defined.**
 - 1.3.2. Các ứng dụng trong WiMAX **Error! Bookmark not defined.**
- 2.1. Ghép kênh phân chia theo tần số trực giao OFDMError! Bookmark not defined.
 - 2.1.1. Tạo các ký hiệu OFDM **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.1.2 Mô tả ký hiệu OFDM **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.1.3. Các thông số và tín hiệu được phát của ký hiệu OFDM **Error! Bookmark not defined.**
- 2.2. Đa truy xuất phân chia theo tần số trực giao OFDMA..... Error! Bookmark not defined.
 - 2.2.1. Các giao thức OFDMA **Error! Bookmark not defined.**
 - 2.2.2. Cấu trúc ký hiệu OFDMA và phân kênh con .. **Error! Bookmark not defined.**
- 2.3. OFDMA theo tỉ lệ (scalable).....Error! Bookmark not defined.
- 2.4. Cấu trúc khung TDD.....Error! Bookmark not defined.
- 3.1. Mô hình lớp vật lý Wimax chuẩn 802.16aError! Bookmark not defined.
 - 3.1.1. Các phần tử của mô hình **Error! Bookmark not defined.**
- 3.2. Các đặc trưng lớp MAC của IEEE 802.16aError! Bookmark not defined.
 - 3.2.1. Lớp con hội tụ dịch vụ đặc trưng (CS)..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.2.2. Lớp con phần chung (MAC CP) **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.2.3. Lớp con an ninh..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3. Các ưu điểm khác của lớp PHY chuẩn 802.16e.....Error! Bookmark not defined.
 - 3.3.1. Công nghệ anten thông minh **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.3.2. Tái sử dụng phân đoạn tần số **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.3.3. Dịch vụ đa hướng và quảng bá (MBS)..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4. Mô tả lớp MAC của chuẩn 802.16e.....Error! Bookmark not defined.
 - 3.4.1. Hỗ trợ chất lượng dịch vụ (QoS) **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.4.2. Dịch vụ lập lịch MAC **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.4.3. Quản lý tính di động..... **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.4.4. An ninh **Error! Bookmark not defined.**
- 4.1. Mô hình thử nghiệm wimax tại bưu điện tỉnh Lào Cai Error! Bookmark not defined.

4.2. Các kết quả thử nghiệmError! Bookmark not defined.

4.3. Hệ thống điện thoại VoIP trên nền wimaxError! Bookmark not defined.

Danh mục các hình

Hình 1.1 Các hệ thống vô tuyến.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 1.2 Các đặc tính của WiMAX	Error! Bookmark not defined.
Hình 1.3 Minh hoạ chuyển về tế bào.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 1.4 Minh hoạ chuyển về nhà cung cấp dịch vụ	Error! Bookmark not defined.
Hình 1.5 Minh hoạ mạng ngân hàng	Error! Bookmark not defined.
Hình 1.6 Minh hoạ về mạng giáo dục	Error! Bookmark not defined.
Hình 1.7 Minh hoạ về mạng an ninh công cộng	Error! Bookmark not defined.
Hình 1.8 Minh hoạ về mạng liên lạc xa bờ.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 1.9 Minh hoạ về liên kết khuôn viên	Error! Bookmark not defined.
Hình 1.10 Minh hoạ về mạng WiMAX của nhà cung cấp dịch vụ	Error! Bookmark not defined.
Hình 1.11 Minh hoạ về mạng WiMAX cho kết nối ở vùng nông thôn..	Error! Bookmark not defined.
Hình 2.1 Bộ phát OFDM 4 sóng mang.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 2.2 Cấu trúc miền thời gian của ký hiệu OFDM	Error! Bookmark not defined.
Hình 2.3 Miêu tả tần số OFDM	Error! Bookmark not defined.
Hình 2.4 Cấu trúc sóng mang con OFDMA	Error! Bookmark not defined.
Hình 2.5 Kênh con phân tập tần số DL	Error! Bookmark not defined.
Hình 2.6 Cấu trúc tile cho UL PUSC	Error! Bookmark not defined.
Hình 2.7 Cấu trúc khung 802.16e OFDMA.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.1 Mô hình băng tần cơ sở lớp vật lý OFDM-PHY 802.16a.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.2 PRBS cho ngẫu nhiên hoá dữ liệu	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.3 Vector khởi tạo đường xuống cho cụm thứ 2 ... N ...	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.4 Vector khởi tạo đường xuống.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.5 Khối ngẫu nhiên hoá	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.6 Khối mã hoá Reed-Solomon	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.7 Mã hoá xoắn với tỉ lệ 1/2.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.8 Khối mã xoắn.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.9 PRBS cho điều chế hoa tiêu	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.10 Cấu trúc khung PHY OFDM FDD	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.11 Mào đầu dài đường lên.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.12 Các sóng mang con OFDM trực giao	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.13 Chuyển mạch thích ứng cho anten thông minh	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.14 Cấu trúc khung đa vùng.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.15 Tái sử dụng phân đoạn tần số	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.16 Hỗ trợ MBS được ấn định với chuẩn IEEE 802.16e -các vùng MBS	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Hình 3.17 Hỗ trợ QoS trong 802.16e	Error! Bookmark not defined.
Hình 4.1 Sơ đồ kết nối trạm góc BS Lào Cai	Error! Bookmark not defined.
Hình 4.2 Sơ đồ kết nối tại đầu cuối người sử dụng.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 4.3 Sơ đồ kết nối cho ứng dụng VoIP.....	Error! Bookmark not defined.

Danh mục các bảng

Bảng 1.1	So sánh chuẩn 802.16, 16a, 16e	Error! Bookmark not defined.
Bảng 1.2	Các loại dịch vụ của WiMAX	Error! Bookmark not defined.
Bảng 1.3	Các ứng dụng trong wimax	Error! Bookmark not defined.
Bảng 1.4	Các ứng dụng thực tiễn trong WiMAX	Error! Bookmark not defined.
Bảng 2.1	Các thông số lớp PHY OFDM-256	Error! Bookmark not defined.
Bảng 2.2	Các thông số S-OFDMA.....	Error! Bookmark not defined.
Bảng 3.1	Mã xoắn với cấu hình đực lỗ	Error! Bookmark not defined.
Bảng 3.2	Mã hoá kênh bắt buộc bởi điều chế	Error! Bookmark not defined.
Bảng 3.3	Các điều chế và mã được hỗ trợ	Error! Bookmark not defined.
Bảng 3.4	Các tốc độ dữ liệu lớp vật lý 802.16e với kênh con PUSC.....	Error! Bookmark not defined.
Bảng 3.5	Các lựa chọn anten tiên tiến	Error! Bookmark not defined.
Bảng 3.6	Các tốc độ dữ liệu cho cấu hình SIMO/MIMO	Error! Bookmark not defined.
Bảng 3.7	Chất lượng dịch vụ và ứng dụng 802.16e	Error! Bookmark not defined.

Các thuật ngữ viết tắt

A

AAS	Adaptive Antenna System	Hệ thống anten thích ứng
ACK	Acknowledge	Xác nhận
AES	Advanced Encryption Standard	Chuẩn mã hoá tiên tiến
AG	Absolute Grant	Cấp phát tự nguyện
AMC	Adaptive Modulation and Coding	Mã hoá và điều chế thích ứng
A-MIMO	Adaptive Multiple Input Multiple Output	Hệ thống nhiều đầu vào nhiều đầu ra thích ứng
AMS	Adaptive MIMO Switching	Chuyển mạch MIMO thích ứng
ARQ	Automatic Repeat reQuest	Yêu cầu lặp lại tự động
ASP	Application Service Network	Mạng dịch vụ ứng dụng

B

BE	Best Effort	Cố gắng tối đa
BER	Bit Error Rate	Tỉ lệ lỗi bit
BPSK	Binary Phase Shift Keying	Khoá dịch pha nhị phân
BRAN	Broadband Radio Access Network	Mạng truy cập vô tuyến băng rộng
BS	Base Station	Trạm gốc
BTC	Block Turbo Code	Mã Turbo khối

BWA	Broadband Wireless Access	Truy nhập vô tuyến băng rộng
C		
CC	Chase Combining	Kết hợp theo đuôi
CCI	Co-Channel Interference	Nhiều đồng kênh
CCF	Cumulative Distribution Function	Chức năng phân bố tích lũy
CDMA	Code Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo mã
CINR	Carrier to Interference and Noise Ratio	Tỉ số sóng mang trên nhiễu cộng tạp âm
CP	Cyclic Prefix	Tiền tố vòng
CPS	Common Part Sublayer	Lớp con phân chung
CQI	Channel Quality Indicator	Chỉ thị chất lượng kênh
CS	Convergence Sublayer	Lớp con hội tụ
CSN	Connectivity Service Network	Mạng dịch vụ tính kết nối
CSTD	Cyclic Shift Transmit Diversity	Phân tập phát dịch vòng
CTC	Convolutional Turbo Code	Mã turbo xoắn
D		
DES	Data Encryption Standard	Chuẩn mã hoá dữ liệu
DIUC	Downlink Interval Usage Code	Mã sử dụng luân phiên đường xuống
DL	Downlink	Đường xuống
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification	Đặc tính kĩ thuật giao diện dịch vụ dữ liệu qua cáp
DSL	Digital Subscriber Line	Đường thuê bao số
DVB	Digital Video Broadcast	Quảng bá video số
E		
EAP	Extensible Authentication Protocol	Giao thức nhận thực mở rộng
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power	Công suất bức xạ đẳng hướng hữu hiệu
ErtPS	Extended Real-time Polling Service	Dịch vụ thăm dò thời gian thực mở rộng
F		
FBSS	Fast Base Station Switching	Chuyển mạch trạm gốc nhanh

FCH	Frame Control Header	Tiêu đề điều khiển khung
FDD	Frequency Division Duplex	Song công phân chia theo tần số
FEC	Forward Error Correction	Sửa lỗi trước
FFT	Fast Fourier Transform	Biến đổi Fourier nhanh
FPC	Fast Power Control	Điều khiển công suất nhanh
FUSC	Fully Used Sub-Channel	Kênh con được sử dụng hoàn toàn
G		
3GPP	3G Partnership Project	Dự án cộng tác thế hệ thứ ba
3GPP2	3G Partnership Project 2	Dự án cộng tác 2 thế hệ thứ ba
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu
H		
HARQ	Hybrid Automatic Repeat reQuest	Yêu cầu lặp tự động nhanh lại ghép
HEC	Header Error Check	Kiểm tra lỗi tiêu đề
HiperMAN	High Performance Metropolitan Area Network	Mạng vùng đô thị hiệu năng cao
HO	Hand-off	Chuyển giao
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol	Giao thức truyền siêu văn bản
I		
IE	Information Element	Phần tử thông tin
IETF	Internet Engineering Task Force	Lực lượng đặc trách kỹ thuật Internet
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform	Biến đổi Fourier ngược nhanh
IR	Incremental Redundancy	Tích lũy tăng dần
ISI	Inter-Symbol Interference	Giao thoa giữa các ký hiệu
L		
LDPC	Low-Density-Parity-Check	Kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp
LOS	Line of Sight	Tầm nhìn thẳng
LSB	Least Significant Bit	Bit có trọng số nhỏ nhất
M		
MAC	Media Access Control	Điều khiển truy nhập thiết bị

MAI	Multiple Access Interference	Nhiều đa truy cập
MAN	Metropolitan Area Network	Mạng vùng đô thị
MAP	Media Access Protocol	Giao thức truy cập môi trường
MBS	Multicast and Broadcast Service	Dịch vụ đa hướng và quảng bá
MDHO	Macro Diversity Hand Over	Chuyển giao phân tập lớn
MIMO	Multiple Input Multiple Output	Hệ thống nhiều đầu vào nhiều đầu ra
MMS	Multimedia Message Service	Dịch vụ tin nhắn đa phương tiện
MPLS	Multi-Protocol Label Switching	Chuyển mạch nhãn đa giao thức
MS	Mobile Station	Trạm di động
MSB	Most Significant Bit	Bit có trọng số lớn nhất
N		

NACK	Not Acknowledge	Không xác nhận
NAP	Network Access Provider	Nhà cung cấp truy cập mạng
NLOS	Non Line of Sight	Tầm nhìn không thẳng
NCFG	Network Configuration	Cấu hình mạng
NNI	Network Node Interface	Giao diện nút mạng
NRM	Network Reference Model	Mô hình tham chiếu mạng
nrtPS	Non-Real-Time Polling Service	Dịch vụ thăm dò phi thời gian thực
NSP	Network Service Provider	Nhà cung cấp dịch vụ mạng
O		
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex	Ghép kênh phân chia theo tần số trực giao
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiplex Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao
P		
PER	Packet Error Rate	Tỷ lệ lỗi gói
PDU	Protocol Data Unit	Đơn vị dữ liệu giao thức
PHY	Physical layer	Lớp vật lý
PKM	Public Key Management	Quản lý khoá công cộng
PMP	Point to MultiPoint	Điểm - đa điểm
PPP	Point to Point Protocol	Giao thức điểm - điểm
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence	Chuỗi nhị phân giả ngẫu nhiên
PS	Physical Slot	Khe vật lý
PUSC	Partially Used Sub-Channel	Kênh con được sử dụng một phần
Q		
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Điều chế biên độ vuông góc
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ

QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Khoá dịch pha vuông góc
R		
RG	Relative Grant	Cấp phát tự nguyện
RR	Round Robin	Thư luân chuyển
RRI	Reverse Rate Indicator	Chỉ thị tốc độ ngược
RS	Reed-Solomon	Bộ mã hoá Reed Solomon
RTG	Receiver/Transmit Transition Gap	Khoảng chuyển tiếp thu phát
rtPS	Real-time Polling Service	Dịch vụ thăm dò thời gian thực
Rx	Receiver	Máy thu
S		
SAP	Service Access Point	Điểm truy nhập dịch vụ
SC	Single Carrier	Sóng mang đơn
SDMA	Space Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo không gian
SDU	Service Data Unit	Đơn vị dữ liệu dịch vụ
SF	Spreading Factor	Hệ số trải phổ
SFN	Single Frequency Network	Mạng tần số đơn
SGSN	Serving GPRS Support Node	Node hỗ trợ dịch vụ GPRS
SHO	Soft Hand-Off	Chuyển giao mềm
SIM	Subscriber Identify Module	Phần nhận dạng thuê bao
SIMO	Single Input Multiple Output	Một đầu vào đa đầu ra
SNIR	Signal to Noise+Interference Ratio	Tỉ số tín hiệu trên nhiễu+tạp âm
SLA	Service Level Agreement	Thoả thuận mức dịch vụ
SM	Spatial Multiplexing	Ghép kênh không gian
SMS	Short Message Service	Dịch vụ bản tin ngắn
SNR	Signal to Noise Ratio	Tỉ số tín hiệu trên tạp âm
S-	Scalable Orthogonal Frequency	Truy cập ghép kênh phân chia

OFDMA	Division Multiplex Access	theo tần số trực giao tỉ lệ
SS	Subscriber Station	Trạm thuê bao
STC	SpaceTime Coding	Mã thời gian không gian
T		
TC	Transmission Convergence Sublayer	Lớp con hội tụ truyền dẫn
TDD	Time Division Duplex	Song công phân chia theo thời gian
TDM	Time Division Multiplexing	Ghép kênh phân chia theo thời gian
TDMA	Time Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo thời gian
TEK	Traffic Encryption Key	Khoá mã hoá lưu lượng
TTG	Transmit/receive Transition Gap	Khoảng chuyển tiếp thu phát
TTI	Transmission Time Interval	Khoảng thời gian truyền dẫn
TU	Typical Urban	Đặc trưng thành thị
Tx	Transmitter	Máy phát
U		
UE	User Equipment	Thiết bị người sử dụng
UGS	Unsolicited Grant Service	Dịch vụ cấp phát tự nguyện
UL	Uplink	Đường lên
UMTS	Universal Mobile Telephone System	Hệ thống viễn thông di động toàn cầu
V		
VoIP	Voice over Internet Protocol	Giao thức thoại qua IP
W		
WAP	Wireless Application Protocol	Giao thức ứng dụng không dây
WiBro	Wireless Broadband	Không dây băng rộng
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Khả năng khai thác liên mạng trên toàn cầu đối với truy vi ba

Mở Đầu

Được coi như một động lực chính đẩy nhanh tốc độ phổ cập internet và xoá nhòa khoảng cách số giữa thành thị và nông thôn, WiMAX - công nghệ kết nối băng thông rộng không dây đã trở thành tâm điểm chú ý của cả thế giới. Ngay từ khi vừa ra mắt, WiMAX đã gây một sự chú ý lớn đối với giới viễn thông. Với 3 ưu thế chính: tốc độ đường truyền cao, khả năng xử lý được cả dữ liệu và tiếng nói, truy cập internet và không dây, WiMAX - với cả hai chuẩn di động và cố định - được xem là đối thủ đáng gờm của không chỉ những công nghệ ứng dụng truyền data mà còn cả với công nghệ thoại. Tất cả những đặc tính đầy hứa hẹn này của WiMAX sẽ mang lại một thị trường lớn trong tương lai. Chính vì vậy, việc hiểu biết về hệ thống WiMAX là một điều không thể thiếu trong lĩnh vực công nghệ BWA.

Xuất phát từ các vấn đề nêu trên, em đã lựa chọn đề tài nghiên cứu của mình là “ Khảo Sát Hệ Thống WiMAX”. Mục tiêu chính của đề tài là nghiên cứu các kỹ thuật tiên tiến trong WiMAX và tập trung phân tích các chuẩn 802.16 đã được ứng dụng thực tế. Mặt khác, giúp có được cái nhìn tổng quát trong hệ thống WiMAX và xu thế ứng dụng tại Việt Nam.

Đề tài được chia thành 4 chương:

- Chương 1: Tổng quan về hệ thống WiMAX, giới thiệu các chuẩn, dải tần sử dụng trong WiMAX và các ứng dụng thực tiễn.
- Chương 2: Các kỹ thuật ghép kênh OFDM và đa truy nhập OFDMA trong WiMAX.
- Chương 3: Trình bày chi tiết về lớp MAC và lớp PHY của hai chuẩn 802.16a và 802.16e
- Chương 4: Quá trình phát triển của WiMAX tại Nam.

Em xin chân thành cảm ơn thầy giáo Nguyễn Tấn Nhân đã hướng dẫn tận tình trong suốt thời gian em thực hiện đề tài.

Em xin cảm ơn các thầy cô giáo trong bộ môn vô tuyến cũng như các thầy cô giáo trong khoa viễn thông đã có những hướng dẫn và tạo điều kiện để cho em

hoàn thành đồ án tốt nghiệp của mình.

TP.HCM ngàythángnăm 2008

Sinh viên

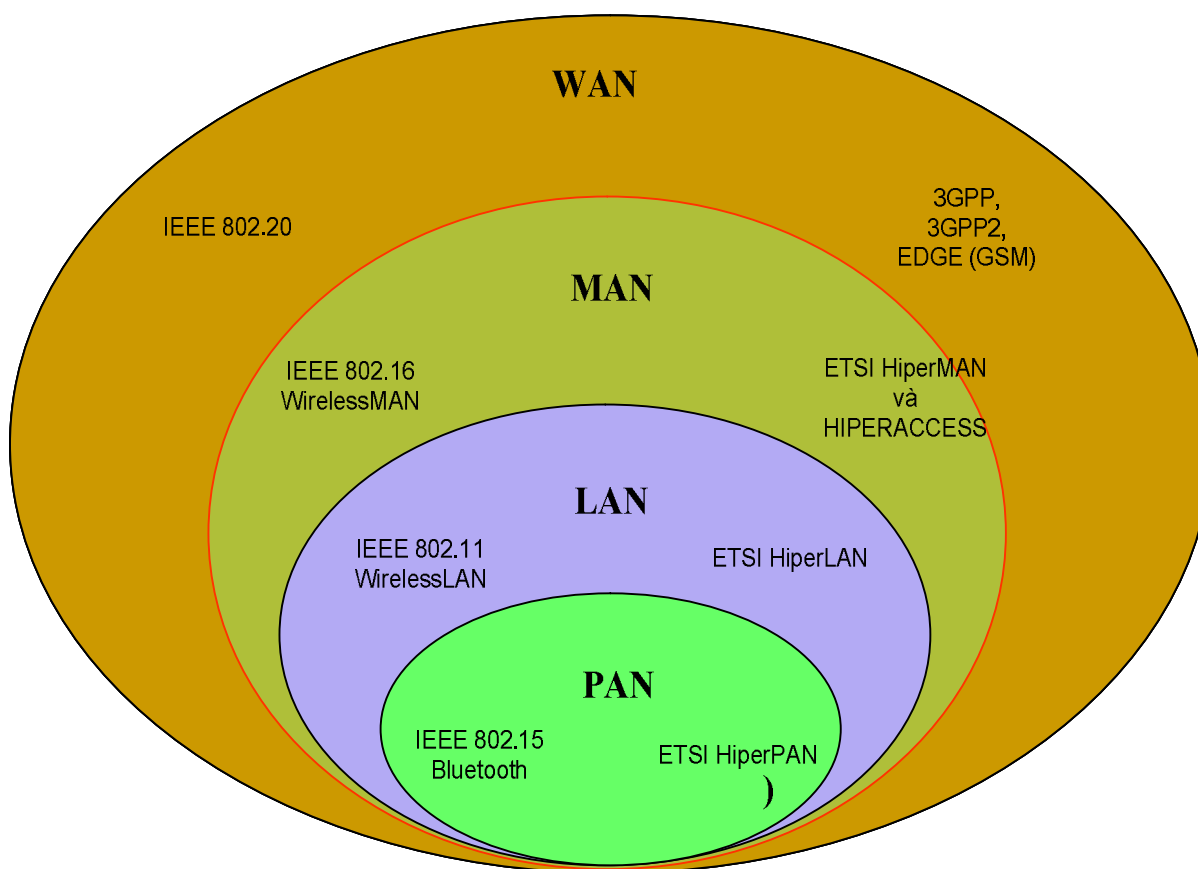
Trần Thanh Thông

Chương I

TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG WIMAX

1.1. Giới thiệu các chuẩn wimax

Trong thông tin hiện đại, khách hàng ngày càng đòi hỏi các dịch vụ phải đa dạng hơn. Ngoài các dịch vụ thoại truyền thông thì các dịch vụ đa phương tiện và truy nhập Internet tốc độ cao cần phải được phát triển để đáp ứng nhu cầu của khách hàng. Để có thể đáp ứng được các dịch vụ này thì hệ thống cần phải có một băng thông rộng và phải đảm bảo chất lượng dịch vụ. Ban đầu các dịch vụ đó được triển khai trên các đường dây cố định như là công nghệ đường dây thuê bao số bất đối xứng (ADSL). Giai đoạn tiếp theo sẽ là phát triển hệ thống truy nhập vô tuyến băng rộng để cung cấp những ưu điểm sẵn có mà công nghệ vô tuyến mang lại. Hình 1.1 giới thiệu một số mạng vô tuyến và các tiêu chuẩn áp dụng.



Hình 1.1 Các hệ thống vô tuyến

Chuẩn IEEE 802.16 đầu tiên ra đời vào tháng 10 năm 2001, IEEE 802.16 WIMAX có thể hoạt động trong băng tần số từ 2-66GHz, với các ứng dụng khác nhau, WIMAX sẽ sử dụng các băng tần số khác nhau để tránh sự giao thoa, các ứng dụng di động 802.16e dùng băng tần từ 2-11GHz, ở Châu Âu sử dụng băng tần 3.5GHz cho WIMAX di động, băng tần từ 10-66GHz cho WIMAX cố định.

Chuẩn 802.16 ban đầu được tạo ra với mục đích là tạo ra những giao diện vô tuyến (Radio Interface), dựa trên một nghi thức điều khiển truy nhập đa phương tiện chung MAC (Media Access Control). Kiến trúc mạng cơ bản của 802.16 bao gồm một trạm phát (BS - Base Station) và trạm thuê bao đầu cuối SS (Subscriber Station). Trong một vùng phủ sóng, trạm BS sẽ điều khiển toàn bộ sự truyền dữ liệu đến các SS, điều đó có nghĩa là sẽ không có sự trao đổi truyền thông trực tiếp giữa hai thiết bị đầu cuối của trạm thuê bao SS với nhau. Đường kết nối giữa BS và SS sẽ gồm một kênh hướng lên (uplink) và một kênh hướng xuống (downlink). Kênh hướng lên sẽ chia sẻ băng thông cho nhiều MS trong khi kênh hướng xuống có đặc điểm cung cấp thông tin quảng bá (broadcast). Trong trường hợp không có vật cản giữa MS và BS (line of sight), thông tin sẽ được trao đổi trên băng tần cao. Ngược lại, thông tin sẽ được truyền trên băng tần thấp để chống nhiễu.

Tuy nhiên từ khi BWA ra đời và trở thành một ứng dụng hiện hữu thì sự áp dụng cách truyền LOS trở thành không khả thi vì chịu ảnh hưởng của cây cối và địa thế ... Ngoài ra giao thoa vì ảnh hưởng của đa đường là rất trầm trọng và giá thành của anten ngoài trời thì cao. Điều này đòi hỏi một sự bổ sung cho chuẩn 802.16 hiện hữu. Vì vậy, các cải tiến của chuẩn IEEE 802.16 để bổ sung ứng dụng trong hệ thống WIMAX là:

802.16a: Chuẩn này sử dụng băng tần có bản quyền từ 2 – 11 Ghz. Đây là băng tần sóng vô tuyến có thể vượt được các chướng ngại cây cối nhà cao tầng trên đường truyền sóng. 802.16a còn thích ứng cho việc triển khai mạng truyền sóng dạng lưới (Mesh), một thiết bị cuối (terminal) có thể liên lạc với BS thông qua một trạm BS khác. Với đặc tính này, vùng phủ sóng của 802.16a sẽ được mở rộng.

802.16b: Chuẩn này hoạt động trên băng tần từ 5 – 6 Ghz với mục đích

cung ứng định vụ với chất lượng cao (QoS), ưu tiên truyền thông tin của những ứng dụng video, thoại, thời gian thực thông qua những lớp dịch vụ khác nhau (class of service). Chuẩn này sau đó đã được kết hợp vào chuẩn 802.16a.

802.16c: Chuẩn này được định nghĩa thêm các nội dung mới cho dải băng tần từ 10-66GHz với mục đích cải tiến ứng dụng.

802.16d: Có một số cải tiến nhỏ so với chuẩn 802.16a. Chuẩn này được chuẩn hóa năm 2004. Các thiết bị thế hệ trước WIMAX có trên thị trường là dựa trên chuẩn này.

802.16e: Đang trong giai đoạn hoàn thiện và chuẩn hóa. Dựa vào sự bổ sung 802.16a, nhóm làm việc 802.16 hiện tại đang làm việc với bản bổ sung 802.16e, nó bao trùm cả “các lớp điều khiển truy nhập thiết bị và vật lý để kết hợp các hoạt động cố định và di động trong những băng tần được cấp phép”. Trong sự thay đổi này, tính di động được thêm vào những trạm mà chủ yếu hỗ trợ mạng vô tuyến cố định trong dải tần từ 2-6GHz. Đặc điểm nổi bật của chuẩn này là khả năng cung cấp các dịch vụ di động (vận tốc di chuyển lớn nhất mà vẫn có thể dùng tốt dịch vụ này là 100km/h).

