

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

NGUYỄN HỒNG LẠC

Kỹ thuật OFDM và ứng dụng trong WIMAX

Chuyên ngành: Điện tử

MỞ ĐẦU

Hiện nay các hệ thống cung cấp dịch vụ truy cập băng rộng phần lớn vẫn là các hệ thống DSL cung cấp truy cập hữu tuyến và hệ thống WiFi với phạm vi phục vụ còn rất hạn chế. Trong khi đó, nhu cầu sử dụng dịch vụ băng rộng lại đang đòi hỏi rất cấp thiết tại nhiều vùng, nhiều khu vực mà các giải pháp hiện có rất khó triển khai hoặc triển khai chậm. Để có thể triển khai nhanh chóng và hiệu quả hệ thống truy cập băng rộng tại các khu vực này thì việc nghiên cứu triển khai các hệ thống truy cập vô tuyến băng rộng **WiMax** là hết sức cần thiết.

Mạng không dây là một trong những bước tiến lớn nhất của ngành truyền thông. Mạng không dây sau đó tiếp tục được quan tâm nhiều hơn nhờ sự phổ biến mạnh mẽ của kết nối Internet băng rộng tốc độ cao trong các hộ gia đình và trở thành phương thức dễ nhất cho phép nhiều máy tính chia sẻ một đường truy cập băng rộng. Trong quá trình học tập tại trường Đại học Công nghiệp Thái Nguyên cũng như trong quá trình công tác và tham quan thực tế tại Công ty Điện toán và Truyền số liệu (VDC), Viễn thông Hà Nội, tôi được tiếp xúc và tham khảo nhiều tài liệu về công nghệ này. Công nghệ WiMax (*World interoperability for Microwave Access*); khả năng khai thác liên mạng trên toàn cầu với truy nhập vi ba dựa trên cơ sở hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật IEEE 802.16 với nhiều ưu điểm vượt trội như tốc độ truyền dẫn cao, phạm vi phủ sóng rộng, chất lượng dịch vụ được thiết lập cho từng kết nối, an ninh tốt, sử dụng cả phổ tần cấp phép và không được cấp phép ...

WiMax là công nghệ không dây băng rộng được hỗ trợ mạnh mẽ bởi nền công nghiệp máy tính và viễn thông với chi phí thấp và được chuẩn hóa. WiMax có thể bao phủ một vùng diện tích rộng lớn tới 50km và cung cấp tốc độ bit lên tới 70Mbit/s cho người dùng. Trong hệ thống WiMax, kỹ thuật điều chế đa sóng mang trực giao OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) và đa anten phát – đa anten thu MIMO (Multiple Input Multiple Output) là hai kỹ thuật then chốt.

Tuy WIMAX mới được bắt đầu triển khai trên các hệ thống thử nghiệm nhưng nó đang là xu hướng mới cho các tiêu chuẩn giao diện vô tuyến trong việc truy nhập không dây băng thông rộng cho tất cả các thiết bị cố định và di động.

Theo đánh giá của các chuyên gia thì WiMAX di động sẽ nhanh chóng vượt qua những công nghệ hiện có như Wi-Fi hay 3G. Ở Việt Nam, công nghệ WIMAX đang được các nhà khoa học cũng như các doanh nghiệp rất quan tâm. Để làm chủ công nghệ cũng như triển khai ứng dụng rộng rãi WIMAX ở Việt Nam, cần phải nắm vững và hiểu biết sâu sắc bản chất công nghệ mà hệ thống này sẽ sử dụng. Ngoài ra cần phải biết tính toán thiết kế thử nghiệm hệ thống, một công việc vô cùng quan trọng đối với các kỹ sư và cán bộ kỹ thuật. Với lý do này tôi chọn đề tài “**Kỹ thuật OFDM và ứng dụng trong WIMAX**”.

Luận văn được chia làm bốn chương với các vấn đề nghiên cứu như sau đây :

Chương 1: Kỹ thuật điều chế OFDM – đa sóng mang trực giao

Chương 2: Kỹ thuật MIMO – Đa anten phát và đa anten thu

Chương 3. Hệ thống WiMAX.

Chương 4: Tính toán hệ thống WiMAX và triển khai thử nghiệm WiMAX di động ở Viễn thông Hà Nội của tập đoàn bưu chính viễn thông Việt Nam.