802.16-2004(trước đó là 802.16 REVd) được IEEE đưa ra tháng 7 năm 2004. Tiêu chuẩn này sử dụng phương thức điều chế OFDM và có thể cung cấp các dịch vụ cố định, hoặc người sử dụng có thể di chuyển nhưng cố định trong lúc kết nối, truyền sóng theo tầm nhìn thẳng (LOS) và không theo tầm nhìn thẳng (NLOS).

Chuẩn 802.16-2005 (hay 802.16e) được IEEE thông qua tháng 12/2005. Tiêu chuẩn này sử dụng phương thức điều chế SOFDMA (Scalable Orthogonal Frequency Division Multiplexing), cho phép thực hiện các chức năng chuyển vùng và chuyển mạng, có thể cung cấp đồng thời dịch vụ cố định, mạng máy tính xách tay, người sử dụng có thể di chuyển với tốc độ đi bộ, di động hạn chế.

Hai chế độ song công được áp dụng cho WIMAX là song công phân chia theo thời gian TDD (Time Division Duplexing) và song công phân chia theo tần số (Frequency Division Duplexing). FDD cần có 2 kênh, một đường lên, một đường xuống. Với TDD chỉ cần 1 kênh tần số, lưu lượng đường lên và đường xuống được phân chia theo các khe thời gian.

Bảng 1.1 cho chúng ta thấy sự cải tiến các chuẩn để tối ưu hóa về dung lượng cũng như chất lượng của hệ thống.

Ngày hoàn thành	802.16	802.16a	802.16e
	8-2002	4-2003	2005
Phổ tần	10-66 GHz	2-11 GHz	2-6 GHz
Các điều kiện kênh	LOS	NLOS	NLOS
Tốc độ bit	32-134 Mbps ở kênh 28MHz	70 Mbps ở kênh 20 MHz	15 Mbps ở kênh 5 MHz
Điều chế	QPSK, 16QAM, 64AQM	256 sóng mang con OFDM, QPSK, 16QAM, 64QAM	128-2048 sóng mang con OFDMA, QPSK, 16QAM, 64QAM
Tính di động	Cố định	Cố định	Di động
Băng tần kênh	20, 25, và 28 MHz	Phạm vi từ 1,25-20 MHz	Giống như 802.16a với các kênh con đường xuống
Bán kính tế bào thông thường	2-5 Km	7-40 Km	2-5 Km

Bảng 1.1 So sánh chuẩn 802.16, 16a, 16e

1.2. Phân bố băng tần trong wimax

Các băng tần số phân bổ cho WIMAX là: 2300-2400MHz (băng 2.3GHz), 2500-2690MHz (băng 2.5GHz), 3300-3400MHz (băng 3.3GHz), 3400-3600MHz, 3600-3800MHz (băng 3.5GHz), 5725-5850MHz (băng 5.8GHz) và băng 700-800MHz (dưới 1GHz).

Băng 2300-2400MHz (băng 2.3 GHz) có đặc tính truyền sóng tương tự như băng 2.5GHz nên là băng tần được xem xét cho WIMAX di động.

Băng 2500-2690MHz (băng 2.5 GHz) được ưu tiên lựa chọn cho

WIMAX di động theo chuẩn 802.16-2005. Có hai lý do cho sự lựa chọn là: Thứ nhất, so với các băng trên 3GHz điều kiện truyền sóng của băng tần này thích hợp cho các ứng dụng di động. Thứ hai là khả năng băng tần này sẽ được nhiều nước cho phép sử dụng WBA bao gồm cả WIMAX. WIMAX ở băng tần này có độ rộng kênh là 5MHz, chế độ song công TDD, FDD. Băng tần này trước đây được sử dụng phổ biến cho các hệ thống truyền hình MMDS trên thế giới, nhưng do MMDS không phát triển nên Hội nghị Thông tin Vô tuyến thế giới năm 2000 (WRC-2000) đã xác định có thể sử dụng băng tần này cho hệ thống di động thế hệ 3 (3G hay IMT-2000 theo cách đặt tên của ITU). Tuy nhiên, khi nào thì IMT-2000 được triển khai ở băng tần này, vẫn chưa có câu trả lời rõ ràng. Vì vậy, hiện đã có một số nước như Mỹ, Brazil, Mexico, Singapore, Canada, Liên hiệp Anh (UK), Australia cho phép sử dụng một phần băng tần này cho WBA. Trung Quốc và Ấn Độ cũng đang xem xét.

Băng 3300-3400MHz (băng 3.3 GHz), được phân bổ ở Ấn Độ, Trung Quốc và Việt Nam đang được xem xét phân bổ chính thức. Do Ấn Độ và Trung Quốc là hai thị trường lớn, nên dù chưa có sự cấp phép sử dụng băng tần này cho WBA, nhưng thiết bị WIMAX cũng đã được sản xuất.

Băng tần 3400-3600MHz (băng 3.5GHz) là băng tần đó được nhiều nước phân bổ cho hệ thống truy cập không dây cố định (Fixed Wireless Access – FWA) hoặc cho hệ thống truy cập không dây băng rộng (WBA). WIMAX cũng được xem là một công nghệ WBA nên có thể sử dụng băng tần này cho WIMAX. Các hệ thống WIMAX ở băng tần này sử dụng chuẩn 802.16-2004 để cung cấp các ứng dụng cố định, độ rộng phân kênh là 3.5MHz hoặc 7MHz, chế độ song công TDD hoặc FDD.

Băng 3600-3800MHz được một số nước châu Âu xem xét để cấp cho WBA. Tuy nhiên, do một phần băng tần này (từ 3.7-3.8GHz) đang được nhiều hệ thống vệ tinh viễn thông sử dụng (đường xuống băng C), đặc biệt là ở khu vực châu Á, nên ít khả năng băng tần này sẽ được chấp nhận cho WIMAX ở châu Á.

Băng 5725-5850MHz (băng 5.8 GHz) được nhiều nước cho phép sử dụng không cần cấp phép và với công suất phát cao hơn so với các đoạn băng tần khác trong dải 5GHz (5125-5250MHz, 5250-5350MHz), vốn thường được sử dụng

cho các ứng dụng trong nhà, thích hợp để triển khai WIMAX cố định, độ rộng phân kênh là 10MHz, phương thức song công được sử dụng là TDD, không có FDD.

Băng tần dưới 1GHz, có ưu điểm tần số càng thấp, sóng vô tuyến truyền lan càng xa, số trạm gốc cần sử dụng càng ít, tức mức đầu tư cho hệ thống thấp đi. Vì vậy, WIMAX cũng đang xem xét khả năng sử dụng các băng tần dưới 1GHz, đặc biệt là băng 700 - 800MHz.

Việt Nam đã xây dựng đề án quy hoạch phổ tần vô tuyến điện của quốc gia được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt cuối năm 2005, trong đó quy định băng tần 2500-2690 MHz sẽ được sử dụng cho các hệ thống thông tin di động thế hệ mới, không triển khai thêm các thiết bị khác trong băng tần này. Vì vậy, có thể hiểu công nghệ WIMAX di động cũng là một đối tượng của quy định này, nhưng băng tần này sẽ được sử dụng cho loại hình công nghệ cụ thể nào vẫn còn để mở.

1.3. Các ưu thế và ứng dụng trong wimax

Chuẩn IEEE 802.16 là một chuẩn vô tuyến băng rộng được hỗ trợ phổ biến từ

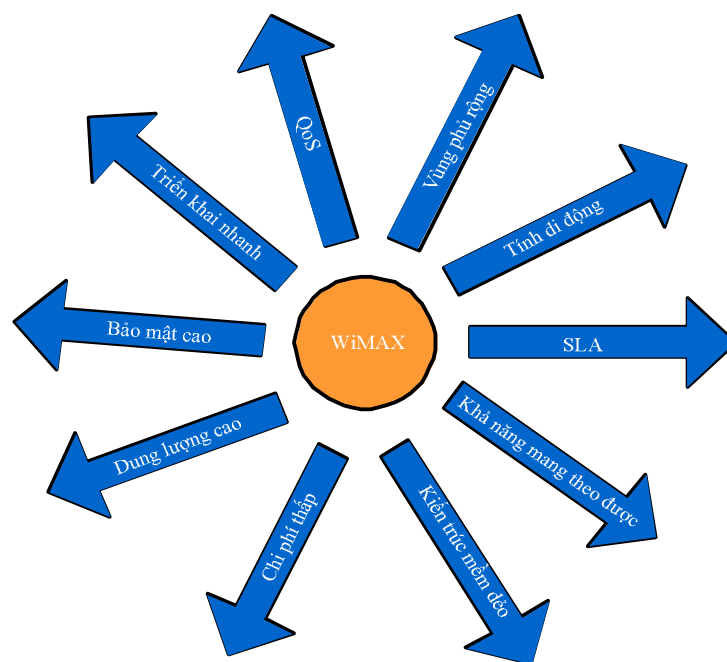
các ngành công nghiệp viễn thông và máy tính toàn cầu, làm cho công nghệ này mang lại lợi nhuận. Nó được thiết kế để đạt được các lợi ích kinh doanh đáng kể cho các nhà vận hành và người sử dụng trong các môi trường (hoạt động kinh doanh, người tiêu dùng, dịch vụ công cộng), địa lý, nhân khẩu (thành phố, ngoại ô, nông thôn) khác nhau. Đồ án cố gắng trình bày các đặc điểm công nghệ và ứng dụng chính của chuẩn IEEE 802.16, minh họa chúng qua các ví dụ ứng dụng cụ thể mà WiMAX là một giải pháp được ưu tiên.

Có nhiều ứng dụng được dùng bởi WiMAX. Tuy nhiên, ở đây chỉ tập trung vào sử dụng xách tay, cố định và cũng bao gồm cả di động.

1.3.1. Các ưu thế công nghệ WiMAX

Chuẩn WiMAX phát triển với nhiều mục tiêu, chúng được tổng kết ở dưới:

➤ *Kiến trúc mềm dẻo*: WiMAX hỗ trợ một vài kiến trúc hệ thống, bao gồm điểm tới điểm, điểm tới đa điểm, và bao phủ khắp nơi. MAC (điều khiển truy nhập phương tiện) WiMAX hỗ trợ điểm tới đa điểm và các dịch vụ ở khắp nơi bằng cách sắp xếp một khe thời gian cho mỗi trạm thuê bao (SS). Nếu chỉ có một SS trong mạng, thì trạm gốc WiMAX sẽ thông tin với SS trên cơ sở điểm tới điểm. Một BS trong cấu hình điểm tới điểm có thể sử dụng một anten búp hẹp hơn để phủ các vùng lớn hơn.



Hình 1.2 Các đặc tính của WiMAX

➤ *Bảo mật cao:* WiMAX hỗ trợ ASE (chuẩn mật mã hoá tiên tiến) và 3DES (chuẩn mật mã hoá số liệu). Bằng cách mật mã hoá các liên kết giữa BS và SS, WiMAX phục vụ các thuê bao tách biệt (chống nghe trộm) và bảo mật trên giao diện không dây băng rộng. Bảo mật cũng cung cấp cho các nhà khai thác hệ thống an ninh chống ăn trộm dịch vụ. WiMAX cũng được xây dựng hỗ trợ VLAN, mà cung cấp bảo vệ dữ liệu được truyền từ các người sử dụng khác nhau trên cùng một BS.

➤ *Triển khai nhanh:* So với sự triển khai của các giải pháp dây, WiMAX yêu cầu ít hoặc không yêu cầu xây dựng kế hoạch mở rộng. Ví dụ, đào hố để hỗ trợ rãnh của các cáp không được yêu cầu. Các nhà khai thác có giấy phép để sử dụng một trong số các băng tần được cấp phát, hoặc có kế hoạch để sử dụng một trong các băng tần không được cấp phép, không cần thiết xem xét sâu hơn các ứng dụng cho chính phủ. Khi anten và thiết bị được lắp đặt và được cấp nguồn, WiMAX sẽ sẵn sàng phục vụ. Trong hầu hết các trường hợp, triển khai WiMAX có thể hoàn thành trong khoảng mấy giờ, so với mấy tháng cho các giải pháp khác.

➤ *QoS WiMAX:* WiMAX có thể được tối ưu hoá hỗn hợp lưu lượng được mang. Bốn loại dịch vụ được hỗ trợ như trong bảng 1.2.

➤ *Dung lượng cao:* Sử dụng điều chế bậc cao (64-QAM) và độ rộng băng tần (hiện tại là 7 MHz), các hệ thống WiMAX có thể cung cấp độ rộng băng tần đáng kể cho các người sử dụng đầu cuối.

➤ *Độ bao phủ rộng hơn:* WiMAX hỗ trợ các điều chế đa mức, bao gồm BPSK, QPSK, 16-QAM, và 64-QAM. Khi được trang bị với một bộ khuếch đại công suất lớn và hoạt động với điều chế mức thấp (ví dụ, BPSK hoặc QPSK), các hệ thống WiMAX có thể bao phủ một vùng địa lý rộng khi đường giữa BS và SS thông suốt.

Loại dịch vụ	Mô tả
Dịch vụ cấp tự nguyện (UGS)	UGS được thiết kế để hỗ trợ các luồng dữ liệu thời gian thực bao gồm các gói số liệu kích thước cố định được phát ra tại các khoảng tuần hoàn, như T1/E1 và thoại trên nền IP

Dịch vụ kiểm soát vòng thời gian thực (rtPS)	rtNS được thiết kế để hỗ trợ các luồng dữ liệu thời gian thực bao gồm các gói số liệu kích thước thay đổi mà được phát ra tại các khoảng tuần hoàn, như MPEG video
Dịch vụ kiểm soát vòng phi thời gian thực (nrtPS)	nrtPS được thiết kế để hỗ trợ các luồng số liệu dung sai trễ bao gồm các gói số liệu kích thước thay đổi mà yêu cầu tốc độ số liệu tối thiểu, như FTP.
Best Effort (BS) nỗ lực tối đa	Dịch vụ BS được thiết kế để hỗ trợ các luồng số liệu mà không yêu cầu mức dịch vụ tối thiểu và có thể xử lý trên cơ sở giá trị không gian.

Bảng 1.2 Các loại dịch vụ của WiMAX

- *Dung lượng cao:* Sử dụng điều chế bậc cao (64-QAM) và độ rộng băng tần (hiện tại là 7 MHz), các hệ thống WiMAX có thể cung cấp độ rộng băng tần đáng kể cho các người sử dụng đầu cuối.
- *Độ bao phủ rộng hơn:* WiMAX hỗ trợ các điều chế đa mức, bao gồm BPSK, QPSK, 16-QAM, và 64-QAM. Khi được trang bị với một bộ khuếch đại công suất lớn và hoạt động với điều chế mức thấp (ví dụ, BPSK hoặc QPSK), các hệ thống WiMAX có thể bao phủ một vùng địa lý rộng khi đường giữa BS và SS thông suốt.
- *Mang lại lợi nhuận:* WiMAX dựa trên chuẩn quốc tế mở. Chuẩn được thông qua đa số, sử dụng chi phí thấp, các chipset được sản xuất hàng loạt, sẽ làm cho giá hạ xuống; và cạnh tranh giá cả làm cho các nhà cung cấp dịch vụ, người sử dụng đầu cuối tiết kiệm được chi phí.
- *Dịch vụ đa mức:* Là loại mà QoS đạt được dựa vào hợp đồng mức dịch vụ (SLA) giữa nhà cung cấp dịch vụ và người sử dụng. Hơn nữa, một nhà cung cấp dịch vụ có thể đưa ra các SLA khác nhau cho những người đăng ký khác nhau, hoặc thậm chí cho những người sử dụng khác nhau trong cùng một SS.
- *Khả năng cùng vận hành:* WiMAX dựa vào các chuẩn cung cấp trung lập, quốc tế, làm cho người sử dụng đầu cuối dễ dàng truyền tải và sử dụng SS của họ tại các vị trí khác nhau, hoặc với các nhà cung cấp dịch vụ khác nhau. Khả năng

cùng vận hành bảo vệ vốn đầu tư ban đầu của nhà khai thác vì nó có thể chọn thiết bị từ các đại lý thiết bị khác nhau, và nó sẽ tiếp tục làm giảm giá thiết bị.

➤ *Khả năng mang theo được:* Với các hệ thống tổ ong hiện nay, khi SS WiMAX được cấp nguồn, nó tự nhận dạng, xác định các đặc tính của liên kết với BS, chỉ cần SS được đăng ký trong cơ sở dữ liệu hệ thống, và sau đó đàm phán các đặc tính truyền dẫn phù hợp.

➤ *Tính di động:* Chuẩn IEEE 802.16e được thêm một số đặc điểm chủ yếu trong việc hỗ trợ tính di động. Các cải tiến được tạo ra cho lớp vật lý OFDMA và OFDM để cung cấp các thiết bị và dịch vụ trong môi trường di động. Các môi trường này bao gồm: OFDMA có thể chia tỷ lệ được, MIMO, và hỗ trợ chế độ idle/sleep, chuyển giao, cho phép tính di động hoàn toàn tại tốc độ 160 km/h. Chuẩn hỗ trợ bởi Forum WiMAX được thừa hưởng hiệu năng NLOS (tầm nhìn không thẳng) tốt hơn của OFDM và hoạt động chịu được đa đường, làm cho nó phù hợp hơn với môi trường di động.

➤ *Hoạt động tầm nhìn không thẳng:* NLOS thường ám chỉ đường dẫn vô tuyến có miền Fresnel thứ nhất bị chặn hoàn toàn. WiMAX dựa vào công nghệ OFDM đã có sẵn khả năng xử lý các môi trường NLOS. Dung lượng này giúp các sản phẩm WiMAX phân phát độ rộng băng tần rộng trong môi trường NLOS, mà các sản phẩm vô tuyến khác không làm được.

Mô tả lớp	Thời gian thực	Loại ứng dụng	Độ rộng băng tần
Trò chơi tương tác	Có	Trò chơi tương tác	50-85 kbps
VoIP, Hội thảo video	Có	VoIP	4-64 kbps
		Điện thoại hình	32-384 kbps
Luồng Media	Có	Nhạc/thoại	5-128 kbps
		Các đoạn video	20-384 kbps
		Phim	>2Mbps
Công nghệ thông tin	Không	Bản tin tức thời	<250 byte bản tin
		Trình duyệt Web	>500 kbps
		Email	>500 kbps
Tải nội dung truyền thông (lưu trữ và chuyển tiếp)	Không	Dữ liệu lớn, tải phim	>1 Mbps
		Ngang hàng	>500 kbps

Bảng 1.3 Các ứng dụng trong wimax**1.3.2. Các ứng dụng trong WiMAX**

Chuẩn WiMAX được triển khai cho đủ loại ứng dụng, như được tổng kết trong bảng 1.3.

Dựa vào các thuộc tính công nghệ và các lớp dịch vụ, WiMAX thích hợp cho việc hỗ trợ một số lượng lớn các ứng dụng. Các ứng dụng này được phân cấp trong bảng 1.4. Và để minh họa khả năng của wimax cho các ứng dụng trong bảng chúng ta có thể chia các ứng dụng thành hai loại lớn được trình bày trong phần kế.

	đeo	Bảo mật cao	QoS WiMAX	Triển khai nhanh	Dịch vụ đa mức	Kna nang cung vận hành	Kna nang mạng theo được	Tính di động	nhuận	Vùng phủ rộng	NLOS	Dung lượng cao
Chuyên về tế bào				x					x			x
Chuyên về WSP				x					x			x
Các mạng ngân hàng	x	x	x						x		x	
Các mạng giáo dục	x		x						x	x		
An ninh công cộng	x	x	x	x			x	x			x	
Truyền thông xa bờ	x		x				x	x		x	x	
Liên kết khuôn viên	x	x	x									x
Xây dựng tạm thời			x	x			x				x	
Các công viên giải trí	x		x				x	x			x	
WSP truy cập mạng		x	x		x	x			x		x	x

Kết nối nông thôn			x			x			x	x		
Chiến trường quân đội	x	x		x			x	x				

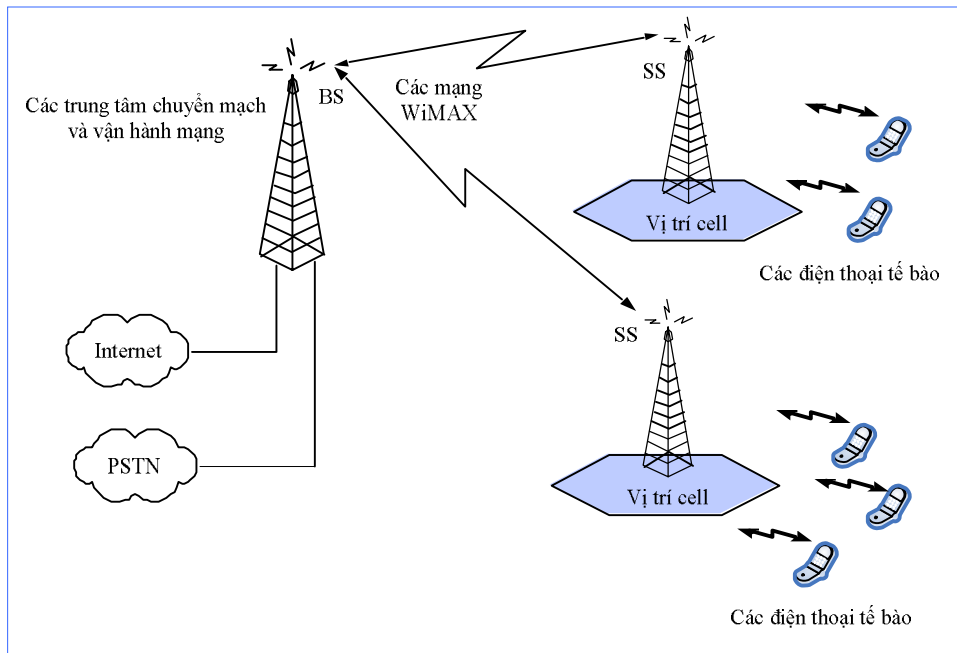
Bảng 1.4 Các ứng dụng thực tiễn trong WiMAX

a) Các mạng riêng

Các mạng riêng, được dùng dành riêng cho một tổ chức, cơ quan hoặc cơ sở kinh doanh, cung cấp các liên kết thông tin chuyên dụng đảm bảo; chuyên giao tin cậy thoại, dữ liệu và hình ảnh. Triển khai đơn giản và nhanh thường được ưu tiên cao, và các cấu hình tiêu biểu là điểm tới điểm hoặc điểm tới đa điểm.

- *Chuyển về tế bào*

Thị trường các dịch vụ tế bào càng ngày càng cạnh tranh mạnh. Để tồn tại trong kinh doanh, các nhà khai thác tế bào thường xuyên tìm cách giảm chi phí hoạt động. Chi phí chuyển về cho các nhà vận hành tế bào đại diện cho một phần đáng kể chi phí tuần hoàn của họ. WiMAX cung cấp các kết nối điểm tới điểm lên tới 30 dặm (50 km), với các tốc độ dữ liệu có khả năng hỗ trợ nhiều luồng E1/T1. Do đó các nhà vận hành tế bào có thể sử dụng thiết bị WiMAX để chuyển lưu lượng trạm gốc về các trung tâm chuyển mạch và vận hành mạng của họ, như được minh họa ở hình 1.3.



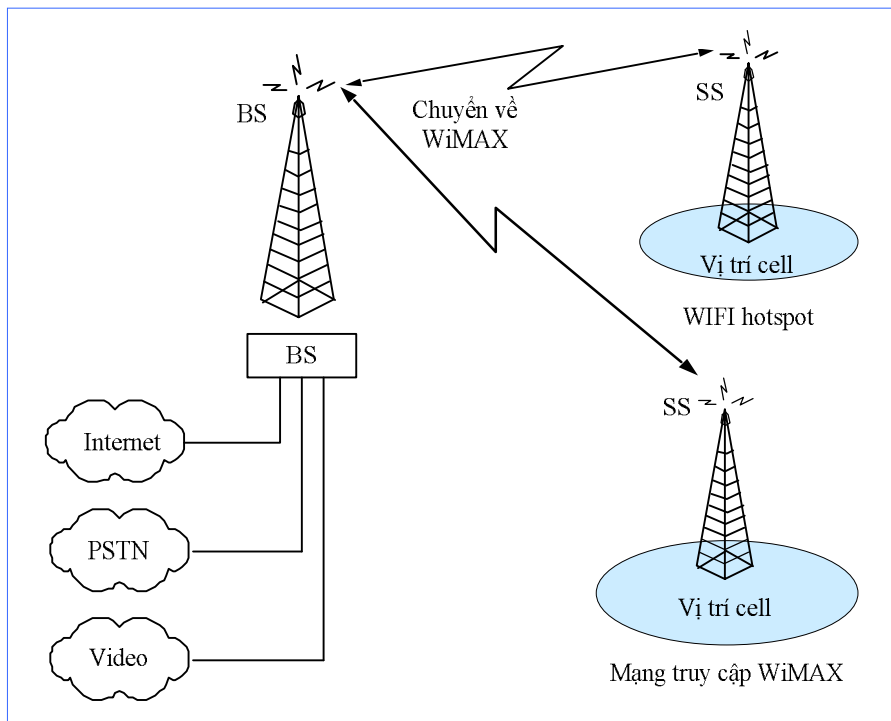
Hình 1.3 Minh họa chuyển về tế bào

Chú ý: dựa vào giá trị phổ tần của WiMAX trong các nước khác nhau, ứng dụng chuyển về tế bào có thể hoặc không thể vận dụng các mạng toàn quốc. Lưu lượng tế bào là một hỗn hợp của thoại và dữ liệu, có đặc điểm QoS gắn liền của WiMAX rất phù hợp. Các điều kiện thuận lợi chuyển về thuê từ các công ty điện thoại địa phương có thể có cản trở về chi phí; triển khai giải pháp quang sẽ tốn cả thời gian và tiền, có thể tác động chống lại sự giới thiệu dịch vụ mới. Các giải pháp có dây cung cấp chuyển về tế bào hiếm khi có lợi nhuận trong các vùng nông thôn, ngoại ô, và hầu hết các phiên bản của DSL, công nghệ cáp không thể cung cấp độ rộng băng tần được yêu cầu, đặc biệt cho chuyển về các mạng 3G đầy triển vọng.

➤ *Chuyển về các nhà cung cấp dịch vụ vô tuyến*

Các nhà cung cấp dịch vụ vô tuyến (WSPs) sử dụng thiết bị WiMAX để chuyển lưu lượng từ trạm gốc về các mạng truy cập của họ, như được minh họa ở hình 1.4.

Các mạng truy cập dựa trên WiFi, WiMAX hoặc bất kỳ công nghệ truy cập vô tuyến có đăng ký độc quyền. Nếu mạng truy nhập sử dụng thiết bị WiFi, thì toàn bộ mạng WSP được xem như một hot zone. Vì các WSP thường cung cấp thoại, dữ liệu và hình ảnh, nên đặc điểm QoS của WiMAX gắn liền sẽ giúp ưu tiên, tối ưu hoá dung lượng chuyển về. Thiết bị WiMAX có thể được triển khai nhanh, tạo điều kiện thuận lợi cho việc giới thiệu nhanh mạng WSP. Như đã được minh họa, điều kiện thuận lợi chuyển về thuê từ công ty điện thoại địa phương sẽ tăng chi phí hoạt động, và triển khai giải pháp cáp quang có thể rất tốn tiền và yêu cầu lượng thời gian đáng kể, tác động chống lại sự giới thiệu dịch vụ mới. Hơn nữa, cáp quang, DSL, cáp không có lợi nhuận trong các vùng nông thôn, ngoại thành, và hầu hết các phiên bản của DSL, công nghệ cáp không cung cấp được dung lượng yêu cầu cho các mạng này.



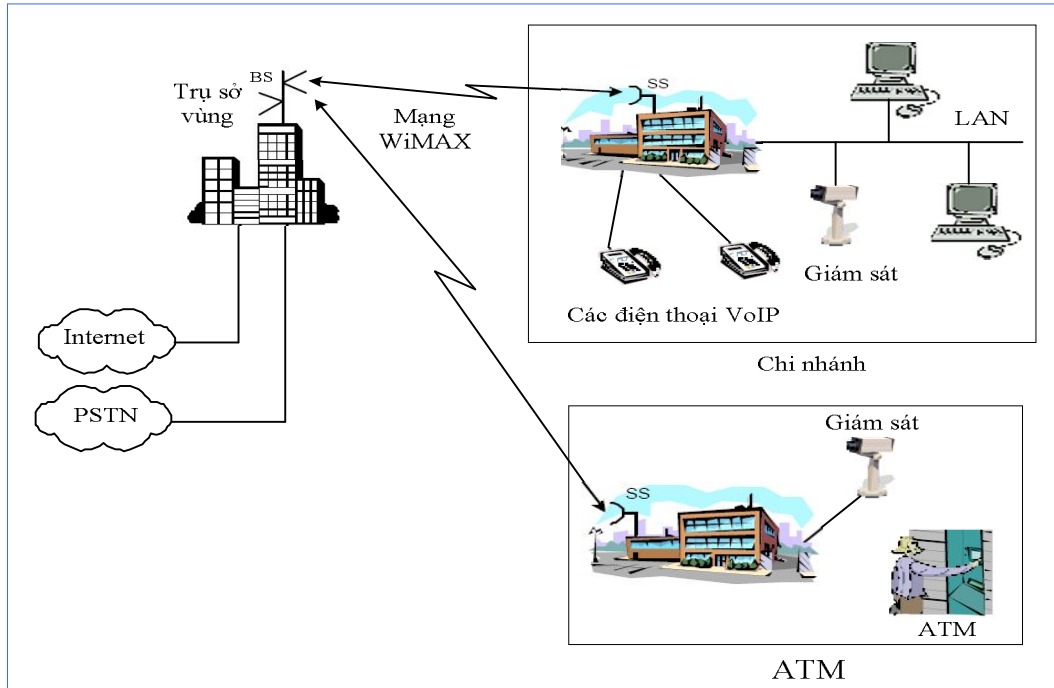
Hình 1.4 Minh họa chuyển về nhà cung cấp dịch vụ

➤ *Các mạng ngân hàng*

Các ngân hàng lớn có thể kết nối các chi nhánh và các địa điểm ATM với trụ sở vùng của chúng qua một mạng riêng mang lưu lượng thoại, dữ liệu và hình ảnh, như được biểu diễn ở dưới. Các ngân hàng này thường trải ra trong một vùng rộng lớn và cần độ bảo mật, độ rộng băng tần cao để xử lý lưu lượng.

Mật mã hoá dữ liệu WiMAX cung cấp tính bảo mật kết nối cao, tuy nhiên, rất có khả năng các ngân hàng cũng cần bảo mật đầu cuối đến đầu cuối, như là bảo mật được cung cấp bởi SSL, để bảo vệ chống lại thao tác và tình trạng bị chặn không mong muốn của lưu lượng nghiệp vụ ngân hàng cần được bảo mật.

Vùng phủ rộng và dung lượng cao cho phép các trụ sở vùng của ngân hàng được kết nối với một số lượng lớn các trạm ATM, các văn phòng đặt tại các vị trí khác nhau. Các mạng WiMAX cũng cung cấp mức độ linh hoạt cao, sao cho lưu lượng tốc độ thấp giữa trụ sở và các máy ATM có thể tồn tại cùng với các mức lưu lượng cao cần để hỗ trợ truyền thông giữa chi nhánh với trụ sở vùng. QoS WiMAX được dùng để ưu tiên lưu lượng thoại (điện thoại giữa các chi nhánh), dữ liệu (giao dịch tài chính, email, internet, và intranet), hình ảnh (giám sát, CCTV). Các ngân hàng muốn sở hữu riêng các mạng của họ vì một số nguyên nhân. Ngoài loại bỏ chi phí lặp lại trả cho các công ty điện thoại, nó còn cung cấp cho các ngân hàng khả năng bố trí lại các mạng của nó nhanh chóng nếu ATM hoặc chi nhánh mang tính tạm thời hay được xây dựng lại cố định. Hơn nữa, hầu hết các phiên bản DSL và công nghệ cáp không cung cấp độ rộng băng tần yêu cầu để hỗ trợ, duy trì thông tin liên lạc giữa chi nhánh và trụ sở vùng.



Hình 1.5 Minh hoạ mạng ngân hàng

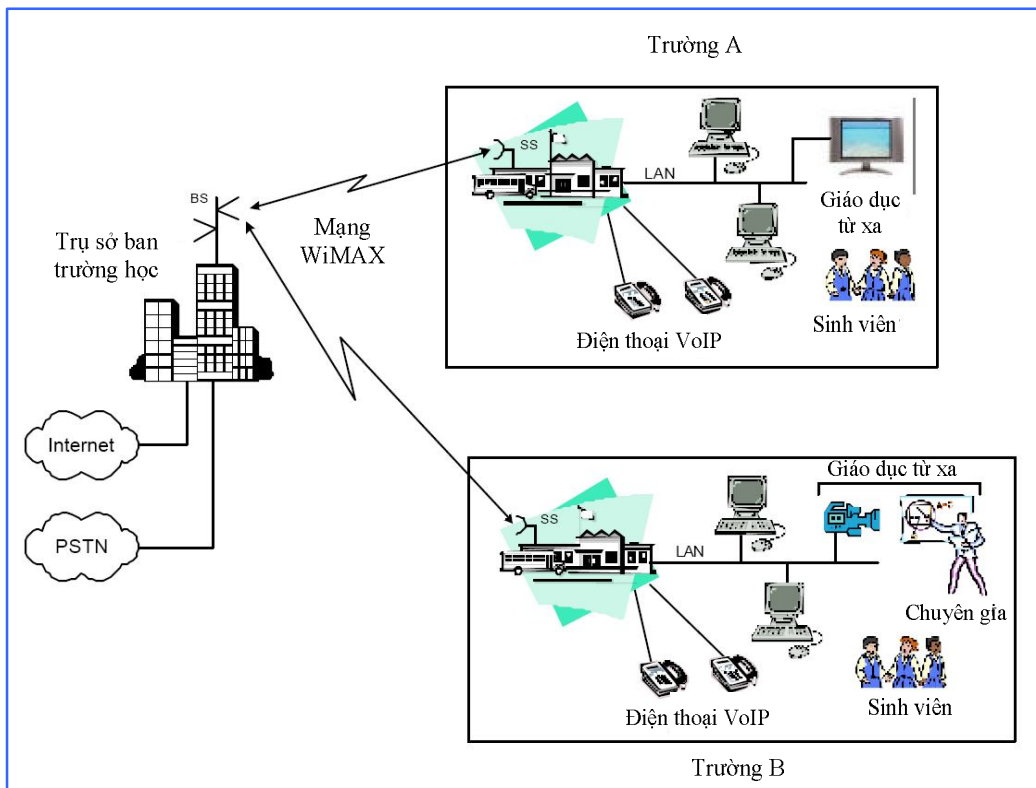
➤ *Các mạng giáo dục*

Các ban phụ trách trường học có thể sử dụng mạng WiMAX để kết nối các trường với trụ sở ban trong một quận (huyện), như được minh hoạ ở dưới. Một số yêu cầu chính cho hệ thống trường học là NLOS, độ rộng băng tần cao (>15 Mbps), khả năng điễm tới điễm, điễm tới đa điễm, và độ phủ rộng. Các mạng giáo dục dựa vào WiMAX, sử dụng QoS, có thể thực hiện đầy đủ các yêu cầu thông tin liên lạc, bao gồm hệ thống thoại, hoạt động dữ liệu (như các báo cáo của sinh viên), email, truy cập internet, intranet (dữ liệu), giáo dục từ xa (hình ảnh) giữa trụ sở ban và tất cả các trường trong vùng, giữa các trường với nhau.

Trong ứng dụng trên, camera tại trường B truyền bài giảng theo thời gian thực tới trường A, cho phép các trường truyền đồng thời bài giảng từ một chuyên gia được tín nhiệm tới một số lượng lớn sinh viên, không cần thiết phải thêm người dạy.

Giải pháp WiMAX cung cấp vùng phủ rộng, làm cho nó có lợi nhuận, đặc biệt cho các trường ở nông thôn không có hoặc có ít cơ sở hạ tầng thông tin liên lạc, bị phân tán khắp nơi. Khi ban phụ trách trường học sở hữu, vận hành các mạng

riêng, họ có thể đáp ứng lại những thay đổi về vị trí và cách bố trí các tiện nghi của họ. Điều này giảm đáng kể chi phí vận hành các tuyến thuê hàng năm. Các giải pháp có dây không thể cung cấp khả năng triển khai nhanh chóng, giá thành thấp, và hầu hết các phiên bản DSL, công nghệ cáp không có thông lượng được yêu cầu bởi các mạng giáo dục này.



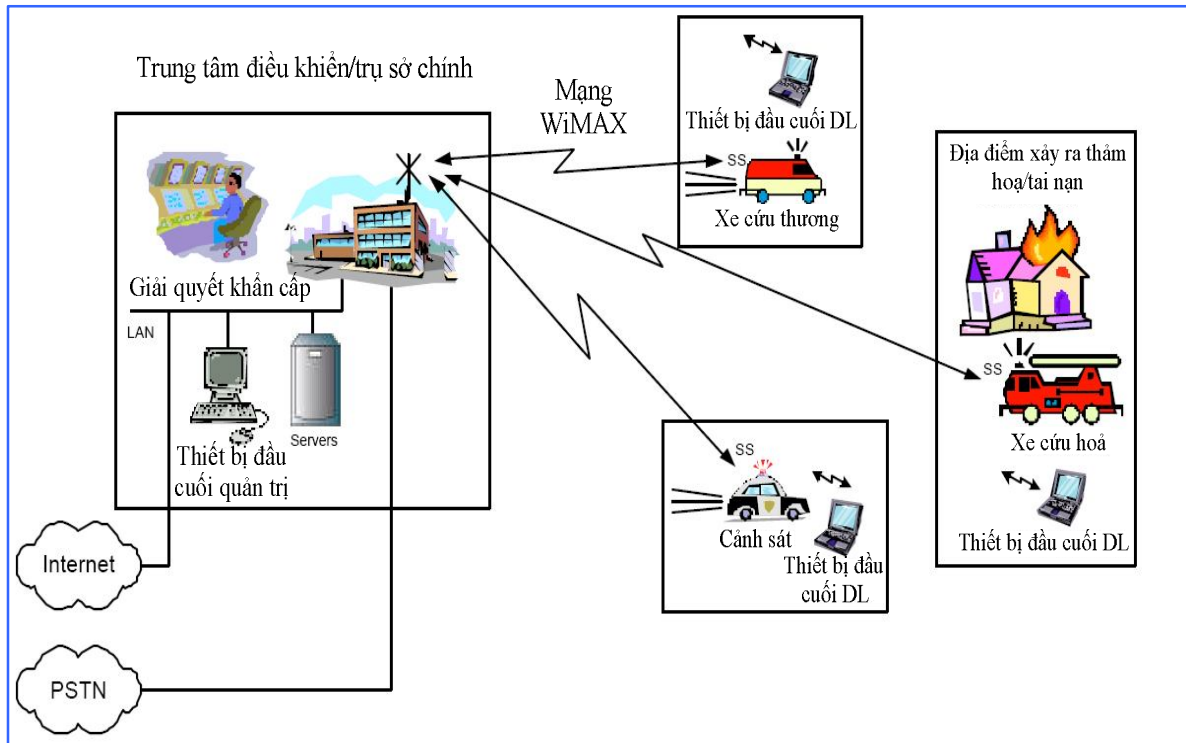
Hình 1.6 Minh họa về mạng giáo dục

➤ *An ninh công cộng*

Các cơ quan an ninh công cộng của chính phủ, như: cảnh sát, cứu hỏa, tìm kiếm và cứu hộ, có thể sử dụng các mạng WiMAX để hỗ trợ đáp lại những tình huống cấp cứu và tình trạng khẩn cấp khác, như được minh họa ở hình 1.7.

Ngoài ra còn cung cấp truyền thông thoại hai chiều giữa trung tâm giải quyết nhanh và các đội đáp lại tình trạng khẩn cấp, mạng tiếp sóng các hình ảnh video, dữ liệu từ địa điểm vụ tai nạn hoặc thảm họa tới trung tâm điều khiển. Dữ liệu này có thể được tiếp sóng tới các đội chuyên gia cấp cứu hoặc nhân viên khẩn cấp, là những người có thể phân tích các tính huống trong thời gian thực, như thể là họ

đang ở đó. WiMAX QoS cho phép mạng xử lý các loại lưu lượng khác nhau. Các giải pháp WiMAX có khả năng triển khai cao, do đó đội đáp ứng ban đầu có thể thiết lập một mạng vô tuyến tạm thời tại địa điểm vụ tai nạn, sự kiện, hoặc thảm họa tự nhiên trong khoảng vài phút. Họ cũng có thể tiếp sóng lưu lượng từ mạng này trở về trung tâm giải quyết nhanh hoặc trung tâm điều khiển, qua mạng WiMAX hiện hành.



Hình 1.7 Minh họa về mạng an ninh công cộng

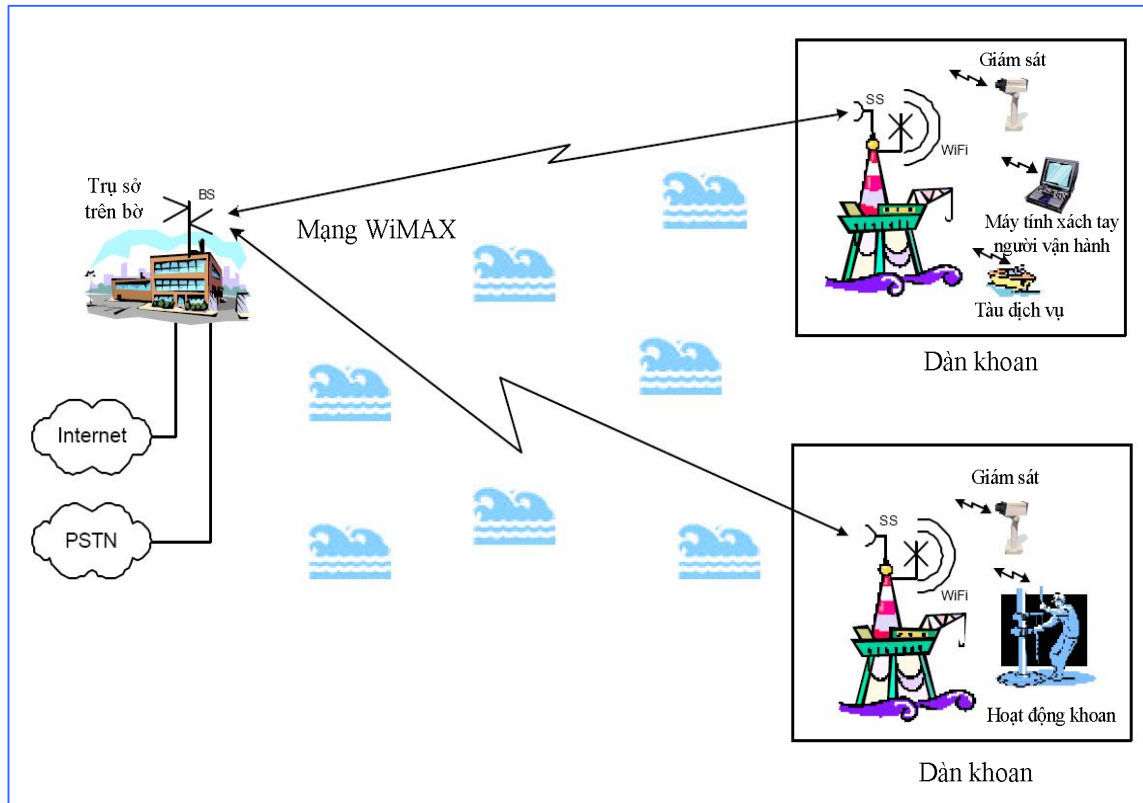
Các giải pháp có dây không phải là các giải pháp thích hợp, do tính không thể dự đoán, không ổn định của các vụ tai nạn và các thảm họa. Ở đây có lẽ cũng yêu cầu cả tính di động, ví dụ như: một cảnh sát đang phải truy cập cơ sở dữ liệu

từ một phương tiện chuyển động, hoặc một lính cứu hoả phải tải thông tin về tuyến đường tốt nhất tới nơi xảy ra hoả hoạn hoặc kiến trúc của toà nhà đang bị cháy. Các máy quay video trong xe cứu thương có thể cung cấp trước thông tin về tình trạng của bệnh nhân, trước khi xe cứu thương đến bệnh viện. Trong tất cả các trường hợp đó, WiMAX hỗ trợ tính di động và độ rộng băng tần cao, mà các hệ thống băng hẹp không thể chuyển được.

➤ *Các phương tiện liên lạc xa bờ*

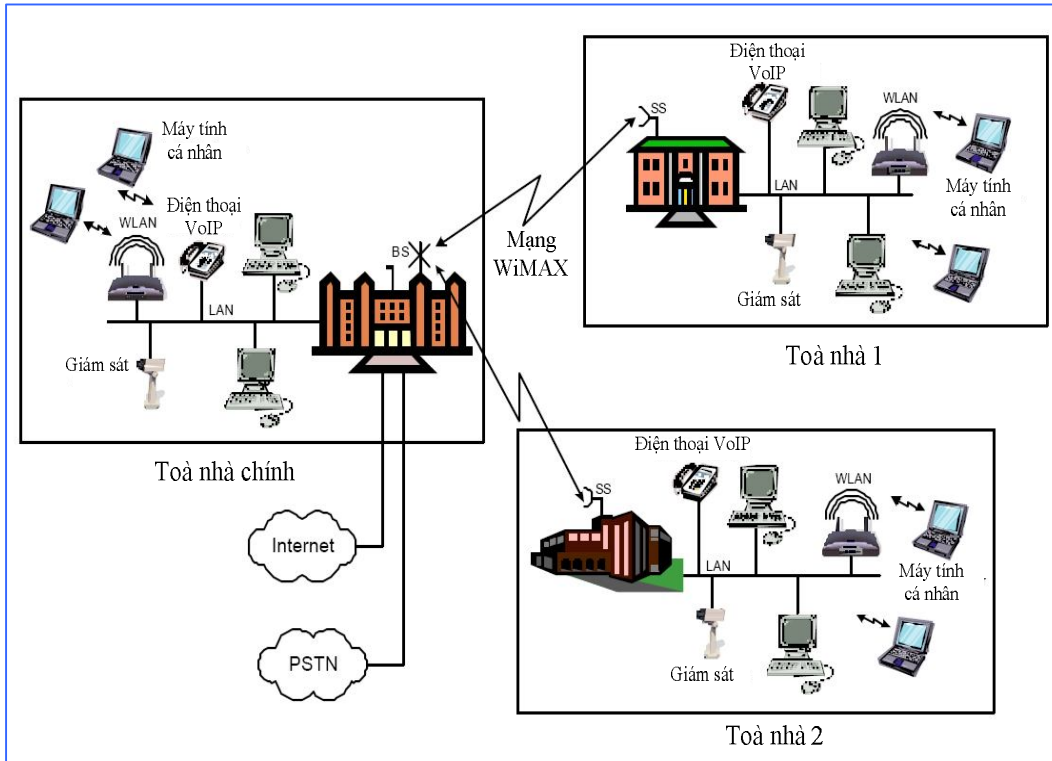
Các nhà sản xuất ga, dầu có thể sử dụng thiết bị WiMAX để cung cấp các tuyến nối thông tin liên lạc từ các phương tiện trên mặt đất tới các giàn khoan dầu, các bộ khoan, để hỗ trợ các hoạt động từ xa, các phương tiện liên lạc cơ bản và an ninh, như được minh hoạ ở hình 1.8.

Các hoạt động từ xa bao gồm: việc xử lý sự cố từ xa các vấn đề thiết bị phức tạp, kiểm tra định hướng địa điểm, và truy cập cơ sở dữ liệu. Ví dụ, các đoạn video của các thành phần hoặc các cụm lắp ráp gặp sự cố được truyền tới đội chuyên gia trên mặt đất để phân tích. An ninh gồm: kiểm tra đèn cảnh báo, giám sát video. Các phương tiện liên lạc cơ bản gồm: điện thoại, email, truy cập internet, trao đổi video.



Hình 1.8 Minh hoạ về mạng liên lạc xa bờ

➤ *Liên kết khuôn viên*



Hình 1.9 Minh hoạ về liên kết khuôn viên

Các cơ quan chính phủ, hãng (xí nghiệp) lớn, khu công nghiệp, trung tâm vận tải, trường đại học, cao đẳng, có thể sử dụng mạng WiMAX để kết nối nhiều vị trí, địa điểm và các văn phòng bên trong khuôn viên của họ, như được minh hoạ ở hình 1.9. Các hệ thống khuôn viên yêu cầu dung lượng dữ liệu lớn, trễ nhỏ, vùng phủ lớn, và độ an toàn cao.

Các mạng WiMAX được triển khai một cách dễ dàng và nhanh chóng. Mạng có thể được thiết lập hoặc bố trí lại trong khoảng vài giờ, bằng không thì vài phút, thậm chí ngay cả khi các giàn khoan dầu, bộ khoan chuyển tới các địa điểm khác. Các giải pháp có dây không thích hợp cho kịch bản này, vì các phương tiện ở xa bờ, và vì các giàn khoan dầu được lắp đặt tạm thời, di chuyển đều đặn trong mỏ ga hoặc dầu.

Trong trường hợp phải từ bỏ tạm thời phương tiện xa bờ, các phương tiện liên lạc để kiểm tra tình trạng tài sản có thể tiếp tục được duy trì, sử dụng các thiết bị đầu cuối WiMAX dùng ác quy.

Giống như các kịch bản sử dụng khác, mạng khuôn viên mang lưu lượng hỗn hợp; thoại, dữ liệu, và video, mà nhờ vào WiMAX QoS để ưu tiên, tối ưu hoá. Tốn rất ít thời gian và tài nguyên để tương kết một khuôn viên bằng mạng WiMAX, vì không yêu cầu đào, xây dựng mở rộng. Một số khuôn viên đã tồn tại từ lâu, và việc đào công cáp là không được phép. Trong các trường hợp như vậy, giải pháp WiMAX là một cách hiệu quả nhất để kết nối giữa các toà nhà trong khuôn viên. Cho dù được phép lắp đặt dây, nhưng thời gian để triển khai giải pháp có dây lâu hơn triển khai WiMAX, mà không đưa ra bất cứ lợi ích nào kèm theo.

a) Các mạng công cộng

Trong mạng công cộng, các tài nguyên được truy cập, chia sẻ với các người sử dụng khác nhau, gồm cả các hãng kinh doanh và các cá nhân riêng biệt. Nói chung mạng công cộng yêu cầu lợi nhuận qua việc cung cấp vùng phủ khắp nơi, vì vị trí của người sử dụng hoặc là cố định hoặc có thể dự đoán được. Các ứng dụng chính của mạng công cộng là truyền thông thoại và dữ liệu, mặc dù truyền thông video đang trở nên phổ biến hơn. An ninh là một yêu cầu then chốt, vì nhiều người sử dụng cùng chia sẻ một mạng. Hỗ trợ kèm theo VLAN và mã hoá dữ liệu là giải pháp an ninh được sử dụng. Mạng công cộng bao gồm một số bối cảnh sử dụng được minh hoạ dưới đây.

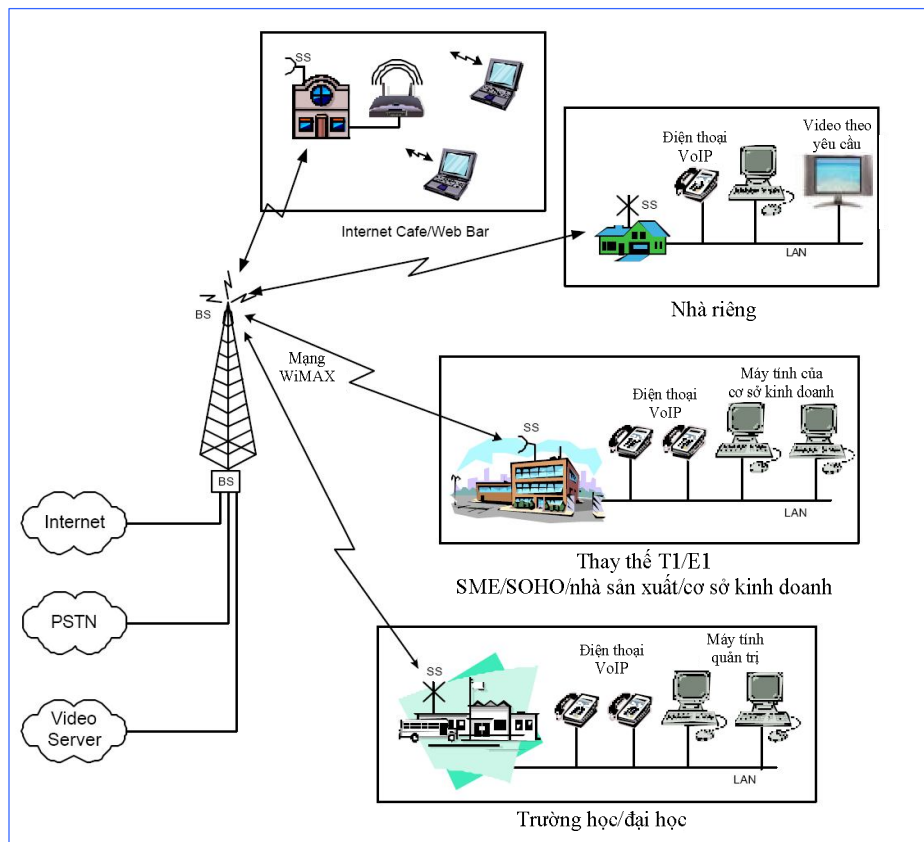
➤ Nhà cung cấp dịch vụ vô tuyến truy cập mạng

Các nhà cung cấp dịch vụ vô tuyến (WSPs) sử dụng mạng WiMAX để cung cấp kết nối tới cả khu dân cư (thoại, dữ liệu và video) và hãng kinh doanh (chủ yếu là thoại và internet), được minh hoạ ở hình 1.10.

WSP có thể là một CLEC (các nhà cung cấp tổng đài nội hạt cạnh tranh) mà bắt đầu việc kinh doanh với ít hoặc không có cơ sở hạ tầng được lắp đặt. Vì WiMAX rất dễ để triển khai, nên CLEC có thể lắp đặt mạng nhanh chóng và ở vào thế cạnh tranh với ILEC (nhà cung cấp sóng mang tổng đài nội hạt).