Luận văn này đã được hoàn thành sau thời gian nghiên cứu, làm việc với tình thần nghiêm túc và nỗ lực, nhưng chắc chắn không tránh khỏi nhiều thiếu sót. Do vậy tôi rất mong muốn nhận được sự chỉ bảo, góp ý thêm của thầy cô và bạn bè đồng nghiệp nhằm hoàn thiện hơn nữa luận văn của mình.

Tôi xin chân thành cảm ơn các thầy cô và bạn bè đồng nghiệp đã động viên, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu. Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến PGS.TS Nguyễn Quốc Trung, Người đã tận tình hướng dẫn, định hướng góp ý cho tôi nhiều điều vô cùng quý báu trong quá trình tôi thực hiện đề tài này.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

Bắc Ninh ,Ngày tháng năm 2012

Học viên: Nguyễn Hồng Lạc

Lớp cao học KTĐT K13 – khóa (2010-2012)

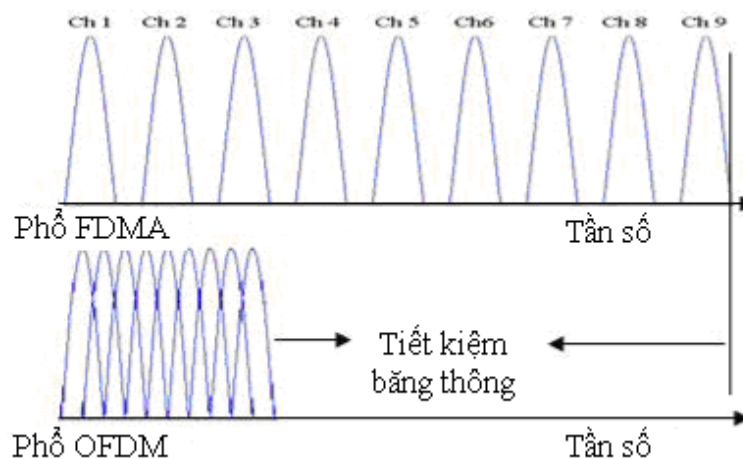
CHƯƠNG 1

KỸ THUẬT ĐIỀU CHẾ OFDM

1.1 Giới thiệu kỹ thuật điều chế OFDM

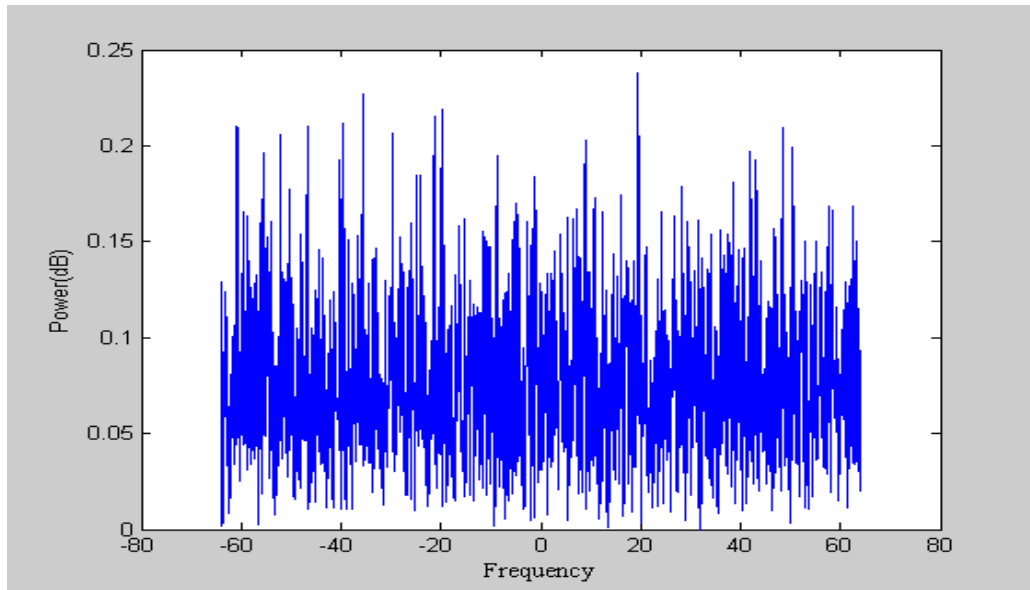
1.1.1 Khái niệm

Kỹ thuật điều chế OFDM về cơ bản là một trường hợp đặc biệt của phương pháp điều chế FDM chia luồng dữ liệu thành nhiều đường truyền băng hẹp trong vùng tần số sử dụng, trong đó các sóng mang con (hay sóng mang phụ, sub-carrier) trực giao với nhau. Do vậy, phổ tín hiệu của các sóng mang phụ này được phép chồng lấn lên nhau mà phía đầu thu vẫn khôi phục lại được tín hiệu ban đầu. Sự chồng lấn phổ tín hiệu này làm cho hệ thống OFDM có hiệu suất sử dụng phổ lớn hơn nhiều so với các kỹ thuật điều chế thông thường.