Kỹ thuật QoS gắn liền với WiMAX rất phù hợp với hỗn hợp lưu lượng được mang bởi CLEC. QoS MAC cũng đưa ra dịch vụ đa mức để cung cấp cho các nhu cầu dịch vụ khác nhau của khách hàng. Hỗ trợ nhiều loại dịch vụ cho phép các luồng thu nhập khác nhau, tuy nhiên nó giảm chi phí thu được từ khách hàng, và

tăng ARPU (thu nhập trung bình trên mỗi người sử dụng). WSP chỉ cần một hệ thống quảng cáo và một cơ sở dữ liệu khách hàng.



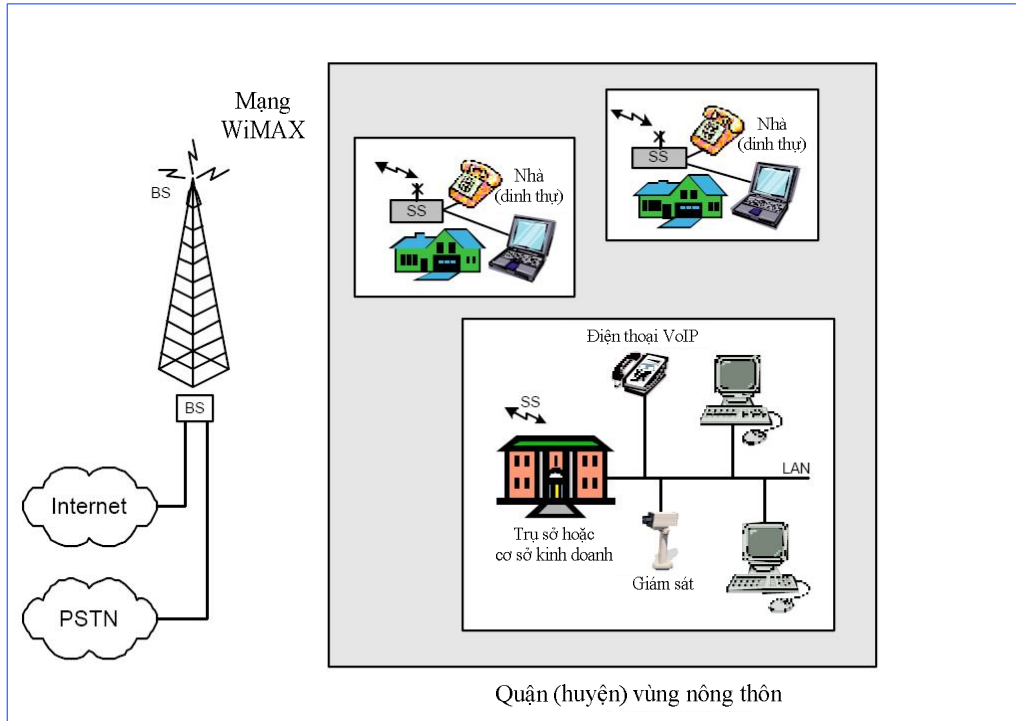
Hình 1.10 Minh họa về mạng WiMAX của nhà cung cấp dịch vụ

Các nhà vận hành tế bào cũng quan tâm tới ứng dụng WiMAX trong mạng của họ. Các nhà vận hành đã có các tháp, cơ sở hạ tầng quảng cáo và khách hàng, nhưng triển khai giải pháp WiMAX sẽ mở rộng thị trường trong vùng dịch vụ của họ. Tất cả các giải pháp có dây (bao gồm: cáp quang, DSL, và cáp) yêu cầu các chi phí ban đầu đáng kể để xây dựng cơ sở hạ tầng. Nói cụ thể, các giải pháp có dây không phù hợp với các thị trường đang phát triển ở các nước, như các vùng nông thôn, thị trấn nhỏ hoặc rìa ngoại ô của các trung tâm lớn.

➤ *Kết nối nông thôn*

Các nhà cung cấp dịch vụ sử dụng WiMAX để phát dịch vụ cho các thị trường ít được quan tâm trong các vùng nông thôn, vùng ngoại ô của các thành phố, như được minh họa ở hình 1.11.

Sự phân phát kết nối nông thôn là vấn đề then chốt trong các nước đang phát triển và các vùng ít được quan tâm của những nước phát triển, mà ở đó không có hoặc có rất ít cơ sở hạ tầng có giá trị. Kết nối thông thôn chủ yếu cung cấp dịch vụ internet và điện thoại. Vì WiMAX cung cấp vùng phủ rộng nên đây là một giải pháp mang lại lợi nhuận nhiều nhất.



Hình 1.11 Minh hoạ về mạng WiMAX cho kết nối ở vùng nông thôn

Chương 2

GHÉP KÊNH PHÂN CHIA THEO TẦN SỐ TRỰC GIAO OFDM VÀ ĐA TRUY XUẤT PHÂN CHIA THEO TẦN SỐ TRỰC GIAO OFDMA

2.1. Ghép kênh phân chia theo tần số trực giao OFDM

Ghép kênh phân chia tần số trực giao dựa trên công nghệ truyền thông đa sóng mang. Truyền thông đa sóng mang là phân chia tín hiệu băng thông tổng thành nhiều sóng mang con và thông tin được truyền trên các sóng mang con đó. Trong OFDM khoảng cách giữa hai sóng mang con được chọn sao cho chúng trực giao với nhau. Phổ của các sóng mang con chồng lấp nhau nhưng có thể được tách riêng biệt bằng cách sử lý băng tần gốc ở đầu thu. Đặc tính chồng lấp phổ này làm cho OFDM hiệu quả về phổ hơn so với các mô hình truyền thông đa sóng mang thông thường.

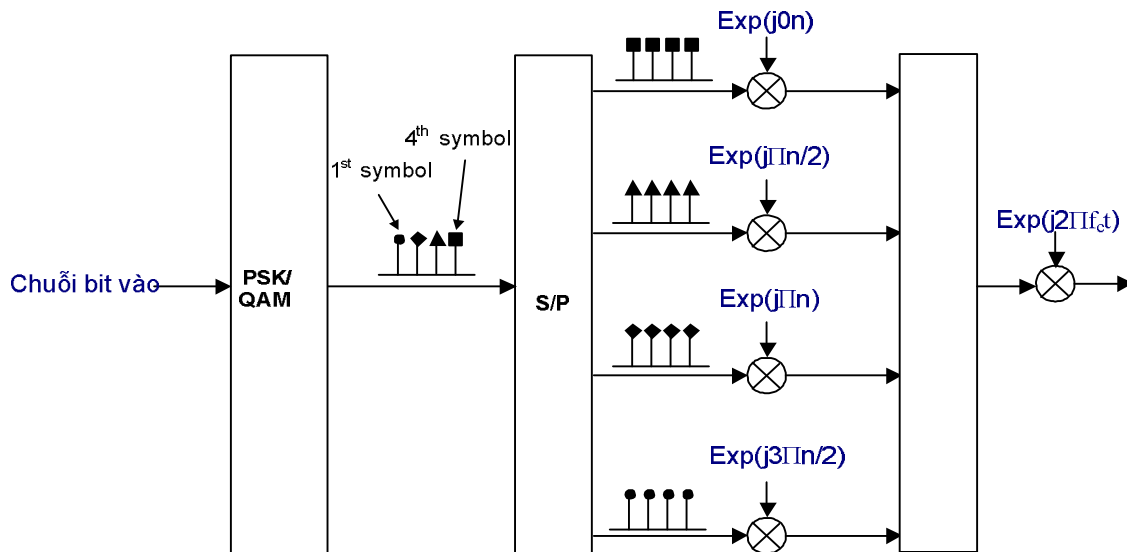
2.1.1. Tạo các ký hiệu OFDM

Một ký hiệu OFDM băng tần gốc có thể được tạo ra trong miền số trước khi được điều chế vào các sóng mang con để truyền dẫn. Để tạo ra một OFDM băng tần gốc, một luồng dữ liệu đã được số hóa trước tiên được điều chế sử dụng các mô hình điều chế chung như PSK hoặc QAM. Sau đó, những ký hiệu dữ liệu này được chuyển đổi nối tiếp thành song song trước khi thực hiện điều chế các sóng mang con. Các sóng mang con được lấy mẫu với tốc độ N/T_s , với N là số sóng mang con và T_s là khoảng thời gian ký hiệu OFDM, khoảng tần số giữa hai sóng mang con kề cận là $2\pi/N$. Cuối cùng những mẫu trên mỗi sóng mang con được tổng hợp lại thành một mẫu OFDM. Một ký hiệu OFDM được tạo ra bởi một hệ thống OFDM có N sóng mang con gồm N mẫu và mẫu thứ m của một ký hiệu OFDM là:

$$x_m = \sum_{n=0}^{N-1} X_n \exp\left\{j \frac{2\pi mn}{N}\right\}, \quad 0 \leq m \leq N-1, \quad (2.1)$$

Ở đây X_n là ký hiệu dữ liệu được truyền trên sóng mang con thứ n . phương trình 2.1 tương đương với hoạt động IDFT trên chuỗi dữ liệu. Điều này cũng có thể sử dụng IFFT với hiệu quả thực hiện tương đương như IDFT. Vì vậy, trên thực tế IFFT được thực hiện trên chuỗi dữ liệu tại một đầu phát OFDM cho điều chế băng tần gốc và FFT được thực hiện tại đầu thu để giải điều chế băng tần gốc. Cuối

cùng, một ký hiệu OFDM băng tần gốc được điều chế bởi một sóng mang trở thành tín hiệu phát và được truyền đến đầu thu. Trong miền tần số, đáp ứng này là để chuyển đổi tất cả những sóng mang từ băng tần gốc đồng thời lên tần số sóng mang. Hình 2.1 cho thấy một bộ phát OFDM gồm 4 sóng mang con và quá trình tạo ra một ký hiệu OFDM.

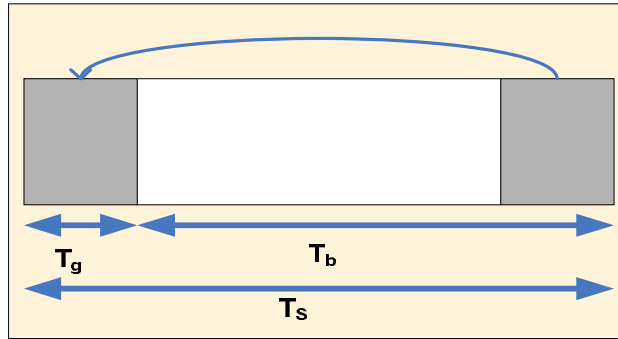


Hình 2.1 Bộ phát OFDM 4 sóng mang

2.1.2 Mô tả ký hiệu OFDM

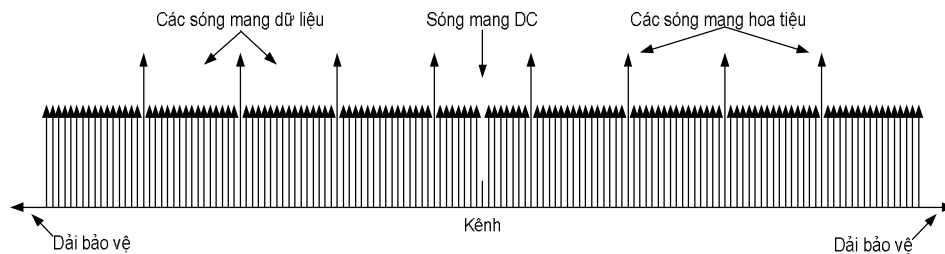
a) Miền thời gian

Sóng OFDM được tạo ra nhờ biến đổi Fourier ngược; khoảng thời gian này được xem như là khoảng thời gian có ích của ký hiệu T_b . Bản sao của chu kỳ ký hiệu có ích cuối cùng T_g , được gọi là tiền tố tuần hoàn CP, được sử dụng để hiệu quả hơn trong tập hợp đa đường, trong khi vẫn duy trì tính trực giao của các sóng mang con. Hình 2.2 Biểu diễn cấu trúc ký hiệu OFDM trong miền thời gian.



Hình 2.2 Cấu trúc miền thời gian của ký hiệu OFDM

b) Miền tần số



Hình 2.3 Miêu tả tần số OFDM

Lớp vật lý của WirelessMAN-OFDM là dựa vào điều chế OFDM. Dữ liệu được gửi trong khung của các ký hiệu OFDM. Một ký hiệu OFDM được tạo ra từ các sóng mang và cỡ FFT được xác định bởi số sóng mang. Có 3 loại sóng mang được sử dụng ở đây:

- Các sóng mang dữ liệu (DC): cho truyền dẫn dữ liệu
- Các sóng mang hoa tiêu: cho các mục đích ước tính khác nhau
- Các sóng mang không giá trị (Null): không truyền dẫn tất cả, được dùng cho các dải bảo vệ và các sóng mang DC

Mục đích của các dải bảo vệ là cho phép tín hiệu suy giảm và tạo dạng “tường gạch” (Brick Wall) FFT. Nó cũng góp phần xoá bỏ giao thoa giữa các kênh. Hình 2.3 biểu diễn tần số OFDM.

2.1.3. Các thông số và tín hiệu được phát của ký hiệu OFDM

a) Định nghĩa các thông số gốc

Bốn tham số cơ bản mô tả một ký hiệu OFDM là:

- BW: Độ rộng băng tần kênh
- N_{used} : Số các sóng mang con được sử dụng
- n : Hệ số lấy mẫu. Tham số này cùng với BW và N_{used} xác định khoảng cách các sóng mang con và thời gian có ích của ký hiệu.
- G : Tỉ số giữa thời gian CP với thời gian có ích

b) Định nghĩa các thông số chuyển giao

Các thông số được định nghĩa trong tập các tham số gốc:

- N_{FFT} : Số điểm của FFT/IFFT
- Tần số lấy mẫu: $F_s = \text{Floor}(n.BW/8000)*8000$
- Khoảng cách sóng mang con: $\Delta f = F_s / N_{\text{FFT}}$
- Thời gian ký hiệu có ích: $T_b = 1 / \Delta f$
- Độ dài CP: $T_g = G.T_b$
- Độ dài của ký hiệu OFDM: $T_s = T_b + T_g$
- Thời gian lấy mẫu: T_b / N_{FFT}

c) Tín hiệu phát

Phương trình (2.1) miêu tả điện áp tín hiệu được phát tới anten, như một hàm của thời gian trong bất kỳ ký hiệu OFDM nào.

$$s(t) = \text{Re} \left\{ e^{j2\pi f_c t} \sum_{\substack{k=-N_{\text{used}}/2 \\ k \neq 0}}^{N_{\text{used}}/2} c_k e^{j2\pi k \Delta f (t-T_g)} \right\} \quad (2.2)$$

Trong đó:

t là thời gian, trôi qua từ khi bắt đầu của ký hiệu OFDM, với $0 < t < T_s$.

c_k là một số phức; dữ liệu được phát trên sóng mang con có chỉ số khoảng tần số là k , trong khoảng mỗi ký hiệu OFDM. Nó miêu tả một điểm trong chòm sao QAM.

Δf là khoảng cách các sóng mang. $\Delta f = F_s/N_{\text{FFT}}$. F_s là tần số lấy mẫu, N_{FFT} là số điểm của FFT/IFFT.

d) Các thông số của tín hiệu phát

Các thông số của tín hiệu OFDM được phát được chỉ ra trong bảng 2.1:

Thông số	Giá trị
N_{FFT}	256
N_{used}	200
N	Với dải thông ở 1.75MHz n=8/7 Với dải thông ở 1.5MHz n=86/75 Với dải thông ở 1.25MHz n=144/125 Với dải thông ở 2.75MHz n=316/275 Với dải thông ở 2MHz n=57/50 Với dải thông khác n=8/7
G: Độ dài tiền tố tuần hoàn	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Số sóng mang bảo vệ tần số thấp	28
Số sóng mang bảo vệ tần số cao	27
Khoảng tần số dành riêng cho sóng mang bảo vệ	-128, -127,, -101 +101, +102,, +127
Khoảng tần số dành riêng cho cấp phát cố định cơ bản của các sóng mang bảo vệ	-84, -60, -36, -12, 12, 36, 60, 84
Khoảng tần số dành riêng cho các sóng mang hoa tiêu	-88, -63, -38, -13, 13, 38, 63, 88
Băng tần kênh	20 MHz

Bảng 2.1 Các thông số lớp PHY OFDM-256

2.2. Đa truy xuất phân chia theo tần số trực giao OFDMA

OFDM khai thác phân tập tần số của kênh đa đường bởi mã hoá và đan xen thông tin qua sóng mang con trước khi truyền dẫn. Điều chế OFDM có thể được thực hiện hiệu quả với biến đổi Fourier ngược nhanh (IFFT), mà cho phép một số lượng lớn sóng mang con (lên tới 2048) với độ phức tạp thấp. Trong một hệ thống OFDM, tài nguyên khả dụng trong miền thời gian là các ký hiệu OFDM và trong miền tần số là các sóng mang con. Các tài nguyên thời gian và tần số có thể được sắp xếp thành các kênh con để cấp phát cho từng người sử dụng. Đa truy nhập ghép kênh phân chia theo tần số trực giao (OFDMA) là một kế hoạch ghép kênh/đa truy nhập để cung cấp hoạt động ghép kênh của luồng dữ liệu từ nhiều người sử dụng trên các kênh con đường xuống và đa truy nhập đường lên bởi các kênh con đường lên. Nhiều người dùng cùng chia sẻ một băng tần nên được gọi là OFDMA. Mỗi người dùng có thể dùng một số sóng mang con đã định trước hoặc thay đổi tùy theo thông tin cần truyền (sự điều khiển này phụ thuộc vào lớp MAC).

Công nghệ OFDMA cho phép những sóng mang con được gán tới các người dùng khác nhau. Ví dụ các sóng mang con 1, 3 và 7 có thể được gán cho người dùng 1, và các sóng mang con 2, 5 và 9 cho người dùng 2. Những nhóm sóng mang con này có thể được xem như các kênh con. OFDMA cho phép kích thước FFT nhỏ hơn để cải thiện chất lượng đối với các kênh có giải thông thấp hơn.

2.2.1. Các giao thức OFDMA

a) Phân hóa kênh con

Trong wimax, các user được cấp các khối sóng mang con hơn là các sóng mang con riêng biệt để giảm sự phức tạp cho thuật toán cung cấp sóng mang con và làm đơn giản việc ánh xạ các bản tin. Giả sử rằng một user k được cấp một khối L_k các sóng mang con, các sóng mang con này có thể được phân bố trên toàn băng thông theo mô hình sắp xếp sóng mang con phân phối, hoặc cùng một dãy tần số theo mô hình sắp xếp sóng mang con kế cận. Ưu điểm của mô hình sắp xếp sóng mang con phân phối là tăng tính đa dạng và mạnh mẽ của băng thông; ưu điểm của mô hình sắp xếp sóng mang con kế tiếp là tăng tính đa dạng của nhiều user.

b) Sự ánh xạ các bản tin

Để cho mỗi MS biết là những sóng mang con nào được dành cho nó BS phát quảng bá thông tin này trong các bản tin DL MAP. Cũng như BS cho mỗi MS biết những sóng mang con nào cho nó truyền bản tin UL MAP. Ngoài việc cấp các sóng mang con truyền thông UL và DL cho MS thì MS cũng phải hiểu các burst profile được sử dụng cho UL và DL. Burst profile dựa trên việc đo SINR và BLER cho cả hai đường và nhận dạng mức độ thích ứng của sự mã hóa và điều chế.

c) Sự sắp xếp

Khi mỗi MS xác định khoảng cách đến BS. Nó quyết định sự đồng bộ các ký hiệu và cân bằng mức công suất thu giữa các MS. Quá trình này được gọi là sự sắp xếp. Khi khởi đầu, việc sắp xếp yêu cầu BS dự đoán độ mạnh của kênh và thời gian đến của MS. Sự đồng bộ đường xuống thì không cần thiết khi đường này luôn được đồng bộ trước. Nhưng trong đường lên, các user cần được đồng bộ tối thiểu trong một chu kỳ khoảng thời gian chèn. Nếu không thì nhiễu xuyên ký tự và nhiễu giữa các sóng mang sẽ xảy ra. Tương tự, thông qua điều khiển công suất đường xuống được yêu cầu để giảm sự can nhiễu qua cell khác. Điều khiển công suất đường lên để tăng thời gian sống của pin và giảm nhiễu giữa các cell.

Trong wimax gồm có 4 loại thủ tục sắp xếp: khởi tạo, khoảng chu kỳ, yêu cầu băng thông và chuyển giao. Sắp xếp được thực hiện trong 2 hoặc 4 ký tự liên tục mà không có sự kết hợp pha, điều này cho phép BS biết một MS đã mất đồng bộ, mất kết nối định thời rộng hơn so với tiền tố vòng. Nếu thủ tục sắp xếp thành

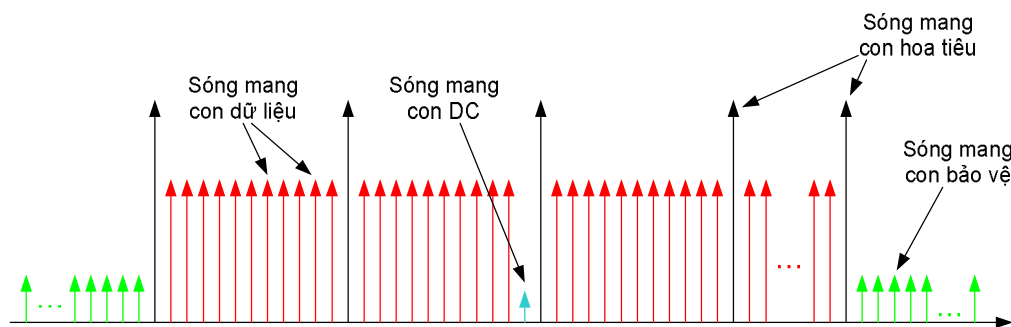
công BS gửi một bản tin đáp ứng sắp xếp để chỉ thị MS điều chỉnh thời gian offset thích ứng, làm đúng tần số offset và thiết lập công suất. Nếu sắp xếp không thành công, MS sẽ tăng mức công suất và gửi một bản tin sắp xếp mới để tiếp tục quá trình này đến khi thành công.

2.2.2. Cấu trúc ký hiệu OFDMA và phân kênh con

Cấu trúc ký hiệu OFDMA gồm có 3 loại sóng mang con như trong hình 2.4:

- Sóng mang con dữ liệu để truyền dẫn dữ liệu.
- Sóng mang con hoa tiêu cho mục đích ước tính và đồng bộ.
- Sóng mang con Null không dùng cho truyền dẫn, mà sử dụng cho các dải bảo vệ và các sóng mang DC.

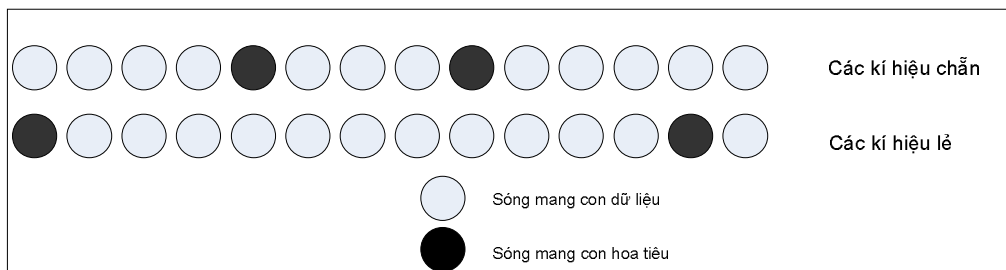
Các sóng mang con tích cực (dữ liệu và hoa tiêu) được nhóm thành các tập con gọi là các kênh con. Lớp vật lý OFDMA 802.16e hỗ trợ kênh con trong cả DL và UL. Đơn vị tài nguyên thời gian-tần số nhỏ nhất của phân kênh con là một khe bản 48 tone dữ liệu (sóng mang con). Có hai loại hoán vị sóng mang con phân cho kênh con; phân tập và liền kề. Hoán vị phân tập đưa các sóng mang con giả ngẫu nhiên vào dạng một kênh con. Nó cung cấp phân tập tần số và trung bình hoá nhiễu giữa các tế bào. Các hoán vị phân tập bao gồm DL FUSC (sóng mang con được sử dụng hoàn toàn), DL PUSC (sóng mang con được sử dụng một phần), UL PUSC và các hoán vị không bắt buộc.



Hình 2.4 Cấu trúc sóng mang con OFDMA

Với DL PUSC, mỗi cặp ký hiệu OFDM, các sóng mang con khả dụng hoặc thích hợp được nhóm thành các cụm bao gồm 14 sóng mang con liền kề trên một

chu kỳ ký hiệu, có cấp phát hoa tiêu và dữ liệu ở mỗi cụm trong các ký hiệu lẻ và chẵn được biểu diễn như trong hình 2.5.



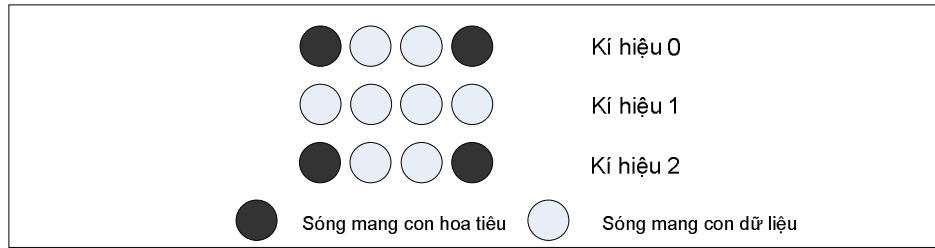
Hình 2.5 Kênh con phân tập tần số DL

Kế hoạch sắp xếp lại được sử dụng để nhóm các cụm sao cho mỗi nhóm được cấu thành từ các cụm được phân bố khắp không gian sóng mang con. Một kênh con trong một nhóm gồm hai cụm và được cấu thành từ 48 sóng mang con dữ liệu, 8 sóng mang con hoa tiêu. Các sóng mang con dữ liệu trong mỗi nhóm được hoán vị để tạo ra các kênh con trong nhóm. Vì vậy, chỉ các vị trí hoa tiêu trong cụm được biểu trong hình 2.9. Các sóng mang con dữ liệu trong cụm được phân bố cho nhiều kênh con.

Tương tự với cấu trúc cụm DL, một cấu trúc tile được định nghĩa cho UL PUSC có dạng như hình 2.6.

Không gian sóng mang con khả dụng được chia thành các tile và 6 tile được chọn qua toàn bộ phổ bởi kế hoạch hoán vị/sắp xếp lại, được nhóm lại để hình thành một khe. Khe gồm có 48 sóng mang con dữ liệu và 24 sóng mang con hoa tiêu trong 3 ký hiệu OFDM

Hoán vị liền kề nhóm một khối các sóng mang con liền kề để hình thành một kênh con. Hoán vị liền kề bao gồm DL AMC và UL AMC, và có cấu trúc tương tự. Một bin gồm 9 sóng mang con liền kề trong một ký hiệu, với 8 gán cho dữ liệu và 1 gán cho hoa tiêu. Một khe trong AMC được định nghĩa như một tập hợp các bin của kiểu ($N \times M = 6$), trong đó N là số bin liền kề và M là số ký hiệu liền kề. Vì vậy các tổ hợp được phép là [(6 bin, 1 ký hiệu), (3 bin, 2 ký hiệu), (2 bin, 3 ký hiệu), (1 bin, 6 ký hiệu)]. Hoán vị AMC cho phép phân tập đa người sử dụng bởi lựa chọn kênh con có đáp ứng tần số tốt nhất.



Hình 2.6 Cấu trúc tile cho UL PUSC

Nhìn chung, phân tập hoán vị sóng mang con thực hiện tốt trong các ứng dụng di động còn hoán vị sóng mang con liền kề phù hợp trong các môi trường cố định hoặc tính di động thấp. Các sự lựa chọn này cho phép nhà thiết kế hệ thống cân bằng tính di động cho thông lượng.

2.3. OFDMA theo tỉ lệ (scalable)

Mô hình OFDMA WirelessMAN (IEEE 802.16e-2005) dựa vào khái niệm OFDMA theo tỉ lệ (S-OFDMA). S-OFDMA hỗ trợ một dải rộng băng thông với địa chỉ linh động cần cho cấp phát phổ khác nhau và các yêu cầu mô hình thông thường.

Thông số	Giá trị			
	1,25	5	10	20
Băng thông kênh hệ thống (MHz)	1,25	5	10	20
Tần số lấy mẫu (F_p theo MHz)	1,4	5,6	11,2	22,4
Cỡ FFT (N_{FFT})	128	512	1024	2048
Số kênh con	2	8	16	32
Khoảng tần số sóng mang con	10,94 KHz			
Thời gian ký hiệu có ích ($T_b=1/f$)	91,4 ms			
Thời gian bảo vệ ($T_g=T_b/8$)	11,4 ms			
Khoảng ký hiệu OFDMA ($T_s=T_b+T_g$)	102,9 ms			
Số ký hiệu OFDMA (khung 5ms)	48			

Bảng 2.2 Các thông số S-OFDMA

Tính linh động được hỗ trợ bởi điều chỉnh cỡ FFT trong khi đó cố định không gian tần số sóng mang con tại 10,94 KHz. Ở đây, khối tài nguyên băng thông sóng mang con và khoảng ký hiệu là cố định, tác động tới các lớp cao là rất nhỏ khi phân tỉ lệ băng thông. Các thông số S-OFDMA được liệt kê trong bảng 2.2. Các băng thông hệ thống cho hai thiết kế ban đầu được phát triển bởi nhóm công nghệ diễn đàn WiMAX trong Release-1 là 5 và 10 MHz.

2.4. Cấu trúc khung TDD

PHY 802.16e hỗ trợ TDD, hoạt động FDD song công và bán song công. Tuy nhiên phát hành ban đầu của sơ lược 802.16e chỉ bao gồm TDD. Với các phát hành sau này, FDD được xem xét bởi diễn đàn WiMAX bàn về các cơ hội thị trường đặc biệt mà các yêu cầu điều chỉnh phổ nội hạt hoặc ngăn chặn TDD hoặc phù hợp cho việc triển khai FDD. Để chống lại nhiều, TDD yêu cầu đồng bộ toàn hệ thống; tuy nhiên, TDD là mô hình song công thích hợp hơn vì các lí do sau đây:

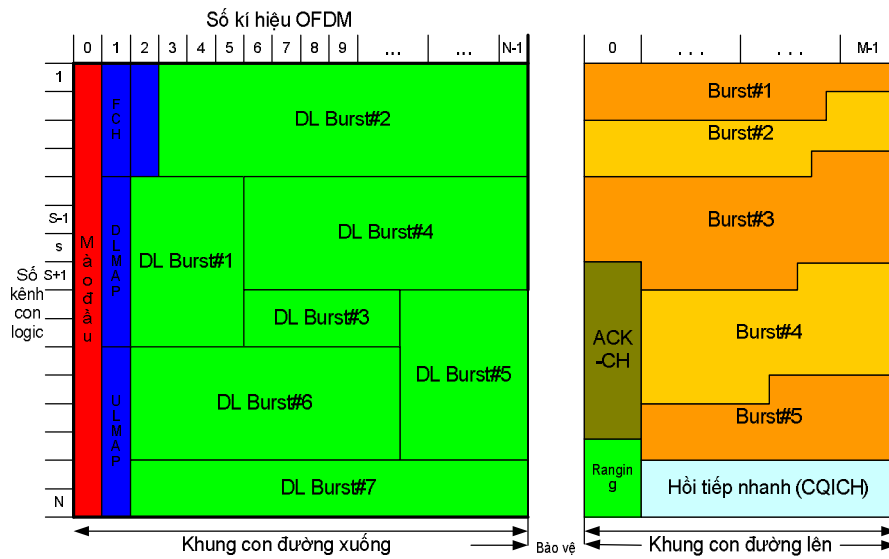
- TDD cho phép điều chỉnh tỉ lệ đường xuống /đường lên để hỗ trợ hiệu quả lưu lượng đường xuống /đường lên không đối xứng, trong khi đó với FDD, đường lên và đường xuống luôn cố định và nhìn chung thì băng thông UL và DL bằng nhau.
- TDD đảm bảo đặc quyền kênh để hỗ trợ tốt hơn thích ứng liên kết, MIMO và các công nghệ anten tiên tiến vòng kín khác.
- Không giống với FDD yêu cầu một cặp kênh, TDD chỉ yêu cầu một kênh cho cả đường lên và đường xuống, cung cấp tính mềm dẻo tốt hơn để thích ứng cho các cấp phát phổ toàn bộ khác nhau.
- Thiết kế máy thu phát vô tuyến cho TDD ít phức tạp hơn và do đó rẻ hơn.

Hình 2.7 minh họa cấu trúc khung OFDM cho sự thực hiện truyền dẫn song công phân chia theo thời gian (TDD). Mỗi khung được chia thành các khung con DL và UL được tách biệt bởi khoảng quá độ phát/thu và thu/phát (TTG và RTG) để ngăn chặn tranh chấp truyền dẫn UL và DL.

Trong một khung, các thông tin điều khiển sau đây được sử dụng để đảm bảo hoạt động của hệ thống là tốt nhất:

- *Đoạn chào đầu*: đoạn chào đầu được sử dụng cho đồng bộ, là ký hiệu OFDM đầu tiên của khung.
- *Tiêu đề điều khiển khung (FCH)*: FCH nằm sau đoạn chào đầu. Nó cung cấp thông tin cấu hình khung như độ dài bản tin MAP, sơ đồ mã hoá và các kênh con thích hợp.
- *DL-MAP và UL-MAP*: DL-MAP và UL-MAP cung cấp cấp phát kênh con và các thông tin điều khiển khác tương ứng cho khung con DL và UL.
- *Sắp xếp UL*: Kênh con sắp xếp UL được cấp phát cho trạm di động (MS) để thực hiện điều chỉnh thời gian, tần số và công suất vòng kín cũng như các yêu cầu băng thông.
- *UL CQICH*: Kênh UL CQICH được cấp phát cho MS để hỏi tiếp thông tin trạng thái kênh.

- *UL ACK*: UL ACK được cấp phát cho MS để hồi tiếp chấp nhận DL HARQ.



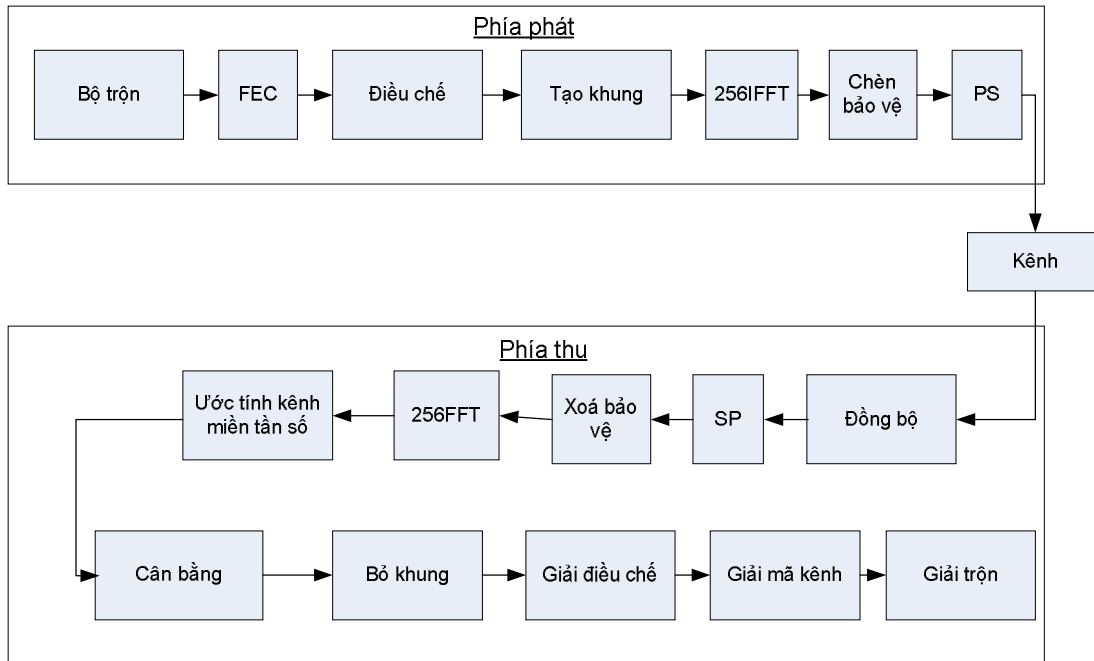
Hình 2.7 Cấu trúc khung 802.16e OFDMA

Chương 3

MÔ TẢ LỚP VẬT LÝ VÀ LỚP MAC

3.1. Mô hình lớp vật lý Wimax chuẩn 802.16a

Hình 3.1 đưa ra mô hình lớp vật lý OFDM băng tần cơ sở của Wimax 802.16a. Hệ thống được chia thành 3 phần chính là phía phát, phía thu và kênh.



Hình 3.1 Mô hình băng tần cơ sở lớp vật lý OFDM-PHY 802.16a

Phía phát lớp vật lý OFDM băng tần cơ sở 802.16a gồm có 3 phần chính sau đây: mã hoá kênh, điều chế, và phát OFDM. Với phía thu hoạt động theo hướng ngược lại.

Mã hoá kênh được giao cho lớp biến đổi tín hiệu, được thiết kế để cải thiện hiệu năng thông tin bằng việc cho phép tín hiệu phát chống lại tốt hơn các tác động của suy hao kênh khác nhau, như nhiễu, pha đỉnh, jamming. Lợi ích của mã hoá kênh là giảm tỉ lệ lỗi bit (BER), thực hiện giới hạn công suất và giới hạn độ rộng băng tần kênh bằng cách thêm một mã dư vòng vào dữ liệu được phát. Trong chuẩn IEEE 802.16a, mã hoá kênh bao gồm ngẫu nhiên hoá (bộ trộn), sửa lỗi trước (FEC), và đan xen. Khối FEC bao gồm mã hoá Reed-Solomon, mã xoắn và đục lỗ

(được sử dụng để điều chỉnh tốc độ dữ liệu khác nhau). Đây là các khối bắt buộc trong chuẩn. Mã hoá turbo và mã xoắn turbo (CTC) là tùy chọn cũng như đan xen CTC.

Điều chế là quá trình ánh xạ thông tin số vào dạng tương tự để phát qua kênh. Với một hệ thống OFDM, thay đổi của pha và biên độ có thể được thực hiện nhưng tần số thì không thay đổi bởi vì chúng có tính trực giao. Điều chế sử dụng trong 802.16a là Gray-mapped QPSK, 16-QAM, và 64-QAM.

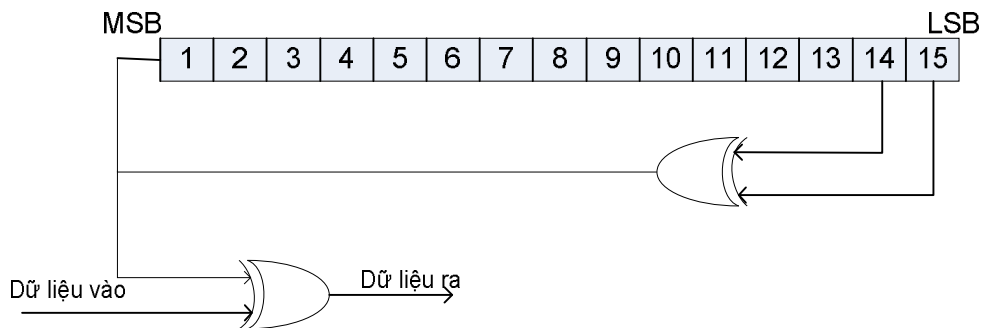
Phát OFDM bao gồm ba phần: tạo khung OFDM, tạo tín hiệu OFDM bằng cách thực hiện IFFT/FFT, và thêm tiền tố tuần hoàn (khoảng bảo vệ được sử dụng để loại bỏ giao thoa giữa các ký hiệu).

Tại phía thu, thực hiện ngược lại với phía phát. Ngoài ra còn bổ sung thêm khối cân bằng kênh. Trong mô hình này có 3 kiểu cân bằng miền tần số: cân bằng LS dựa vào hoa tiêu, cân bằng LMMSE dựa vào hoa tiêu và cân bằng LS dựa vào mào đầu dài.

3.1.1. Các phần tử của mô hình

a) Khối ngẫu nhiên hoá (bộ trộn)

Ngẫu nhiên hoá được thực hiện trên mỗi cụm dữ liệu ở đường lên và đường xuống. Ngẫu nhiên hoá thực hiện trên mỗi một vị trí của cụm dữ liệu, điều đó có nghĩa là với mỗi vị trí của khối dữ liệu (các kênh con trong miền tần số và các ký hiệu OFDM trong miền thời gian) sẽ sử dụng các bộ ngẫu nhiên hoá độc lập.



Hình 3.2 PRBS cho ngẫu nhiên hoá dữ liệu

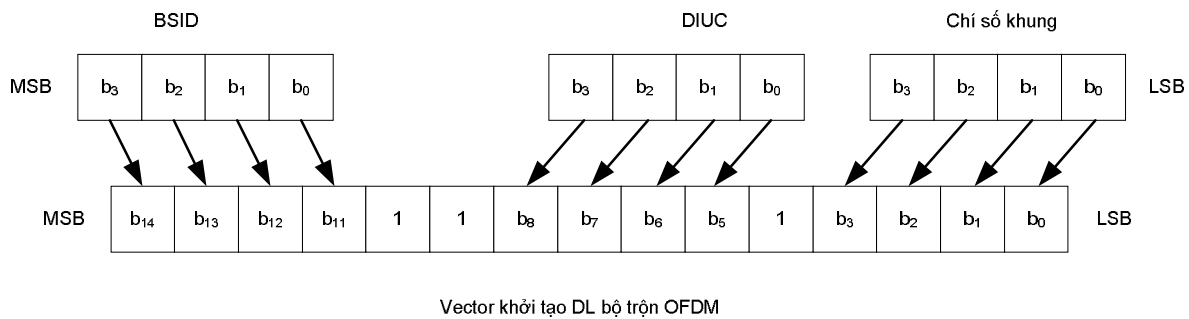
Sử dụng bộ trộn để ngăn ngừa việc kéo dài chuỗi các bit 1 và các bit 0, vì chuỗi các bit đó sẽ gây ra khó khăn cho việc khôi phục đồng hồ tại phía thu. Trong

chuẩn IEEE 802.16a, bộ trộn được thực hiện với 15 thanh ghi dịch và hai cổng XOR. Các thanh ghi dịch sẽ được khởi tạo cho mỗi vị trí mới

Bộ tạo PRBS là $1 + X^{14} + X^{15}$ như trong hình 3.2. Mỗi byte dữ liệu truyền đi sẽ được đưa tuần tự vào bộ trộn, đầu tiên là bit có trọng số lớn nhất. Các mào đầu sẽ không được trộn. Số lượng tạo ra sẽ được sử dụng để tính toán các bit ngẫu nhiên hoá mà sẽ được kết hợp vào toán tử XOR cùng với luồng bit tuần tự của mỗi cụm. Việc ngẫu nhiên hoá chỉ được áp dụng với các bit mang tin.

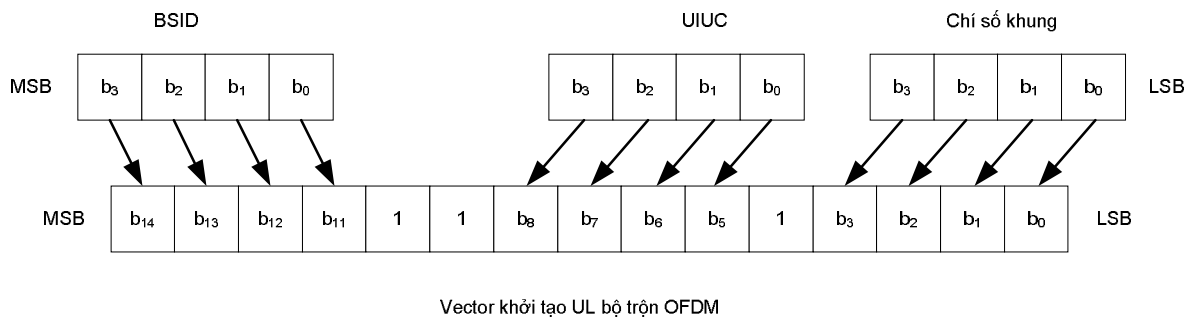
Các bit sau khi được trộn sẽ được đưa đến bộ mã hoá.

Với đường xuống, bộ trộn sẽ được khởi tạo lại ở đầu mỗi khung với dãy 100101010000000. Bộ trộn sẽ không Reset ở đầu cụm số 1. Ở đầu các cụm theo sau, bộ trộn sẽ được khởi tạo với một vector chỉ ra trong hình 3.3. Chỉ số khung được sử dụng cho việc khởi tạo là khung mà ở đó cụm đường xuống được phát.



Hình 3.3 Vector khởi tạo đường xuống cho cụm thứ 2 ... N

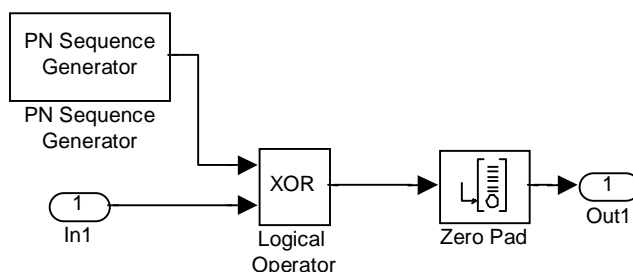
Với đường lên, bộ trộn được khởi tạo với vector như hình 3.4. Chỉ số khung được dùng khởi tạo là khung mà trong đó sắp xếp UL chỉ ra cụm đường lên được phát.



Hình 3.4 Vector khởi tạo đường xuống

Khởi ngẫu nhiên hóa được biểu diễn như hình 3.5, bao gồm:

- Sử dụng thanh ghi dịch như biểu diễn $(1+X^{14}+X^{15})$
- Khởi zero pad được yêu cầu bởi vì chúng ta thấy trong chuẩn: “Một byte cuối đơn 0x00 được thêm vào cuối mỗi cụm. Byte cuối này sẽ được thêm vào sau ngẫu nhiên hoá”.



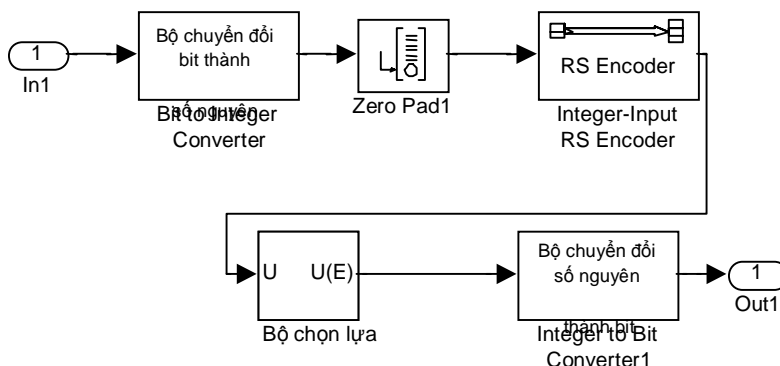
Hình 3.5 Khởi ngẫu nhiên hoá

Phía thu có cấu trúc tương tự được sử dụng để giải trộn.

b) Sửa lỗi chuyển tiếp (FEC)

❖ Bộ mã hoá Reed-Solomon

FEC sẽ thêm vào dữ liệu một mã dư vòng trước khi dữ liệu được truyền đi. Mã dư vòng (các ký hiệu kiểm tra) sẽ được phát cùng với dữ liệu gốc tới phía thu. Khởi đầu tiên trong FEC là bộ mã hoá Reed-Solomon. Mã Reed-Solomon là các mã khối và nó thực hiện khá tốt cho việc sửa các lỗi cụm.



Hình 3.6 Khối mã hoá Reed-Solomon

Các mã được qui chiếu theo khuôn dạng RS (N, K, T). Trong đó K là số các byte chưa được mã hoá và N là số byte được mã hoá, T là số byte có thể được sửa lỗi. Bộ mã hoá Reed-Solomon sẽ sinh ra một mã sao cho trước tiên K bit đầu ra từ bộ mã hoá là các bit thông tin và N-K bit tiếp theo từ bộ mã hoá là các bit kiểm tra được thêm vào để sửa lỗi. Trong chuẩn, Mã hoá Reed-Solomon được định nghĩa như RS (N=255, K=239, T=5) với các đa thức sau đây:

- Đa thức tạo mã:

$$g(x) = (x + \lambda^0)(x + \lambda^1)(x + \lambda^2) \dots (x + \lambda^{2^T-1}), \lambda = 02_{\text{HEX}} \quad (3.1)$$

➤ Đa thức tạo trường:

$$p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1 \quad (3.2)$$

Simulink được biểu diễn như hình 3.6, bao gồm:

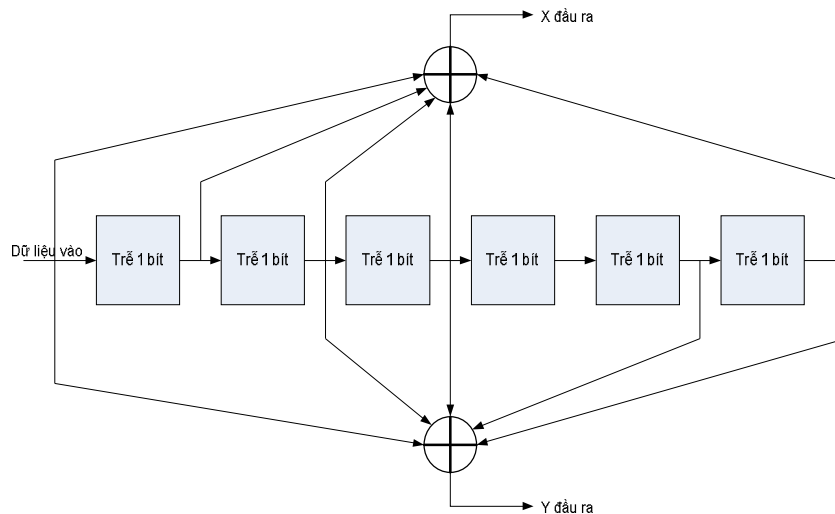
- Chuyển đổi thành byte (RS là một kế hoạch mã hoá theo byte).
- Zero pad khối dữ liệu từ 36 byte (mã ngắn) thành 239 byte (mã RS tự nhiên).
- Sau mã hoá, đọc lỗi 255 byte từ mã để tìm lại được các byte thông tin và 4 byte cờ đầu tiên.

❖ Mã xoắn / Giải mã Viterbi

Mỗi khối RS được mã hoá bởi mã hoá xoắn nhị phân. Mã xoắn sẽ có tỉ lệ là 1/2, độ dài bắt buộc là 7, và sẽ sử dụng các đa thức tạo mã:

$$G_1 = 171_{\text{OCT}} \quad \text{đối với } X$$

$$G_2 = 133_{\text{OCT}} \quad \text{đối với } Y$$



Hình 3.7 Mã hoá xoắn với tỉ lệ 1/2

Các mẫu đục lỗ và bậc phát hành sẽ được sử dụng để thực hiện các tỉ lệ mã khác nhau được định nghĩa trong bảng 3.1. Trong bảng, “1” nghĩa là bit được phát và “0” chỉ thị bit bị loại bỏ, trong khi đó X và Y có liên quan đến hình 3.7.

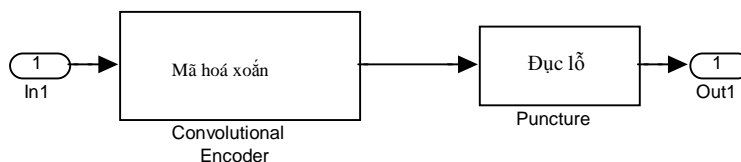
Tỉ lệ RS-CC 1/2 sẽ luôn được sử dụng như là một kiểu mã hoá khi cần thiết truy nhập vào mạng.

Tỉ lệ mã hoá				
Tỉ lệ	1/2	2/3	3/4	5/6
d_{free}	10	6	5	4
X	1	10	101	10101
Y	1	11	110	11010
XY	X_1Y_1	$X_1Y_1Y_2$	$X_1Y_1Y_2X_3$	$X_1Y_1Y_2X_3Y_4X_5$

Bảng 3.1 Mã xoắn với cấu hình đục lỗ

Mã hoá được thực hiện bằng cách trước hết chuyển các khối dữ liệu sang bộ mã hoá RS, rồi sau đó chuyển tới bộ mã hoá xoắn. Một byte đuôi 0x00 đơn được nối vào cuối mỗi cụm. Byte cuối này sẽ được thêm vào sau quá trình ngẫu nhiên hoá. Trong bộ mã hoá RS, các bit dư thừa sẽ được truyền đi trước các bit đầu vào, duy trì byte đuôi 0x00 ở cuối khối. Khi tổng số các bit dữ liệu trong một cụm không là một số nguyên các byte, các bit đệm zero sẽ được thêm vào sau các bit đuôi zero. Các bit đệm zero không được trộn. Lưu ý rằng, tình huống này chỉ xảy ra khi phân hoá kênh. Trong trường hợp này, mã hoá RS không được sử dụng.

Khối mã xoắn được biểu diễn như hình vẽ, bao gồm:



Hình 3.8 Khối mã xoắn

➤ Định nghĩa bộ tạo cho mã hoá xoắn có độ dài bắt buộc là 7, khoá (tap) của 171 và 133.

➤ Đầu ra khối đục lỗ lựa chọn $X_1Y_1Y_2X_3Y_4X_5$.

Ở phía thu, bộ giải mã Viterbi sẽ được sử dụng để giải mã xoắn.

a) Đan xen/Giải đan xen

Sau khi mã hoá RS-CC, tất cả các bit dữ liệu được mã hoá sẽ được đan xen bởi một khối đan xen với một cỡ khối tương ứng số bit được mã hoá trong mỗi kênh con đã cấp phát mỗi ký hiệu OFDM, N_{cbps} . Vì biểu đồ điều chế khác nhau QPSK, 16QAM, 64QAM, nên N_{cbps} tương ứng là sẽ 384, 768, 1152. Đan xen được định nghĩa bởi hoán vị hai bước.

Giả sử N_{cpc} là số bit được mã hoá trên sóng mang, ví dụ 2, 4, hoặc 6 tương ứng với QPSK, 16QAM, 64QAM. Giả sử $s=N_{cpc}/2$. Đặt k là chỉ số của bit được mã hoá trước khi hoán vị đầu tiên ở lúc phát; m là chỉ số sau hoán vị đầu tiên và trước khi hoán vị thứ hai; và j là chỉ số sau hoán vị thứ hai, trước khi điều chế.