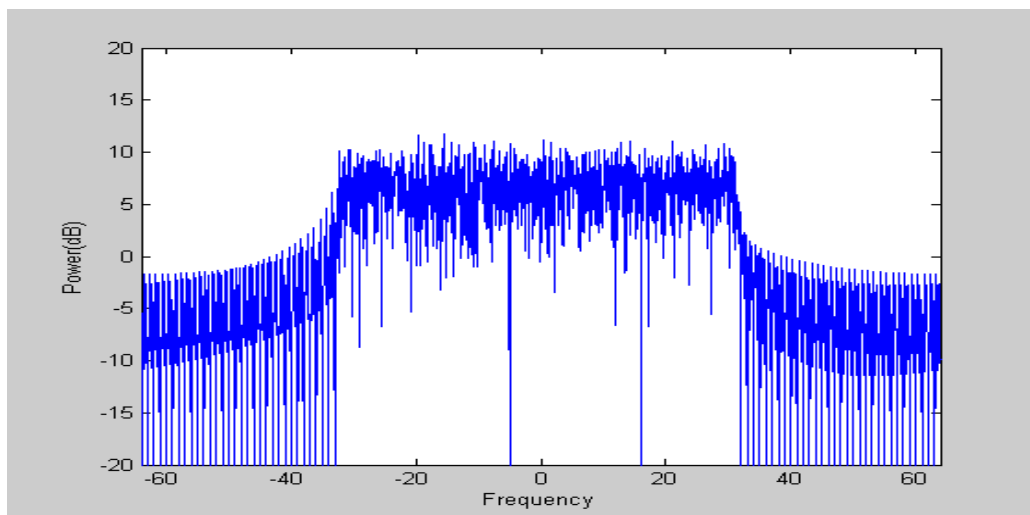


Hình 1.1: So sánh giữa FDMA và OFDM

Số lượng các sóng mang con phụ thuộc vào nhiều yếu tố như độ rộng kênh và mức độ nhiễu. Con số này tương ứng với kích thước FFT. Chuẩn giao tiếp vô tuyến 802.16d (2004) xác định 256 sóng mang con tương ứng FFT 256 điểm, hình thành chuẩn Fixed WiMAX, với độ rộng kênh cố định. Chuẩn giao tiếp 802.16e (2005) cho phép kích cỡ FFT từ 512 đến 2048 phù hợp với độ rộng kênh 5MHz đến 20MHz, hình thành chuẩn Mobile WiMAX (Scalable OFDMA), để duy trì tương đối khoảng thời gian không đổi của các ký hiệu và khoảng dẫn cách giữa các sóng mang với độ rộng kênh.



a) Tín hiệu OFDM



b) Phổ OFDM

Hình 1.2 Tín hiệu và phổ OFDM

1.1.2 Lịch sử phát triển:

Kỹ thuật OFDM do R.W.Chang phát minh năm 1966 ở Mỹ. Trải qua 45 năm hình thành và phát triển nhiều công trình khoa học về kỹ thuật này đã được thực hiện ở khắp nơi trên thế giới. Đặc biệt là các công trình của Weitein và Ebert, người đã chứng minh rằng phép điều chế OFDM có thể thực hiện bằng phép biến đổi IDFT và phép giải điều chế bằng phép biến đổi DFT. Phát minh này cùng với sự phát triển của kỹ thuật số làm cho kỹ thuật điều chế OFDM được ứng dụng rộng rãi

thay vì sử dụng IDFT người ta có thể sử dụng phép biến đổi nhanh IFFT cho bộ điều chế OFDM, sử dụng FFT cho bộ giải điều chế OFDM.

Năm 2001, Viện kỹ sư Điện và Điện tử (IEEE) đưa ra bộ tiêu chuẩn 802.16 cho truy cập không dây băng thông rộng. Công nghệ WiMAX theo giao thức chuẩn 802.16e có nghĩa là có chức năng tương tự WiFi. Nhưng tầm phủ sóng của WiMAX xa hơn, có thể đạt tới hàng chục km (lên đến 50 km) và nhanh hơn (tương lai tốc độ lên tới 1 GB)

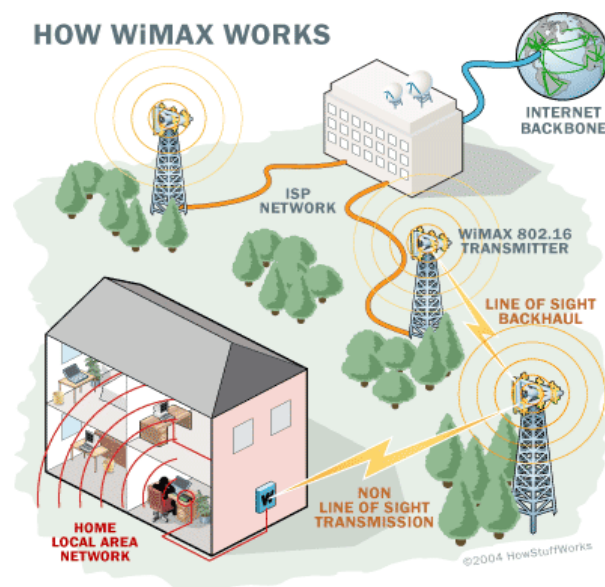
Vì vậy WiMAX có thể được sử dụng cho cả mạng CDMA và GSM hay nói cách khác giống như một chiếc điện thoại có tính năng WiFi đang tồn tại trong các loại điện thoại di động CDMA và GSM. Chuẩn này cũng áp dụng cho mạng truyền thông vô tuyến đường dài trong thực tế và có thể sẽ là một sự bổ sung hoặc thay thế cho mạng 3G. Đồng thời WiMAX ra đời sẽ cung cấp một phương tiện truy cập Internet không dây tổng hợp có thể thay thế cho ADSL và WiFi, đây là gây thách thức lớn cho mạng hữu tuyến hiện tại vì nó có một chi phí thấp lắp đặt và bảo trì. Mô hình phủ sóng của mạng WiMax tương tự như mạng điện thoại tế bào. WiMAX cũng hoạt động mềm dẻo như WiFi khi truy cập mạng. Mỗi khi một máy tính muốn truy nhập mạng nó sẽ tự động kết nối đến trạm anten WiMAX gần nhất.

Trong những năm gần đây, kỹ thuật điều chế đa sóng mang trực giao OFDM không ngừng được nghiên cứu và mở rộng phạm vi ứng dụng bởi những ưu điểm của nó trong tiết kiệm băng tần chống lại Fading chọn lọc theo tần số cũng như xuyên nhiễu băng hẹp. Kỹ thuật điều chế OFDM là một trường hợp đặc biệt của phương pháp điều chế đa sóng mang trong đó các sóng mang phụ trực giao với nhau, nhờ vậy phổ tín hiệu ở sóng mang phụ cho phép chồng lấn lên nhau mà phía thu vẫn có thể khôi phục lại tín hiệu ban đầu. Sự chồng lấn phổ tín hiệu làm cho hệ thống OFDM có hiệu suất sử dụng phổ lớn hơn nhiều so với các kỹ thuật điều chế thông thường. Nhờ đó OFDM chia dòng dữ liệu tốc độ cao thành các dòng dữ liệu tốc độ thấp hơn và phát đồng thời trên một số các sóng mang, ta thấy rằng trong một số điều kiện cụ thể, có thể tăng dung lượng đáng kể cho hệ thống OFDM bằng cách là thích nghi tốc độ dữ liệu trên mỗi sóng mang tùy theo tỷ số tín hiệu trên tạp âm SNR của sóng mang đó.