Hoán vị bước thứ nhất:

$$m = (N_{cbps} / 16)k_{\text{mod}(16)} + \text{floor}(k/16) \quad k=0, 1, 2, \dots, N_{cbps} - 1 \quad (3.3)$$

Hoán vị bước thứ hai:

$$j = s \cdot \text{floor}(m/s) + (m + N_{cbps} - \text{floor}(16 \cdot m / N_{cbps}))_{\text{mod}(s)} \quad (3.4)$$

$$m = 0, 1, \dots, N_{cbps} - 1$$

Bước đầu tiên đảm bảo rằng các bit lân cận nhau được mã hoá được sắp xếp vào các sóng mang không lân cận. Điều này đảm bảo rằng nếu pha đỉnh sâu ảnh hưởng đến một bit, các bit lân cận của nó sẽ không bị tác động bởi pha đỉnh, và vì vậy có khả năng sửa chữa những ảnh hưởng của pha đỉnh. Hoán vị thứ hai đảm bảo rằng các bit được mã hoá lân cận sẽ được ghép xen kẽ vào các bit có trọng số nhỏ hơn của chòm sao. Điều này giúp thực hiện tách chính xác và tránh được sự kéo dài của các bit có độ tin cậy thấp. Giải đan xen được thực hiện ngược lại ở phía thu.

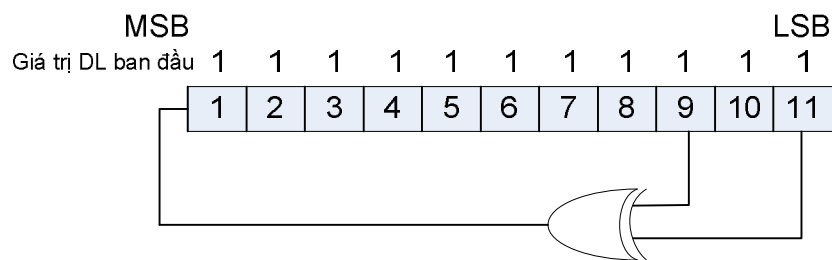
b) Điều chế/giải điều chế

ID	Điều chế	Cỡ khối chưa mã hoá (byte)	Cỡ khối mã hoá (byte)	Tỉ lệ mã hoá toàn bộ	Mã RS	Tỉ lệ mã CC
0	QPSK	24	48	1/2	(32, 24, 4)	2/3
1	QPSK	36	48	3/4	(40, 36, 2)	5/6
2	16-QAM	48	96	1/2	(64, 48, 8)	2/3
3	16-QAM	72	96	3/4	(80, 72, 4)	5/6
4	64-QAM	96	144	2/3	(108, 96, 6)	3/4
5	64-QAM	108	144	3/4	(120, 108, 6)	5/6

Bảng 3.2 Mã hoá kênh bắt buộc bởi điều chế

Sau khi bit được đan xen, các bit dữ liệu được đưa vào theo thứ tự tới bộ sắp xếp chòm sao. Gray-mapped QPSK, 16-QAM, và 64-QAM được hỗ trợ. Chòm sao sẽ được nhân với một hằng số c để đạt được công suất trung bình cân bằng. c bằng $1/\sqrt{2}$ đối với QPSK, $1/\sqrt{10}$ đối với 16-QAM, $1/\sqrt{42}$ đối với 64-QAM. Bảng 3.2 biểu diễn mối quan hệ của điều chế và các tốc độ mã hoá.

c) Tạo khung

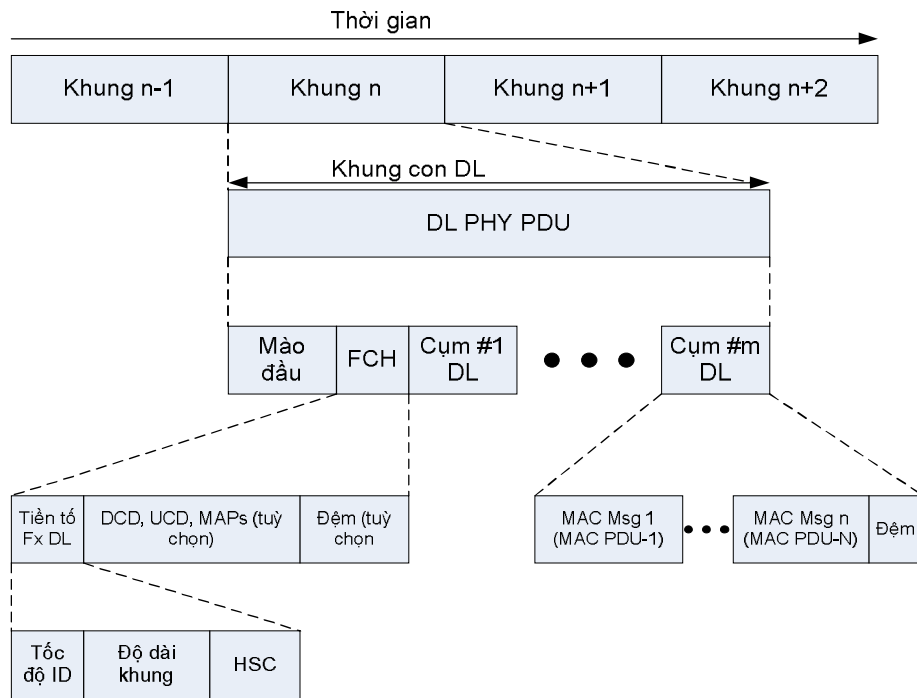


Hình 3.9 PRBS cho điều chế hoa tiêu

Đơn vị cơ bản trong truyền dẫn dữ liệu của một hệ thống OFDM là tín hiệu OFDM. Trong chuẩn IEEE 802.16a, mỗi ký hiệu OFDM gồm có 192 dữ liệu tải trọng phức, 8 hoa tiêu và một DC. Các sóng mang con hoa tiêu sẽ được chèn vào mỗi cụm dữ liệu theo thứ tự để tạo thành ký hiệu và các sóng mang hoa tiêu sẽ được điều chế dựa vào vị trí sóng mang của chúng bên trong ký hiệu OFDM. Các hoa tiêu được sinh ra bởi bộ tạo PRBS, như biểu diễn trong hình 3.9

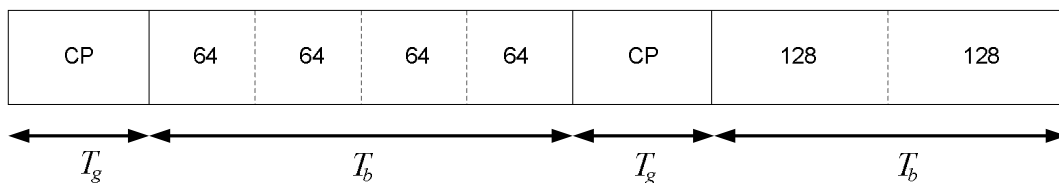
Đa thức của bộ tạo PRBS là $g(x)=x^{11}+x^9+1$.

Các ký hiệu OFDM nên được đóng gói thành các khung trước khi gửi đi. Trong kế hoạch này, cấu trúc khung đường lên FDD được biểu diễn như trong hình 3.10.



Hình 3.10 Cấu trúc khung PHY OFDM FDD

Mào đầu trong khung đường lên được gọi là mào đầu dài, nó gồm có một CP và 4 khoảng 64 mẫu, tiếp theo là một CP và 2 khoảng 128 mẫu, như biểu diễn trong hình 3.11. Mào đầu dài được sử dụng cho đồng bộ và ước tính kênh.



Hình 3.11 Mào đầu dài đường lên

Phần đi sau mào đầu dài là một cụm FCH, nó là một ký hiệu OFDM dài. FCH chứa thông tin điều khiển cho toàn bộ khung vật lý này, ví dụ tỉ lệ ID để xác định tỉ lệ điều chế cũng như độ dài khung được sử dụng cho khung hiện tại. Nó

cũng chứa bản tin điều khiển MAC ngắn. Cụm FCH cũng được điều chế với 1/2 QPSK. Trong mô hình này không có điều chế fly-on-air (chúng ta chỉ mô hình lớp vật lý không tương tác với MAC), vì vậy cụm FCH không bao gồm trong mô hình này. Chúng ta sử dụng một cụm tải trọng để thay thế nó. Các cụm theo sau FCH là các cụm dữ liệu tải trọng.

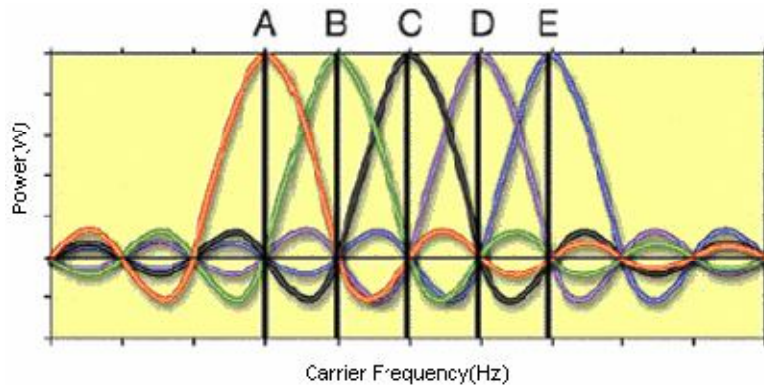
d) *Phát IFFT/ Thu FFT*

Hai tín hiệu hai tuần hoàn được coi như trực giao khi tích phần nguyên của chúng trên một chu kỳ bằng 0. Các sóng mang của một hệ thống OFDM là

đường hình sin của nhiều tần số căn bản khác nhau. Mỗi sóng mang con có một số nguyên các tiền tố trong một chu kỳ. Hình 3.12 đưa ra một ví dụ của các sóng mang con trực giao trong hệ thống OFDM.

FFT thực hiện biến đổi tín hiệu trong miền thời gian thành một tín hiệu trong miền tần số như một hàm của chu kỳ lấy mẫu và số mẫu được sử dụng. Tần số căn bản của FFT được định nghĩa bằng $1/T_{s_tot}$ (T_{s_tot} là tổng thời gian mẫu của FFT). IFFT thực hiện ngược lại với FFT bằng cách chuyển đổi tín hiệu trong miền tần số thành tín hiệu thời gian. Khoảng thời gian của tín hiệu thời gian IFFT bằng số bin FFT đã được ghép bởi chu kỳ lấy mẫu. Sau đó mỗi luồng con được sắp xếp vào một sóng mang con tại một tần số duy nhất và kết hợp cùng với IFFT để sinh ra dạng sóng miền thời gian để phát. Các giá trị tín hiệu tại đầu ra của IFFT là tổng của các mẫu hình sin. Khi một ký hiệu OFDM có thể được định nghĩa bởi một IFFT, mô hình toán học của một ký hiệu OFDM phát được cho bởi:

$$x_n = \left(\frac{1}{N} \right) \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{\frac{2\pi jnk}{N}} \quad ,N=0, 1,2,\dots,N-1 \quad (3.5)$$



Hình 3.12 Các sóng mang con OFDM trực giao

Các zero được độn bằng nhau tại điểm bắt đầu và kết thúc của một ký hiệu OFDM để thực hiện IFFT 256 điểm tại phía phát. Các sóng mang zero này cũng được sử dụng như khoảng bảo vệ để tránh giao thoa giữa các kênh. Tại phía thu, sau khi thực hiện FFT các bit độn zero sẽ được xóa khỏi vị trí tương ứng.

Trong thông tin vô tuyến, tín hiệu thông thường có thể bị méo bởi tín hiệu phản xạ vì trễ đa đường. Đây gọi là giao thoa giữa các ký hiệu (ISI). Để đối phó

với vấn đề này, một tiền tố tuần hoàn được chèn vào trước mỗi ký hiệu được phát. Nếu trễ đa đường nhỏ hơn khoảng CP, ISI được loại trừ hoàn toàn bởi thiết kế. Vì vậy, sau khi thực hiện IFFT, tiền tố tuần hoàn cần được thêm vào mỗi ký hiệu OFDM. Điều này được thực hiện bằng cách chép lại dữ liệu phần sau cùng trong một ký hiệu OFDM để làm phần bắt đầu. Trong chuẩn IEEE 802.16a, độ dài CP phù hợp là 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 có thể được áp dụng cho ký hiệu phát. Tại phía thu thực hiện ngược lại.

3.2. Các đặc trưng lớp MAC của IEEE 802.16a

3.2.1. Lớp con hội tụ dịch vụ đặc trưng (CS)

CS thực hiện các chức năng sau:

- Tiếp nhận các đơn vị dữ liệu giao thức (PDU) của lớp cao hơn
- Thực hiện phân loại các PDU
- Xử lý (nếu cần thiết) các PDU dựa vào việc phân loại
- Chuyển giao các PDU CS thành MAC SAP
- Nhận các CS PDU từ thực thể ngang hàng

Hiện tại CS cung cấp 2 đặc tính khả dụng: CS ATM (kiểu truyền dẫn không đồng bộ), để thích ứng lưu lượng ATM và CS gói, để thích ứng lưu lượng IP và Internet.

3.2.2. Lớp con phần chung (MAC CP)

MAC CP chịu trách nhiệm về một vài chức năng quan trọng chung cho tất cả các công nghệ khách CS. Phần này miêu tả các chức năng sau:

a) Xử lý các kết nối

Lớp MAC là hướng kết nối. Điều này có nghĩa là trước khi gửi thông tin người sử dụng, nó cần thiết lập một kết nối giữa SS và BS hoặc một SS và một SS khác, phụ thuộc vào cấu hình sử dụng. Hỗ trợ multicast. Mỗi kết nối có một định danh kết nối (CID) 16 bit.

Có 2 loại kết nối: các kết nối quản lý và kết nối vận chuyển dữ liệu.

- Kết nối quản lý có 3 loại: cơ bản, sơ cấp và thứ cấp. Kết nối cơ bản là kết nối được tạo ra cho mỗi SS khi nó đăng nhập vào mạng. Kết nối này được dùng cho các bản tin quản lý khẩn và ngắn. Kết nối sơ cấp cũng được tạo ra cho mỗi SS vào lúc nó gia nhập mạng, nhưng nó được sử dụng cho các bản tin quản lý dung sai trễ. Kết nối thứ cấp được sử dụng cho các bản tin quản lý việc đóng gói IP (như là DHCP, SNMP, TFP).
- Kết nối vận chuyển có thể là dự phòng hoặc có thể được thiết lập tùy theo yêu cầu. Kết nối này được dùng cho luồng lưu lượng người sử dụng

b) MAC PDU

Các MAC PDU được chia làm ba phần: một tiêu đề chung (6 byte); một tải trọng độ dài thay đổi và một mã kiểm tra dư vòng (4 byte). Độ dài PDU lớn nhất là 2 Kbyte. Tải trọng có thể được sử dụng để truyền thông tin điều khiển qua các tiêu đề con. Tải trọng có thể rỗng hoặc đầy các tiêu đề con, các MAC PDU hoặc các đoạn. Để đàm phán băng thông, nó được phát triển một MAC PDU dành riêng. PDU này có một tiêu đề đặc biệt, chứa các thông số băng thông. Có năm loại tiêu đề con: phân đoạn, gói, quản lý trợ cấp, lưới và cấp phát hồi tiếp nhanh. Tiêu đề con phân đoạn được sử dụng để điều khiển phân đoạn MAC SDU thành hai hoặc nhiều MAC PDU, trong khi đó tiêu đề con gói được sử dụng để tập hợp một hoặc nhiều MAC SDU thành một MAC PDU. Tiêu đề con quản lý trợ cấp cho phép yêu cầu băng thông mà không cần gửi một PDU dành riêng. Yêu cầu được xác nhận cùng với một MAC PDU chung. Khi cấu hình lưới được sử dụng, tiêu đề con lưới chứa một ID node, được sử dụng chỉ địa chỉ của node lân cận với nó. IEEE 802.16TM-2004 chỉ ra 41 bản tin quản lý được phát vào các tải trọng MAC PDU qua các kết nối quản lý. Các MAC PDU được sắp xếp trong các khung lớp vật lý.

c) Phân kênh

Không chỉ TDD (song công phân chia theo thời gian) mà cả FDD (song công phân chia theo tần số) cũng được hỗ trợ. Trong FDD cả hai phía phát đồng thời với các tần số khác nhau, còn trong TDD chỉ một tần số được sử dụng và nó được chia sẻ dựa vào thời gian. Khung TDD có hai phần: khung con đường xuống và khung con đường lên. Mỗi khung con được phân chia thành các khe vật lý (PL) đối với các giao diện vô tuyến đơn sóng mang và thành các cụm đối với các giao diện vô tuyến OFDM. Các MAC PDU được chèn trong các PL hoặc các cụm theo

các giao diện vô tuyến được triển khai. Với FDD, mô hình song công và bán song công được cho phép.

d) Sắp xếp

Sắp xếp được triển khai để cấp phát băng thông cho các kết nối. Đối với giao diện không gian đơn sóng mang, BS gửi trong khung con đường xuống một sắp xếp đường lên (UL-MAP) và một sắp xếp đường xuống (DL-MAP). UL-MAP chứa các PL mà một SS có thể sử dụng để phát trên đường lên. DL-MAP chứa các khe thời gian mà một SS phải nghe trong đường xuống. Khung con đường xuống bắt đầu với các sắp xếp này, được gửi qua giao diện không gian tới tất cả các SS. Vì vậy, UL-MAP và DL-MAP xác định băng thông được cấp phát cho các kết nối (qua số các PL khả dụng), các PL mỗi trạm phải phát và nhận và hồ sơ cụm được sử dụng. Với giao diện vô tuyến OFDM, sắp xếp được thực hiện sử dụng các ký hiệu thay vì các PL. Với giao diện không gian OFDMA, các ký hiệu OFDM và các kênh con được sử dụng. IEEE 802.16TM-2004 mô tả quá trình sắp xếp cho mỗi giao diện vô tuyến, chúng khá khác nhau.

e) Lập lịch, yêu cầu và cấp phát băng thông

Lập lịch được triển khai để xác định quyền ưu tiên truyền dẫn các MAC SDU qua các kết nối MAC đang tồn tại. Với mỗi kết nối nó được kết hợp với một loại lập lịch được xác định trước. Mỗi loại có một tập các thông số xác định các yêu cầu chất lượng dịch vụ (QoS). Có bốn loại được định nghĩa: dịch vụ cấp phát tự nguyện (UGS), dịch vụ thăm dò thời gian thực (rtPS), dịch vụ thăm dò phi thời gian thực (nrtPS) và nỗ lực tốt nhất (BE: best effort). UGS được định nghĩa cho lưu lượng tốc độ bit không đổi thời gian thực. rtPS được định nghĩa cho lưu lượng tốc độ bit thay đổi thời gian thực như lưu lượng video. nrtPS liên quan tới lưu lượng tốc độ bit thay đổi phi thời gian thực dung sai trễ. Đối với lưu lượng dữ liệu tốc độ bit thay đổi, nó được định nghĩa bởi lớp nỗ lực tốt nhất (BE). Đối với các kết nối UGS, BS cấp phát một cách định kỳ một lượng băng thông cố định, mà được đàm phán khi thiết lập kết nối. Các loại khác phải yêu cầu định kỳ băng thông, được cấp phát tự động trong suốt thời gian truyền dẫn.

Băng thông có thể được yêu cầu bởi các yêu cầu riêng lẻ (BW yêu cầu MAC PDU) hoặc một yêu cầu xác nhận (tiêu đề con MAC PDU). Các yêu cầu có thể tăng lên hoặc kết hợp lại. Các yêu cầu kết hợp thay thế các kết nối trước được yêu

cầu băng thông, trong khi đó các yêu cầu tăng cải thiện băng thông hiện tại bởi số lượng yêu cầu. Các SS phải yêu cầu băng thông theo chu kỳ đối với các kết nối BE, rtPS, nrtPS, vì vậy giảm sử dụng băng thông. Chu kỳ cập nhật phụ thuộc loại lập lịch và chất lượng liên kết. Thêm vào các yêu cầu riêng lẻ, BS có thể cấp phát một khoảng thời gian yêu cầu, trong đó một hoặc nhiều SS có thể gửi các bản tin yêu cầu băng thông. Quá trình này được gọi là thăm dò. Thăm dò có thể được thực hiện theo hai cách: thăm dò đơn hướng và thăm dò dựa vào tranh chấp. Trong thăm dò đơn hướng, BS cấp phát băng thông lắng nghe các yêu cầu của chỉ một SS, còn trong thăm dò dựa vào tranh chấp, BS cấp phát băng thông lắng nghe yêu cầu của một nhóm đa hướng các SS hoặc tất cả các SS.

Băng thông có thể được trợ cấp trên kết nối (GPC) hoặc trên SS (GPSS). Trong cả hai trường hợp, các yêu cầu băng thông được thông tin trên kết nối, để mà cải thiện cấp phát băng thông BS. Tuy nhiên, trong GPC băng thông được cấp phát cho các kết nối đặc biệt, còn trong GPSS nó được cấp phát cho SS.

f) Giải quyết tranh chấp

Mặc dù BS điều khiển cấp phát băng thông trong đường lên, nhưng có thể xuất hiện xung đột trong khoảng thiết lập và khoảng thời gian yêu cầu băng thông. Thuật toán backoff mũ nhị phân rút gọn được triển khai để giải quyết các tình huống xung đột.

g) ARQ

ARQ là quá trình phát lại các MAC PDU đã bị mất hoặc sai lạc. Theo IEEE 802.16TM-2004, kỹ thuật ARQ dựa vào số chuỗi phân đoạn của các tiêu đề con phân đoạn hoặc gói.

Hỗ trợ ARQ là tùy chọn và có thể được lựa chọn cho mỗi kết nối. Lựa chọn được thực hiện trong khoảng thiết lập kết nối. ARQ không có thể được sử dụng cùng với giao diện không gian sóng mang đơn. Khi ARQ được cho phép, các MAC PDU có thể được phân đoạn trong các khối ARQ. Xác nhận ARQ được gửi hoặc trong bản tin MAC riêng lẻ qua một kết nối quản lý cơ bản hoặc được mang trên một MAC PDU qua một kết nối dữ liệu tồn tại.

h) Mô tả thích ứng cụm

Để thích ứng các thay đổi trong điều kiện liên kết vô tuyến, IEEE 802.16TM-2004 đã triển khai một kỹ thuật tiên bộ để mã hoá, điều chế, sắp xếp và công suất truyền dẫn động. Mô tả thích ứng cụm được sử dụng để thay đổi các đặc tính truyền dẫn dựa vào trạng thái liên kết. Mục tiêu là cân bằng giữa sức mạnh và hiệu quả. Kỹ thuật là khác nhau giữa đường xuống và đường lên. Bản tin được sử dụng để thông tin trao đổi giữa các thiết bị. BS không chỉ điều khiển SS mô tả cụm đường lên sử dụng UL-MAP mà còn tính toán mô tả cụm đường xuống theo chất lượng của tín hiệu thu được từ mỗi SS. Tuy nhiên các SS có thể yêu cầu thay đổi trong mô tả cụm đường xuống nếu điều kiện môi trường quá xấu.

3.2.3. Lớp con an ninh

An ninh cũng là một vấn đề phức tạp. Bởi vì nó như một vấn đề chính để giữ dữ liệu dưới dạng bí mật, IEEE 802.16 cố gắng tốt nhất để phân phát kết nối an toàn và làm cho người sử dụng hài lòng với các dịch vụ được cung cấp. An ninh được thực hiện bằng cách mã hoá các kết nối giữa SS và BS. Nó đưa ra biện pháp bảo vệ chống lại kẻ xâm phạm bằng cách sử dụng một giao thức quản lý khoá chủ/khách được nhận thực và chứng nhận số. Trong lớp con này, có hai giao thức: giao thức đóng gói cho dữ liệu gói, đặc biệt cho các tải trọng MAC PDU và một giao thức quản lý khoá (PKM), các SS sử dụng để thu được nhận thực và khoá từ BS. PKM có một chứng nhận số X.509 và một vài thuật toán mã hoá khác nhau. Giao thức này được tạo qua khái niệm kết hợp an ninh (SA), là một tập mật mã và khoá dữ liệu.

3.3. Các ưu điểm khác của lớp PHY chuẩn 802.16e

Ngoài một số các tầng cơ bản như trong chuẩn 802.16a, lớp vật lý của chuẩn 802.16e còn có một số các ưu điểm hỗ trợ như: Mã hoá và điều chế thích ứng (AMC), yêu cầu lặp tự động lai ghép (HARQ) và hồi tiếp kênh nhanh (CQICH) được giới thiệu trong 802.16e để tăng vùng phủ sóng và dung lượng cho chuẩn 802.16 trong các ứng dụng di động.

		DL	UL
Điều chế		QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM
Tỷ lệ mã hoá	CC	1/2, 2/3, 3/4, 5/6	1/2, 2/3, 5/6
	CTC	1/2, 2/3, 3/4, 5/6	1/2, 2/3, 5/6
	Lặp lại	x2, x4, x6	x2, x4, x6

Bảng 3.3 Các điều chế và mã được hỗ trợ

Hỗ trợ QPSK, 16QAM và 64QAM có tính bắt buộc trong DL của 802.16e. Trong UL, 64QAM là không bắt buộc. Cả mã xoắn (CC), mã turbo xoắn (CTC) có tỷ lệ mã thay đổi và mã hoá lặp được hỗ trợ. Mã turbo khối và mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (LDPC) được hỗ trợ nhưng không bắt buộc. Bảng 3.3 tổng kết các sơ

đồ điều chế và mã hoá được hỗ trợ trong 802.16e, với các mã và điều chế UL không bắt buộc được biểu diễn bằng chữ nghiêng.

Sự kết hợp các tỷ lệ mã hoá và các điều chế khác nhau cung cấp một giải pháp tốt cho tốc độ dữ liệu như biểu diễn trong bảng 3.4, bảng 3.4 biểu diễn tốc độ dữ liệu cho các kênh 5 và 10 MHz với các kênh con PUSC. Độ dài khung là 5 ms. Mỗi khung có 48 ký hiệu OFDMA, trong đó 44 ký hiệu khả dụng cho truyền dẫn dữ liệu. Các giá trị in đậm biểu thị các tốc độ dữ liệu cho 64QAM (không bắt buộc) trong UL.

Thông số		Đường lên	Đường xuống	Đường lên	Đường xuống
Băng thông hệ thống		5 MHz		10 MHz	
Cỡ FFT		512		1024	
Sóng mang con Null		92	104	184	184
Sóng mang con hoa tiêu		60	136	120	280
Sóng mang con dữ liệu		360	272	720	560
Kênh con		15	17	30	35
Chu kì ký hiệu, T_s		102.9 ms			
Độ dài khung		5 ms			
Số ký hiệu OFDM/khung		48			
Số ký hiệu OFDM dữ liệu		44			
Điều chế	Tỷ lệ mã hoá	Kênh 5 MHz		Kênh 10 MHz	
		Tốc độ đường lên, Mbps	Tốc độ đường xuống, Mbps	Tốc độ đường lên, Mbps	Tốc độ đường xuống, Mbps
QPSK	1/2 CTC, 6x	0,53	0,38	1,06	0,78
	1/2 CTC, 4x	0,79	0,57	1,58	1,18
	1/2 CTC, 2x	1,58	1,14	3,17	2,35
	1/2 CTC,	3,17	2,28	6,34	4,70

	1x				
	3/4 CTC	4,75	3,43	9,50	7,06
16QAM	1/2 CTC	6,34	4,57	12,67	9,41
	1/2 CTC	9,50	6,85	19,01	14,11
64QAM	1/2 CTC	9,50	6,85	19,01	14,11
	2/3CTC	12,67	9,14	25,34	18,82
	3/4 CTC	14,26	10,28	28,51	21,17
	5/6 CTC	15,84	11,42	31,68	23,52

Bảng 3.4 Các tốc độ dữ liệu lớp vật lý 802.16e với kênh con PUSC

Bộ lập lịch trạm gốc xác định tốc độ dữ liệu thích hợp (hoặc hồ sơ cụm) cho mỗi cụm được cấp phát dựa vào kích thước bộ đệm, điều kiện truyền dẫn kênh tại phía thu... Một kênh CQI (chỉ thị chất lượng kênh) được dùng để cung cấp thông tin trạng thái kênh (CSI) từ các đầu cuối người sử dụng đến bộ lập lịch trạm gốc. CSI có thể được hỏi tiếp bởi CQICH gồm có: CINR tự nhiên, CINR cần thiết, lựa chọn chế độ MIMO và chọn kênh con lựa chọn tần số. Với thực hiện TDD, thích ứng liên kết cũng có thể có ưu điểm của đặc quyền kênh để cung cấp phép đo điều kiện kênh chính xác hơn (như thăm dò).

Yêu cầu lập tự động lai ghép (HARQ) được hỗ trợ trong chuẩn 802.16e. HARQ cho phép sử dụng N kênh giao thức “dừng và đợi” mà cung cấp đáp ứng nhanh với các lỗi gói và cải thiện vùng phủ đỉnh cell. Một kênh ACK riêng cũng được cung cấp trong đường lên cho báo hiệu HARQ ACK/NACK.

Hoạt động HARQ đa kênh cũng được hỗ trợ. ARQ dừng-và-đợi đa kênh với một số nhỏ kênh là một giao thức đơn giản, hiệu quả để giảm yêu cầu bộ nhớ cho HARQ và quá trình dừng. Chuẩn 802.16e cung cấp báo hiệu để cho phép hoạt động không đồng bộ hoàn toàn. Hoạt động không đồng bộ cho phép trễ thay đổi giữa những lần truyền lại, đưa ra độ mềm dẻo hơn cho bộ lập lịch tại giá trị của phần tiêu đề thêm vào cho mỗi cấp phát truyền lại. HARQ kết hợp với CQICH và AMC cung cấp thích ứng liên kết mạnh trong môi trường di động tại tốc độ khoảng 120 km/h.

3.3.1. Công nghệ anten thông minh

Công nghệ anten thông minh thường gồm có vector phức hoặc ma trận hoạt động trên các tín hiệu nhờ có nhiều anten. OFDMA cho phép vận hành anten thông

minh được thực hiện trên các sóng mang con vector phẳng. Các bộ cân bằng phức tạp không được yêu cầu để bù cho pha đỉnh lựa chọn tần số. Vì vậy OFDMA là thích hợp để hỗ trợ công nghệ anten thông minh. Thực tế, MIMO-OFDM/OFDMA được mong đợi như là nền tảng cho các hệ thống thông tin băng rộng thế hệ tiếp theo. Chuẩn IEEE 802.16e hỗ trợ đủ các loại công nghệ anten thông minh để tăng hiệu suất hệ thống. Các công nghệ anten thông minh được hỗ trợ bao gồm:

- *Tạo búp*: với tạo búp, hệ thống sử dụng nhiều anten để phát các tín hiệu để cải thiện vùng phủ sóng và dung lượng của hệ thống và giảm thiểu xác suất ngừng phục vụ.
- *Mã không gian-thời gian (STC)*: phát phân tập như mã Alamouti được hỗ trợ để cung cấp phân tập không gian và giảm dư âm.
- *Ghép kênh không gian (SM)*: ghép kênh không gian được hỗ trợ để đạt được ưu điểm: tốc độ đỉnh cao hơn và thông lượng tăng. Với ghép kênh không gian, nhiều dòng được phát qua nhiều anten. Nếu máy thu cũng có nhiều anten, nó có thể tách rời ra các dòng khác nhau để đạt được độ thông qua cao được so sánh với các hệ thống anten đơn. Với MIMO 2x2, SM tăng tốc độ dữ liệu đỉnh gấp hai lần bằng cách phát hai dòng dữ liệu. Trong UL, mỗi người sử dụng chỉ có một anten phát, hai người sử dụng có thể phát cộng tác trong cùng một khe như thể hai dòng được ghép kênh không gian từ hai anten của cùng người sử dụng. điều này được gọi là UL cộng tác SM.

Các đặc trưng được hỗ trợ trong sơ lược hiệu suất chuẩn IEEE 802.16e được liệt kê trong bảng dưới đây:

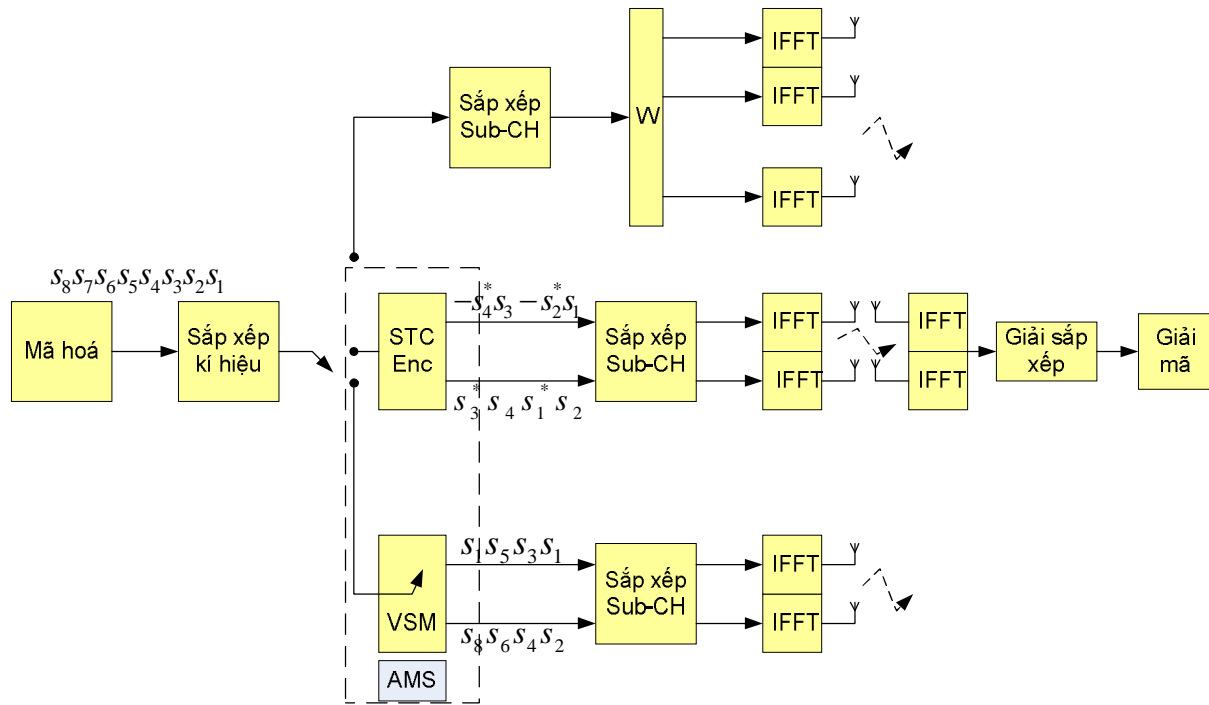
Đường	Tạo búp	Mã hoá không gian thời gian	Ghép kênh không gian
DL	$N_t \geq 2, N_r \geq 1^5$	$N_t = 2, N_r \geq 1$ ma trận A	$N_t = 2, N_r \geq 2$ Ma trận B, Mã hoá đúng
UL	$N_t \geq 1, N_r \geq 2$	N/A	$N_t = 1, N_r \geq 2$ SM hai người sử dụng cộng tác

Bảng 3.5 Các lựa chọn anten tiên tiến

Chuẩn IEEE 802.16e hỗ trợ chuyển mạch thích ứng giữa các sự lựa chọn này để làm cực đại hoá lợi ích của công nghệ anten thông minh dưới các điều kiện kênh khác nhau. Ví dụ như, SM cải thiện độ thông qua đỉnh. Tuy nhiên, khi các điều kiện kênh là ít, tốc độ lỗi gói (PER) có thể cao và vì vậy mật độ vùng trong đó PER đích phải được giới hạn. Mặt khác STC cung cấp mật độ rộng bất chấp điều kiện kênh nhưng không cải thiện tốc độ dữ liệu đỉnh. 802.16e hỗ trợ chuyển mạch MIMO thích ứng (AMS) giữa các mô hình đa MIMO để cực đại hoá hiệu quả phổ tần với không giảm trong vùng mật độ. Hình 2.13 biểu diễn kiến trúc để hỗ trợ các đặc trưng của anten thông minh. Bảng 3.6 cung cấp một tổng kết của các tốc độ dữ liệu đỉnh lý thuyết cho các tỉ lệ DL/UL khác nhau cho rằng băng tần kênh là 10 MHz, khoảng khung là 5ms với 44 ký hiệu dữ liệu OFDM (trong 48 ký hiệu OFDM tổng) và kênh con PUSC. Với MIMO 2x2, DL sử dụng và tốc độ dữ liệu đỉnh bộ phận là gấp đôi lý thuyết. Tốc độ dữ liệu đỉnh DL cực đại là 63,36 Mbps khi tất cả các ký hiệu dữ liệu được dành cho DL. Với UL cộng tác SM, tốc độ dữ liệu đỉnh bộ phận UL là gấp đôi trong khi đó tốc độ dữ liệu đỉnh người sử dụng là không đổi.

Tỉ lệ DL/UL			1:0	3:1	2:1	3:2	1:1	0:1
Tốc độ đỉnh người sử dụng (Mbps)	SIMO (1x2)	DL	31,68	23,04	20,16	18,72	15,84	0
		UL	0	4,03	5,04	6,05	7,06	14,11
	MIMO (2x2)	DL	63,36	46,08	40,32	37,44	31,68	0
		UL	0	4,03	5,04	6,05	7,06	14,11
Tốc độ đỉnh Sector (Mbps)	SIMO (1x2)	DL	31,68	23,04	20,16	18,72	15,84	0
		UL	0	4,03	5,04	6,05	7,06	14,11
	MIMO (2x2)	DL	63,36	46,08	40,32	37,44	31,68	0
		UL	0	8,06	10,08	12,10	14,12	28,22

Bảng 3.6 Các tốc độ dữ liệu cho cấu hình SIMO/MIMO



Hình 3.13 Chuyển mạch thích ứng cho anten thông minh

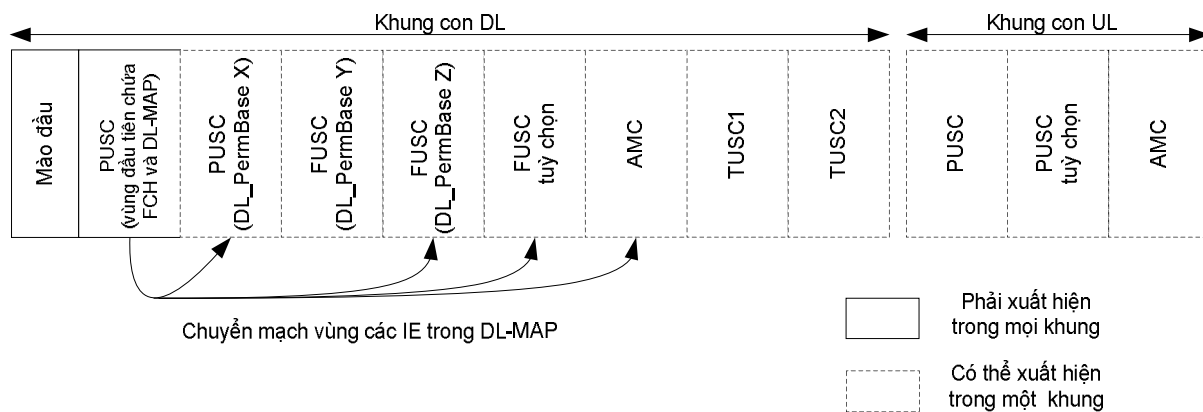
Tốc độ dữ liệu đỉnh người sử dụng UL và tốc độ dữ liệu đỉnh bộ phận là 14,11 Mbps và 28,22 Mbps đặc biệt khi tất cả các ký hiệu dữ liệu được dành cho UL. Bằng ứng dụng tỉ lệ DL/UL khác nhau, băng tần có thể được điều chỉnh giữa DL và UL để trợ giúp các mẫu lưu lượng khác nhau. Nó có thể được chú ý rằng các trường hợp cao nhất giống như sự phân chia tất cả UL và tất cả DL hiếm khi được sử dụng. Sơ lược chuẩn IEEE 802.16e hỗ trợ dải các tỉ lệ DL/UL từ 3:1 tới 1:1 để trợ giúp các sơ lược lưu lượng khác nhau.

3.3.2. Tái sử dụng phân đoạn tần số

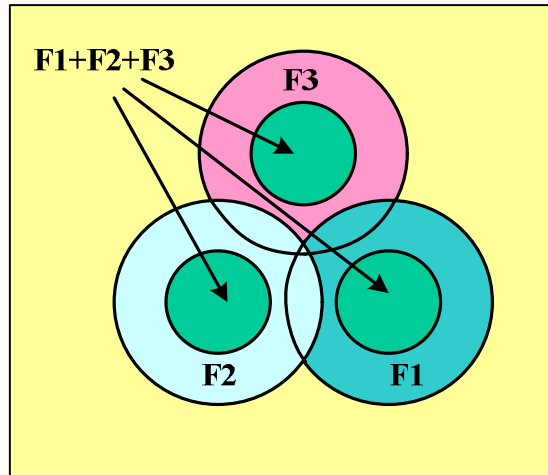
Chuẩn IEEE 802.16e hỗ trợ dùng lại tần số của 1, ví dụ tất cả tế bào/sector hoạt động trên kênh tần số giống nhau để cực đại hoá hiệu quả phổ tần. Tuy nhiên, vì giao thoa đồng kênh (CCI) là nghiêm trọng trong sự triển khai dùng lại tần số của 1, các người sử dụng tại cạnh tế bào phải chịu đựng sự giảm chất lượng kết nối. Với chuẩn IEEE 802.16e, các người sử dụng hoạt động trên các kênh con, cái mà chỉ chiếm một phần nhỏ băng tần kênh; Vấn đề nhiều cách tế bào có thể dễ dàng đề địa chỉ bằng cách cấu hình thích hợp kênh con thông thường không sử dụng đến mặt phẳng tần số truyền thống.

Trong chuẩn IEEE 802.16e, dùng lại kênh con linh hoạt được làm dễ dàng bởi sự phân đoạn kênh con và hoán vị vùng. Một phân đoạn là một sự chia nhỏ ra của các kênh con OFDMA sẵn có (một phân đoạn phải bao gồm tất cả các kênh con). Một phân đoạn được sử dụng để triển khai một trường hợp đơn của MAC.

Hoán vị vùng là một số của các ký hiệu OFDMA liền kề trong DL hoặc UL sử dụng hoán vị giống nhau. Khung con DL hoặc UL phải bao gồm nhiều hơn một hoán vị vùng như trong hình 2.14.



Hình 3.14 Cấu trúc khung đa vùng



Hình 3.15 Tái sử dụng phân đoạn tần số

Mẫu dùng lại kênh con có thể được cấu hình giống như các người sử dụng đóng trạm gốc hoạt động trên vùng với tất cả các kênh con sẵn có. Trong khi đó với cách các người sử dụng, mỗi tế bào hoặc sector hoạt động trên vùng với một phân số của tất cả các kênh con sẵn có.

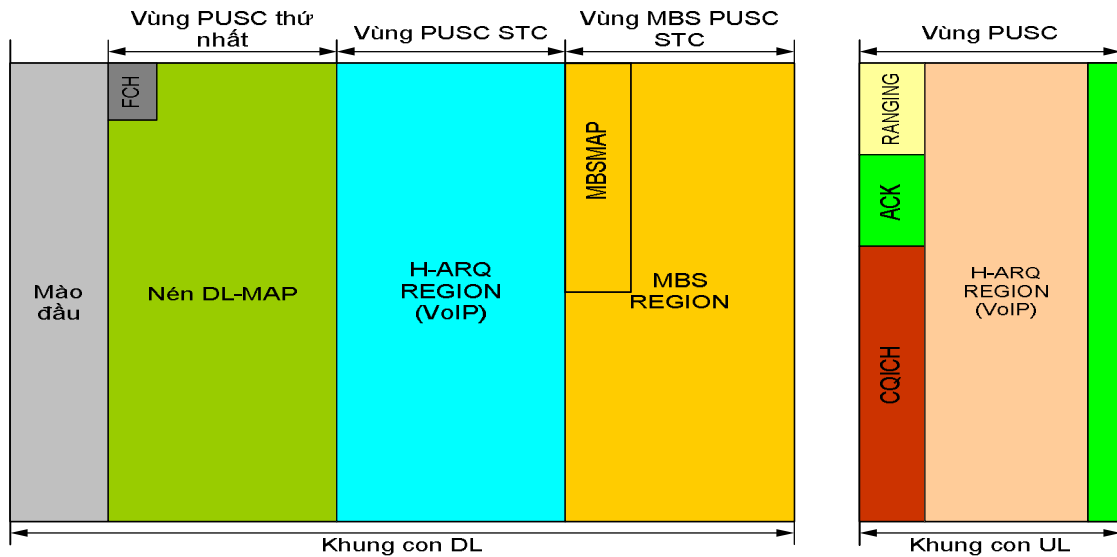
Trong hình 3.15, F1, F2, và F3 miêu tả các thiết lập khác nhau của các kênh con trong cùng kênh tần số. Với cấu hình này, dùng lại tần số tải đầy đủ của một được duy trì cho các người sử dụng trung tâm để cực đại hoá hiệu quả phổ tần và dùng lại tần số phân đoạn được triển khai cho các người sử dụng ngoài rìa để đảm bảo chất lượng kết nối người sử dụng ngoài rìa và độ thông qua. Mặt phẳng dùng lại kênh con có thể được đánh giá động qua các sector hoặc các tế bào dựa vào tải trọng mạng và các điều kiện nhiễu trên cơ sở từng khung. Vì vậy tất cả các tế bào và các sector có thể hoạt động trên cùng kênh tần số không cần mặt phẳng tần số.

3.3.3. Dịch vụ đa hướng và quảng bá (MBS)

Dịch vụ đa hướng và quảng bá (MBS) được hỗ trợ bởi chuẩn IEEE 802.16e kết hợp các đặc điểm tốt nhất của DVB-H, MediaFLO và 3GPP E-UTRA và thoả mãn các yêu cầu sau đây:

- Tốc độ dữ liệu và mật độ sử dụng một mạng tần số đơn (SFN) cao.
- Cấp phát linh hoạt các tài nguyên vô tuyến.
- Sự tiêu thụ công suất MS thấp.

- Hỗ trợ khuôn dữ liệu trong các dòng audio và video.
- Thời gian chuyển mạch kênh thấp.



Hình 3.16 Hỗ trợ MBS được ấn định với chuẩn IEEE 802.16e -các vùng MBS

Sơ lược chuẩn IEEE 802.16e Release-1 định nghĩa một hộp công cụ cho sự phân phát dịch vụ MBS ban đầu. Dịch vụ MBS có thể được hỗ trợ bởi hoặc xây dựng một vùng MBS riêng biệt trong khung DL cùng với dịch vụ đơn hướng (được ghi vào MBS) hoặc khung nguyên vẹn có thể được dành cho MBS (chỉ DL) với một mình dịch vụ quảng bá. Hình 3.16 biểu diễn xây dựng vùng DL/UL khi sự pha trộn dịch vụ quảng bá và đơn hướng được hỗ trợ. Vùng MBS hỗ trợ mô hình MBS đa BS sử dụng hoạt động mạng tần số đơn (SFN) và khoảng thời gian linh hoạt của các vùng MBS cho phép phân chia theo tỉ lệ các tài nguyên vô tuyến cho lưu lượng MBS. Chú ý rằng các vùng đa MBS cũng có thể thực hiện được. Có một vùng MBS được MAP IE miêu tả. MS truy cập DL MAP để ban đầu nhận thực các MBS và xác định các MBS MAP được kết hợp trong mỗi vùng. Lúc đó MS có thể đọc các MBS MAP không cần chuyển đến DL MAP trừ khi đồng bộ MBS MAP bị mất. IE MAP MBS chỉ rõ cấu hình PHY vùng MBS và định nghĩa vị trí của mỗi vùng MBS qua thông số khoảng cách ký hiệu OFDMA. MAP MBS được xác định tại kênh con thứ nhất của ký hiệu OFDM thứ nhất của vùng MBS được kết hợp. MBS đa BS không yêu cầu MS phải được đăng kí trong trạm gốc. MBS có thể

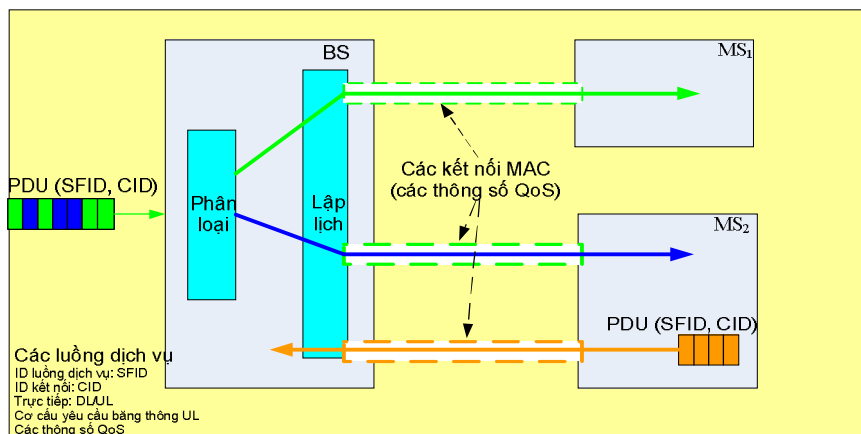
được truy cập khi MS trong mô hình Idle cho phép sự tiêu thụ năng lượng thấp. Độ linh hoạt của chuẩn IEEE 802.16e để hỗ trợ MBS được kết hợp và các dịch vụ đơn hướng cho phép một dải rộng các ứng dụng.

3.4. Mô tả lớp MAC của chuẩn 802.16e

Chuẩn 802.16 được triển khai bắt đầu từ việc truyền các dịch vụ băng rộng gồm thoại, dữ liệu và video. Lớp MAC dựa vào chuẩn DOCSIS và có thể hỗ trợ lưu lượng dữ liệu cụm với yêu cầu tốc độ đỉnh cao khi mà hỗ trợ đồng thời video liên tục và lưu lượng thoại nhạy với trễ trên cùng một kênh. Tài nguyên được cấp phát cho một đầu cuối bởi bộ lập lịch MAC có thể thay đổi từ một khe thời gian tới toàn bộ khung, do đó cung cấp một dải động lớn thông lượng tới người sử dụng đầu cuối đặc trưng tại các thời điểm nhất định. Hơn nữa, do thông tin cấp phát tài nguyên được truyền trong các bản tin MAP tại bắt đầu mỗi khung, nên bộ lập lịch có thể thay đổi hiệu quả cấp phát tài nguyên trên cơ sở từng khung một để phù hợp với bản chất cụm của lưu lượng.

3.4.1. Hỗ trợ chất lượng dịch vụ (QoS)

Với liên kết không gian (air) nhanh, công suất đường xuống/đường lên không đối xứng, tính chất tài nguyên nhiều và kỹ thuật cấp phát tài nguyên linh hoạt, chuẩn 802.16e có thể đạt được các yêu cầu QoS cho đủ mọi loại dịch vụ dữ liệu và ứng dụng.



Hình 3.17 Hỗ trợ QoS trong 802.16e

Trong lớp MAC 802.16e, QoS được cung cấp qua các luồng dịch vụ như mô tả trong hình 3.17. Đó là một luồng các gói theo một hướng duy nhất được cung cấp một tập các thông số QoS riêng biệt.

Trước đây khi cung cấp một loại dịch vụ dữ liệu nào đó, thì trước tiên trạm gốc và đầu cuối người sử dụng thiết lập một liên kết logic theo một hướng duy nhất giữa các MAC ngang cấp được gọi là kết nối. Sau đó MAC ngoài cùng kết hợp các gói đi ngang qua giao diện MAC thành một luồng dịch vụ, rồi được chuyển qua kết nối. Các thông số QoS kết hợp với luồng dịch vụ định nghĩa lập lịch và thứ tự truyền trên giao diện vô tuyến. Vì vậy QoS hướng kết nối có thể cung cấp điều khiển chính xác qua giao diện vô tuyến. Vì giao diện vô tuyến thường bị nghẽn cổ chai, nên QoS hướng kết nối cho phép điều khiển hiệu quả QoS đầu cuối-đầu cuối.

Loại QoS	Ứng dụng	Đặc điểm QoS
UGS Dịch vụ cấp phát tự nguyện	VoIP	<ul style="list-style-type: none"> • Tốc độ duy trì lớn nhất • Dung sai trễ lớn nhất • Dung sai trượt
rtPS Dịch vụ theo dõi thời gian thực	Dòng Audio hoặc Video	<ul style="list-style-type: none"> • Tốc độ dành riêng nhỏ nhất • Tốc độ duy trì lớn nhất • Dung sai trễ lớn nhất • Ưu tiên lưu lượng
ErtPS Dịch vụ theo dõi thời gian thực mở rộng	Thoại với tách sóng tích cực (VoIP)	<ul style="list-style-type: none"> • Tốc độ dành riêng nhỏ nhất • Tốc độ duy trì lớn nhất • Dung sai trễ lớn nhất • Dung sai trượt • Ưu tiên lưu lượng
nrtPS Dịch vụ theo dõi phi thời thực	Giao thức truyền file (FTP)	<ul style="list-style-type: none"> • Tốc độ dành riêng nhỏ nhất • Tốc độ duy trì lớn nhất • Ưu tiên lưu lượng
BE Dịch vụ nỗ lực tốt nhất	Truyền dữ liệu, trình duyệt Web, ...	<ul style="list-style-type: none"> • Tốc độ duy trì lớn nhất • Ưu tiên lưu lượng

Bảng 3.7 Chất lượng dịch vụ và ứng dụng 802.16e

Các thông số luồng dịch vụ có thể được quản lý tự động qua các bản tin MAC để điều chỉnh các yêu cầu dịch vụ động. Kỹ thuật QoS dựa vào luồng dịch vụ áp dụng cho cả DL và UL để cung cấp QoS được cải thiện trong cả hai hướng. Chuẩn IEEE 802.16e hỗ trợ đủ mọi loại dịch vụ dữ liệu và ứng dụng có các yêu cầu QoS thay đổi. Tất cả được tổng kết trong bảng 3.7.