Các công nghệ truy nhập Internet phổ biến hiện nay như ADSL, hay các đường thuê kênh riêng, 3G, hay mạng WiFi. Đối với ADSL tốc độ có thể lên đến 8 Mbit/s nhưng cần có đường dây kết nối, các đường thuê kênh riêng thì giá thành đắt mà khó triển khai đối với các khu vực có địa hình phức tạp. Hệ thống thông tin di động hiện tại cung cấp tốc độ truyền 9,6kbit/s quá thấp so với nhu cầu người sử dụng, ngay cả các mạng thế hệ sau GSM như GPRS (2.5G) cho phép truy cập ở tốc độ lên tới 171,2 kbit/s

Hay EDGE khoảng 300- 400kbit/s cũng chưa thể đủ đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng khi sử dụng các dịch vụ mạng Internet, ở hệ thống di động thế hệ tiếp theo 3G thì tốc độ truy cập Internet cũng không vượt quá 2 Mb/s, với mạng WiFi

(chính là mạng Lan không dây) chỉ có thể áp dụng cho các máy tính trao đổi thông tin với khoảng cách ngắn. với thực tế như vậy, WiMax (**Worldwide Interoperability**



Mô hình truyền thông của WiMax

For Microwave Access ra đời nhằm cung cấp một phương tiện truy cập Internet không dây tổng hợp có thể cho ADSL và WIFI.

Thực tế WiMax hoạt động tương tự WiFi nhưng tốc độ cao và khoảng cách lớn hơn rất nhiều cùng với một số lượng lớn. Một hệ thống WiMax gồm 2 phần:

*Trạm phát: giống như các trạm BTS trong mạng thông tin di động với công suất lớn có thể phủ sóng một vùng rộng tới 8.000 km².

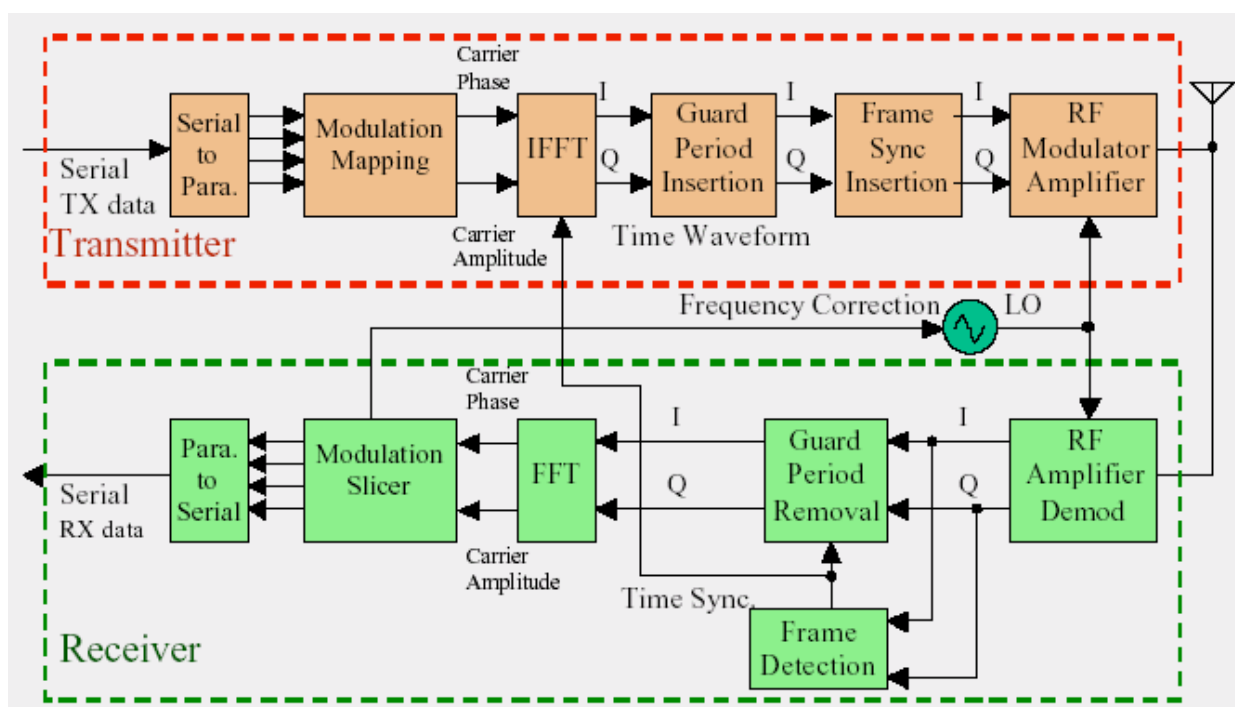
*Trạm thu: có thể là anten nhỏ như Card mạng cắm vào hoặc được thiết lập sẵn trên Mainboard có thể phủ sóng đến những vùng rất xa.