3.4.2. Dịch vụ lập lịch MAC

Dịch vụ lập lịch MAC 802.16e được thiết kế để truyền hiệu quả các dịch vụ băng rộng bao gồm thoại, dữ liệu và video qua kênh vô tuyến băng rộng biến thiên theo thời gian. Dịch vụ lập lịch MAC có các đặc điểm sau đây:

Bộ lập lịch dữ liệu nhanh: bộ lập lịch MAC phải cấp phát hiệu quả tài nguyên khả dụng đáp ứng cho lưu lượng dữ liệu cụm và các điều kiện kênh biến

a) thiên theo thời gian. Bộ lập lịch được đặt tại mỗi trạm gốc cho phép đáp ứng nhanh các yêu cầu lưu lượng và các điều kiện kênh. Các gói dữ liệu được kết hợp thành các luồng dịch vụ với các thông số QoS xác định trước trong lớp MAC sao cho bộ lập lịch có thể xác định chính xác thứ tự truyền dẫn gói qua giao diện vô tuyến. Kênh CQICH cung cấp thông tin hồi tiếp kênh nhanh cho phép bộ lập lịch lựa chọn điều chế và mã hoá thích hợp cho mỗi cấp phát. Điều chế/mã hoá thích ứng kết hợp với HARQ cung cấp truyền dẫn tốt hơn qua kênh biến thiên theo thời gian.

b) *Lập lịch cho cả UL và DL*: dịch vụ lập lịch được cung cấp cho cả lưu lượng UL và DL. Bộ lập lịch MAC thực hiện cấp phát tài nguyên hiệu quả và cung cấp QoS mong muốn trong UL, UL phải hồi tiếp chính xác và thông tin đúng lúc như các điều kiện lưu lượng và các yêu cầu QoS. Nhiều kỹ thuật yêu cầu băng thông đường lên, như yêu cầu băng thông qua kênh sắp xếp, yêu cầu piggyback và thăm dò được thiết kế để hỗ trợ các yêu cầu băng thông UL. Luồng dịch vụ UL xác định kỹ thuật hồi tiếp cho mỗi kết nối đường lên để đảm bảo dự báo hoạt động của bộ lập lịch UL. Hơn nữa, các kênh con UL trực giao, không có nhiễu trong tế bào. Lập lịch UL có thể cấp phát tài nguyên hiệu quả hơn và QoS tốt hơn.

c) *Cấp phát tài nguyên động*: MAC hỗ trợ cấp phát tài nguyên thời gian-tần số cho cả UL và DL trên cơ sở từng khung. Cấp phát tài nguyên được truyền trong các bản tin MAC tại bắt đầu mỗi khung. Vì vậy, cấp phát tài nguyên có thể được thay đổi trên từng khung đáp ứng với các điều kiện kênh và lưu lượng. Thêm nữa, lượng tài nguyên trong mỗi cấp phát có thể trải rộng từ một khe đến toàn bộ khung. Cấp phát tài nguyên tốt và nhanh cho phép QoS mong ước cho lưu lượng dữ liệu.

d) *QoS định hướng*: Bộ lập lịch MAC điều khiển truyền dữ liệu trên cơ sở từng kết nối. Mỗi kết nối được kết hợp với một dịch vụ dữ liệu có một tập các thông số QoS để xác định khía cạnh hoạt động của nó. Với khả năng cấp phát động tài nguyên cho cả UL và DL, bộ lập lịch có thể cung cấp QoS mong muốn cho cả lưu lượng UL và DL. Đặc biệt với lập lịch đường lên –*Tài nguyên đường lên được cấp phát hiệu quả hơn, hiệu suất trễ tiên đoán hơn và QoS tốt hơn.*

e) *Lập lịch lựa chọn tần số*: Bộ lập lịch có thể hoạt động trên các loại kênh con khác nhau. Với các kênh con tần số thay đổi khác nhau như hoán vị PUSC, các sóng mang con trong các kênh con được phân bố giả ngẫu nhiên dọc theo băng

thông, các kênh con có chất lượng như nhau. Lập lịch tần số thay đổi khác nhau có thể hỗ trợ QoS có tính chất tốt hơn và lập lịch tài nguyên thời gian-tần số linh hoạt. Với hoán vị liên kề như hoán vị AMC, các kênh con phải chịu suy hao khác nhau. Lập lịch lựa chọn tần số có thể cấp phát các người sử dụng di động cho các kênh con tương ứng mạnh nhất. Lập lịch lựa chọn tần số có thể làm tăng dung lượng hệ thống với sự tăng vừa phải trong tiêu đề CQI ở UL.

3.4.3. Quản lý tính di động

Tuổi thọ của pin và chuyển giao là hai vấn đề then chốt của các ứng dụng di động. 802.16e hỗ trợ chế độ Sleep và chế độ Idle cho phép hoạt động MS hiệu quả về công suất. 802.16e cũng hỗ trợ chuyển giao cho phép MS chuyển mạch từ một trạm gốc tới trạm khác mà không làm ngắt quãng kết nối.

a) Quản lý công suất

Chuẩn IEEE 802.16e hỗ trợ hai chế độ để vận hành công suất hiệu quả-chế độ Sleep và chế độ Idle. Chế độ Sleep là một trạng thái trong đó MS kiểm soát các khoảng thời gian vắng mặt ở giao diện vô tuyến trạm gốc phục vụ được đàm phán trước. Khoảng thời gian này được đặc trưng bởi tính không khả dụng của MS, được quan sát từ trạm gốc phục vụ, tới lưu lượng DL hoặc UL. Chế độ Sleep nhằm tối thiểu hoá sự sử dụng công suất MS và sử dụng tài nguyên giao diện vô tuyến trạm gốc phục vụ. Chế độ Sleep cũng cung cấp tính linh hoạt cho MS để quét các trạm gốc khác nhằm thu thập thông tin cần cho chuyển giao trong suốt chế độ Sleep.

Chế độ Idle cung cấp một kỹ thuật cho MS để trở nên có hiệu lực một cách định kì cho bản tin lưu lượng quảng bá DL mà không có sự đăng kí tại một trạm gốc đặc biệt khi MS đi qua môi trường liên kết vô tuyến có nhiều trạm gốc cư trú. Chế độ Idle giúp ích cho MS bằng cách chuyển các yêu cầu cho chuyển giao, các hoạt động thông thường khác; giúp ích cho mạng và trạm gốc bằng cách loại trừ giao diện vô tuyến và lưu lượng chuyển giao từ các MS không tích cực khi mà vẫn cung cấp một phương pháp đơn giản và hợp lí (gói) để báo cho MS về lưu lượng DL.

b) Chuyển giao

Có ba phương pháp chuyển giao được hỗ trợ trong chuẩn 802.16e- chuyển giao cứng (HHO), chuyển mạch trạm gốc nhanh (FBSS), và chuyển giao phân tập macro (MDHO). Trong đó, HHO là bắt buộc còn FBSS và MDHO là hai chế độ tự chọn. Diễn đàn WiMAX đã triển khai một vài kỹ thuật để tối ưu hoá chuyển giao cứng trong chuẩn 802.16e. Sự cải thiện này được triển khai với mục đích giữ trễ chuyển giao lớp 2 luôn nhỏ hơn 50 ms.

Khi FBSS được hỗ trợ, MS và BS duy trì một danh sách các BS được bao hàm trong FBSS cùng với MS. Tập này được gọi là tập tích cực. Trong FBSS, MS giám sát liên tục các trạm gốc trong tập tích cực. Trong số các BS ở tập tích cực, một BS neo được định nghĩa. Khi hoạt động trong FBSS, MS chỉ liên lạc với BS neo bằng các bản tin đường xuống và đường lên bao gồm các kết nối lưu lượng và quản lý. Sự chuyển tiếp từ một BS neo này tới BS khác (tức là chuyển mạch BS) được thực hiện mà không cần viện dẫn các bản tin báo hiệu HO rõ ràng. Thủ tục cập nhật neo được cho phép bởi độ dài của tín hiệu thông tin của BS phục vụ qua kênh CQI. Một chuyển giao FBSS bắt đầu với quyết định thu hoặc phát dữ liệu của MS từ BS neo mà có thể thay đổi trong tập tích cực. MS quét các BS lân cận và lựa chọn cái nào được cho là phù hợp trong một phiên thiết lập tích cực. MS báo cáo lựa chọn các BS và thủ tục cập nhật thiết lập tích cực được thực hiện bởi BS và MS. MS giám sát liên tục độ dài tín hiệu của các BS trong thiết lập tích cực và lựa chọn một BS từ thiết lập BS neo. MS báo cáo lựa chọn BS trên CQICH hoặc MS khởi đầu bản tin yêu cầu HO. Một yêu cầu quan trọng của FBSS là dữ liệu được phát cùng một lúc tới tất cả các bộ phận của một thiết lập tích cực của các BS có thể phục vụ MS.

Với các MS và BS được hỗ trợ MDHO, MS và BS duy trì một thiết lập tích cực của các BS bao gồm trong MDHO với MS. Giữa các BS trong thiết lập tích cực, một BS neo được định nghĩa. Chế độ chuẩn của hoạt động quy vào một trường hợp riêng biệt của MDHO với thiết lập tích cực gồm có một BS đơn. Khi hoạt động trong MDHO, MS liên lạc với tất cả các BS trong thiết lập tích cực của các bản tin đơn hướng đường xuống và đường lên và lưu lượng. Một MDHO bắt đầu khi một MS quyết định để thu hoặc phát bản tin đơn hướng và lưu lượng từ nhiều BS trong khoảng thời gian giống nhau. Với MDHO đường xuống, hai hoặc nhiều hơn BS cung cấp truyền dẫn đồng bộ của dữ liệu đường xuống MS như kết

hợp đa dạng được thực hiện tại MS. Với MDHO đường lên, truyền dẫn từ MS được thu bởi nhiều BS trong đó lựa chọn đa dạng của thông tin thu được thực hiện.

3.4.4. An ninh

Chuẩn IEEE 802.16e hỗ trợ các đặc điểm lớp an ninh bằng cách các công nghệ khả dụng tốt nhất hiện nay. Hỗ trợ nhận thực người sử dụng / thiết bị tương hỗ, giao thức quản lý khoá linh hoạt, mật hoá lưu lượng, quản lý và điều khiển bảo vệ bản tin và tối ưu hoá giao thức an ninh cho các chuyên giao nhanh.

- *Giao thức quản lý khoá:* giao thức quản lý khoá và mật mã riêng phiên bản 2 (PKMv2) là cơ sở của an ninh được định nghĩa trong 802.16e. Giao thức này quản lý an ninh MAC sử dụng các bản tin PKM-REQ/RSP. Nhận thực PKM EAP, điều khiển mật hoá lưu lượng, trao đổi khoá chuyên giao và tất cả các bản tin an ninh đa hướng/quảng bá đều dựa vào giao thức này.
- *Nhận thực người sử dụng/thiết bị:* Chuẩn IEEE 802.16e sử dụng giao thức IETF EAP để hỗ trợ nhận thực người sử dụng và thiết bị bằng cách cung cấp hỗ trợ dựa vào SIM, USIM hoặc chứng nhận số hoặc dựa vào username/password. Các phương pháp nhận thực EAP-SIM, EAP-AKA, EAP-TLS hoặc EAP-MSCHAPv2 tương ứng được hỗ trợ qua giao thức EAP. Phương pháp chuyển khoá chỉ được giao thức EAP hỗ trợ.
- *Mật hoá lưu lượng:* AES-CCM là mật mã được sử dụng để bảo vệ tất cả dữ liệu người sử dụng trên giao diện MAC. Các khoá sử dụng để tạo mật mã được tạo ra từ nhận thực EAP. Một kỹ thuật trạng thái mật hoá lưu lượng có một kỹ thuật nạp lại khoá chu kỳ (TEK) cho phép duy trì liên tục trạng thái chuyển tiếp của các khoá để cải thiện sự bảo vệ.
- *Bảo vệ bản tin điều khiển:* dữ liệu điều khiển được bảo vệ bằng sử dụng AES dựa vào CMAC, hoặc MD5 dựa vào kế hoạch HMAC.
- *Hỗ trợ chuyển giao nhanh:* Kế hoạch bắt tay ba bước được hỗ trợ bởi chuẩn IEEE 802.16e để tối ưu kỹ thuật nhận thực lại cho mục đích chuyển giao nhanh. Kỹ thuật này cũng có ích để ngăn chặn kẻ xâm phạm (man-in-the-middle-attacks).

Chương 4

QUÁ TRÌNH PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG WIMAX TẠI VIỆT NAM

4.1. Mô hình thử nghiệm wimax tại bưu điện tỉnh Lào Cai

Dự án thử nghiệm WiMAX được triển khai tại Lào Cai là kết quả của sự hợp tác giữa Tập đoàn Bưu chính Viễn thông Việt Nam (VNPT), đại diện là công ty Điện toán và Truyền số liệu VDC), Tập đoàn Intel và cơ quan hỗ trợ phát triển quốc tế hoa kỳ (USAID) để cùng triển khai công nghệ băng thông rộng không dây thế hệ mới tới vùng sâu vùng xa của Việt Nam. Tại địa phương có hai đơn vị tham gia hỗ trợ triển khai dự án là Bưu điện tỉnh Lào Cai (đơn vị thành viên của VNPT) và trung tâm CNTT tỉnh Lào Cai (LCIT).

Dự án thử nghiệm WiMAX tại Lào Cai sử dụng thiết bị theo chuẩn 802.16 Rev D chạy ở tần số 3.3-3.4 GHz của hãng Alvarion, được triển khai tại 19 điểm đầu cuối bao gồm: 01 điểm Bưu điện Văn hoá xã 02 điểm truy cập café Internet, 06 trường học, 02 Cơ sở y tế, 02 doanh nghiệp vừa và nhỏ, 05 trụ sở chính quyền địa phương, 01 hộ nông dân.

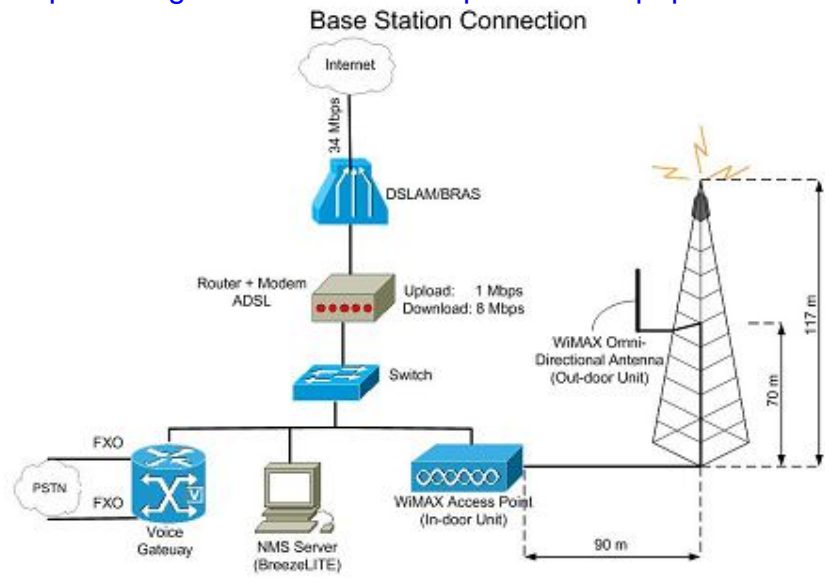
Hệ thống được triển khai hai ứng dụng: Truy nhập Internet tốc độ cao và gọi điện thoại VoIP.

Truy nhập Internet tốc độ cao: với dịch vụ này, người dùng có thể truy nhập Internet với tốc độ tương đương và lớn hơn dịch vụ ADSL. Bên cạnh đó, hệ thống WiMAX tạo nền tảng cho người dùng đầu cuối có thể sử dụng bất cứ dịch vụ Internet nào mà nhà cung cấp dịch vụ có thể cung cấp.

Gọi điện thoại VoIP: đây là hình thức gọi điện thoại trên Internet dùng công nghệ SIP. Người dùng đầu cuối có thể gọi giữa các thuê bao VoIP với nhau, gọi đến thuê bao PSTN và ngược lại.

Mô hình wimax xây dựng tại bưu điện tỉnh Lào Cai có trạm gốc BS đặt tại Lào Cai. Anten của hệ thống wimax thuộc dạng Omni-directional sẽ được treo trên tháp Anten của bưu điện tỉnh tại độ cao 70m so với mặt đất. Vì khoảng cách từ chân tháp đến phòng máy là khoảng 80m nên dây cáp truyền sóng sẽ có độ dài khoảng 150m, đi theo hệ thống máng cáp của bưu điện tỉnh. Hệ thống wimax của hãng Alvarion cung cấp có khoảng cách phủ sóng lên đến 10Km đến anten phía

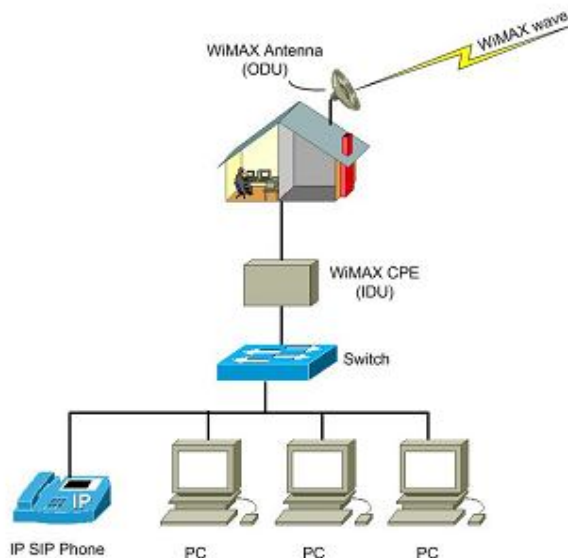
người dùng theo tầm nhìn thẳng. Và có khoảng cách phủ sóng khoảng 3-4Km đến anten phía người dùng không theo tầm nhìn thẳng.



Hình 4.1 Sơ đồ kết nối trạm góc BS Lào Cai

Sóng điện từ thu được từ Anten, theo dây feeder RG213 đi vào trong phòng máy đến một thiết bị đặt trong nhà gọi là Wimax Access Point Indoor Unit. Thiết bị này có chức năng biến đổi tín hiệu sóng điện từ thành tín hiệu điện và xử lý tín hiệu này để kết nối vào hệ thống. Hệ thống wimax kết nối vào internet thông qua DSLAM như mọi thuê bao ADSL bình thường. Cấu hình ADSL này cần tăng tốc độ download/upload 8:1 Mbps. Đây là tốc độ phù hợp với số thuê bao dự định là 18 thuê bao. Cùng kết nối tới hệ thống này có một NMS Server (Network Management System Server) là một máy chủ chạy phần mềm Breezel ITE của Alvarion máy chủ này có chức năng quản lý truy nhập của các CPE, thống kê phân tích lưu lượng. Ngoài ra, tại phòng máy còn có một thiết bị gọi là Media Gateway. Đây là thiết bị để kết nối hệ thống VoIP với hệ thống PSTN, hai đường dây điện thoại sẽ được gắn với thiết bị này. Các thiết bị wimax trong nhà Indoor Unit, NMS server, Media Gateway đều được gán địa chỉ Global IP để có thể quản lý từ xa.

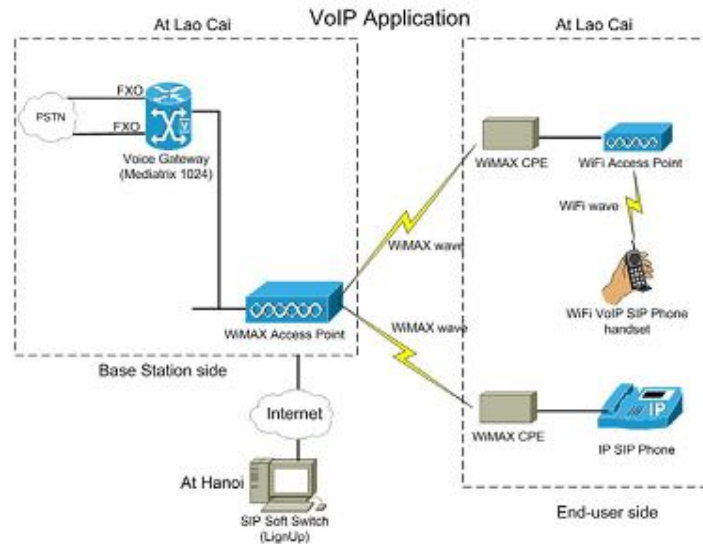
Connection at End-user



Hình 4.2 Sơ đồ kết nối tại đầu cuối người sử dụng

Tại End-User thiết bị anten wimax được gắn trên nóc nhà để thu phát tín hiệu. Từ anten tín hiệu được truyền vào trong nhà đến một thiết bị gọi là IDU. Thiết bị IDU có chức năng như một Router với đầy đủ các tính năng định tuyến, DHCP. IDU có thể kết nối với một switch nhiều cổng để có thể cung cấp kết nối internet cho nhiều máy. Mỗi người dùng đầu cuối sẽ được trang bị ít nhất một IP phone để có thể gọi điện thoại qua internet .

Đối với ứng dụng gọi điện thoại qua internet (VoIP), hạ tầng wimax chỉ đóng vai trò truyền dẫn. Về bản chất VoIP độc lập với phương thức truyền dẫn, dù đó là có dây hay không dây. Hệ thống VoIP gồm 3 thành phần cơ bản sau đây: SIP server, IP SIP phone và voice Gateway. SIP server có vai trò quản lý và định tuyến cuộc gọi, nó giống như tổng đài điện thoại trong mạng PSTN.



Hình 4.3 Sơ đồ kết nối cho ứng dụng VoIP

Trong dự án ACP/LMI, SIP server là một server chạy phần mềm có tên Lign-Up. SIP server trong thời gian thử nghiệm sẽ đặt tại trụ sở VDC. IP SIP phone là điện thoại có khả năng thực hiện các cuộc gọi VoIP dùng công nghệ SIP. IP SIP phone có thể là một điện thoại để bàn, một thiết bị cầm tay kết nối qua WiFi, có thể là một máy điện thoại thông thường kết nối tới một thiết bị chuyển đổi gọi là ATA. Với IP SIP phone các End-User có thể thực hiện các cuộc gọi VoIP với nhau.

Để kết nối giữa mạng VoIP và mạng PSTN thì cần một thiết bị gọi là Voice Gateway. Dự án ABC/LMI dùng một thiết bị Voice Gateway có tên là: Media trix 1024. Thiết bị này có chức năng chuyển đổi một cuộc gọi từ mạng VoIP sang mạng PSTN và ngược lại.

4.2. Các kết quả thử nghiệm

a) *Khả năng bao phủ của mạng*: Các đầu cuối của dự án được triển khai trong bán kính 5km xung quanh trạm gốc BTS, tuy nhiên kết quả đo kiểm hệ thống do Viện Khoa học Kỹ thuật Bưu điện tiến hành cho thấy mạng hoạt động tốt ở trạm vi ba Cam Đường với khoảng cách 9,5km.

b) *Tính cơ động*: Hệ thống WiMAX Lào Cai có kích thước nhỏ gọn, rất dễ dàng cho việc lắp đặt và bảo trì, bảo hành. Các thiết bị WiMAX chỉ dùng nguồn điện thông thường, rất thuận tiện cho việc triển khai và vận hành

c) *Khả năng quản lý của mạng*: Hệ thống WiMAX được nối với một Server có thể quản lý được việc truy nhập vào ra của các SU. Hệ thống quản lý có chức năng qui định các mức chất lượng và lưu lượng khác nhau cho từng SU.

d) *Đánh giá chung về hoạt động của hệ thống WiMAX*:

- Hệ thống đã được lắp đặt và hoạt động khá ổn định
- Các thiết bị khách hàng CPE (Customer Premises Equipment) được lắp đặt hiện tại đều nằm trong tầm nhìn thẳng nên có công suất thu được lớn. Khi hoạt động ở tốc độ cao CPE và BS có thể sử dụng các kiểu điều chế tốc độ cao như QAM16, QAM 64 với tỉ lệ lỗi cụm thấp.
- Tốc độ download, upload dữ liệu lớn đáp ứng được các yêu cầu dịch vụ Internet. Hệ thống WiMAX có khả năng cung cấp truy nhập tốc độ tối đa lên đến 10 Mbps theo thiết kế và trong thực tế đạt được 4-5 Mbps trong quá trình thử thiết bị. Các thuê bao trong dự án được cung cấp mức dịch vụ khác nhau tùy vào ứng dụng tại từng địa điểm thử nghiệm, với tốc độ tối đa khác nhau từ 512 Kbps tới 4Mbps, hoặc là cam kết về thời gian trễ ít nhất với thuê bao thiên về ứng dụng VoIP như tại nhà ông Vương Trung Thìn.
- Khoảng cách giữa CPE và BS (Base Station):
 - Trong điều kiện tầm nhìn thẳng (LOS): tín hiệu vẫn thu được với khoảng cách giữa CPE và BS lên tới 9.5 km và có thể lớn hơn.
 - Trong điều kiện tầm nhìn không thẳng (NLOS): khả năng hoạt động của hệ thống tùy thuộc vào địa hình, địa vật giữa CPE và BS. Hệ thống đã hoạt động được với khoảng cách 2.2km và có thể lớn hơn.
- Anten của CPE là anten định hướng nên SU chỉ thu tốt với những vị trí phù hợp. Tại cùng vị trí đặt SU ở các góc khác nhau, công suất thu, tỉ lệ lỗi bit BER của CPE khác nhau.

4.3. Hệ thống điện thoại VoIP trên nền wimax

Đối với chất lượng thoại VoIP trên nền Công nghệ WiMAX, theo khảo sát của Viện khoa học Kỹ thuật Bưu điện, VDC và Bưu điện tỉnh Lào Cai và Trung tâm CNTT tỉnh Lào Cai cũng như người sử dụng đánh giá thì chất lượng dịch vụ VoIP trên nền công nghệ WiMAX là rất tốt, âm thanh rõ ràng, không có tiếng vọng, không có hiện tượng vỡ tiếng.

Các thuê bao VoIP đặt tại BÐ-VHX Vạn Hoà, một xã vùng sâu vùng xa là hoạt động nhiều nhất, phục vụ cho nhu cầu của những hộ dân của xã này. Trung

bình mỗi ngày tại đây phát sinh hơn 10 cuộc gọi. Những người dân xung quanh đây chưa có điều kiện trang bị các thuê bao điện thoại PSTN cũng như rất nghèo, nên hệ thống của thử nghiệm đã phát huy tác dụng rất tốt tại điểm này.

Các điện thoại VoIP thực hiện nhiều cuộc gọi nhất là tại các điểm Bưu điện Lào Cai, BD-VHX Vạn Hòa, Khách sạn Hoa Vinh, Trường THCS Lê Quý Đôn, Trường chuyên cấp 2 Ngô Văn Sở, Trạm y tế xã Bắc Cường và hộ nông dân Vương Trung Thìn.

Các điểm BD-VHX, điểm truy nhập Internet công cộng, các trường học, trạm y tế xã và các hộ dân là những điểm thử nghiệm hết sức thành công, nhu cầu sử dụng Internet và điện thoại VoIP qua hệ thống WiMAX tại những địa điểm thử nghiệm này rất lớn. Các cơ quan chính quyền do đã có sẵn điện thoại PSTN nên nhu cầu sử dụng điện thoại VoIP trong thực tế chưa lớn như mong muốn.

Do là công nghệ không dây nên việc triển khai hệ thống diễn ra một cách nhanh chóng, nhất là ở những vùng sâu vùng xa, những nơi mà việc kéo cáp viễn thông là hết sức khó khăn. Toàn bộ thời gian để triển khai tại trạm gốc và 10 điểm đầu cuối chỉ diễn ra trong vòng 1 tuần. Cơ cấu đất tại Lào Cai thường hay diễn ra sạt lở đất thì ưu điểm không dây càng thể hiện rõ hơn.

WiMAX là công nghệ mới mẻ. Các kết quả triển khai thử nghiệm WiMAX tại Lào Cai là những sở cứ kỹ thuật rất cần thiết trong quá trình lựa chọn những giải pháp phát triển cơ sở hạ tầng viễn thông.