Các anten thu phát có thể trao đổi thông tin với nhau qua các tia sóng truyền thẳng hoặc các tia phản xạ. Trong trường hợp truyền thẳng, các anten được đặt cố định trên các điểm cao, tín hiệu trong trường hợp này ổn định và tốc độ truyền có

thể tối đa. Băng tần sử dụng có thể dùng ở tần số cao đến 66GHz vì ở tần số này tín hiệu ít bị giao thoa với các kênh tín hiệu khác và băng thông sử dụng cũng lớn hơn. Đối với trường hợp tia phản xạ, WiMax sử dụng băng tần thấp hơn, 2 -11 GHz, tương tự như ở WiFi, ở tần số thấp tín hiệu dễ dàng vượt qua các vật cản, có thể phản xạ, nhiễu xạ, uốn cong. Vòng qua các vật thể để đến đích.

1.1.3 Cấu trúc, chức năng của hệ thống OFDM

Sơ đồ khối một hệ thống OFDM được hình họa theo hình sau:



Hình 1.3 Sơ đồ hệ thống OFDM

Khối biến đổi nối tiếp sang song song (Serial to Para)

Luồng số liệu nối tiếp (Serial) đi vào được tạo kích cỡ theo yêu cầu tuyến dẫn (điều chế QAM) và chuyển thành dạng song song. Dữ liệu được phát song song bằng cách gán mỗi từ cho 1 sóng mang để điều chế tín hiệu.

Khối điều chế (Modulation Mapping)

Dữ liệu được phát trên mỗi sóng mang được mã hóa vi sai và điều chế mã M – QAM. Vì tín hiệu mã hóa vi sai yêu cầu tham chiếu ban đầu nên một ký hiệu được bổ sung vào đầu chuỗi. Dữ liệu trên mỗi ký hiệu sau đó được với một góc pha nhất định dựa theo phương thức điều chế. Sử dụng PSK tạo ra một tín hiệu biên độ không đổi và đơn giản các vấn đề biến đổi pha do fading.

Khối biến đổi Fourier ngược (IFFT)

Sau khi phổ yêu cầu đã được xác định, thực hiện biến đổi Fourier để tìm dạng sóng thời tương ứng biến đổi Fourier rời rạc ngược IDFT, và biến đổi Fourier rời rạc DFT được sử dụng cho điều chế và giải điều chế các chùm tín hiệu trên sóng mang con trực giao. Các thuật toán xử lý tín hiệu này thay thế các bộ điều chế và giải điều chế I/Q yêu cầu.

Trong trường hợp , N được lấy là một lũy thừa nguyên của 2, cho phép ứng với thuật toán biến đổi Fourier nhanh (IFFT, FFT) hiệu quả hơn cho điều chế và giải điều chế.

Khối chèn khoảng bảo vệ

Khối bảo vệ được thêm vào đầu mỗi ký hiệu, gồm hai phần, một nửa phát biên độ Zero, một nửa khác là phần mở rộng của tín hiệu phát, điều này cho phép dễ dàng khôi phục định thời kỳ, làm giảm SNR tới 0,5 tới 1 dB

Khối kênh truyền dẫn vô tuyến

Một mô hình kênh được áp dụng cho tín hiệu phát. Mô hình cho phép điều khiển tỉ số tín hiệu trên tạp âm SNR, nhiễu đa đường và công suất đỉnh, SNR được lập bằng cách thêm một lượng nhiễu trắng đã biết vào tín hiệu, trễ đa đường được mô tả bằng bộ lọc FIR, độ dài của bộ lọc tương ứng với độ trễ lớn nhất khi hệ số biên độ tương ứng với lượng tín hiệu phản hồi.

Máy thu

Máy thu về cơ bản hoạt động ngược lại so với máy phát, khoảng bảo vệ được loại bỏ, biến đổi Fourier nhanh FFT để tìm phổ tín hiệu gốc phát.

Ưu điểm và nhược điểm của kỹ thuật OFDM

Ưu điểm:

Kỹ thuật OFDM có nhiều ưu điểm mà các kỹ thuật ghép kênh khác không có được. OFDM cho phép truyền thông tin tốc độ cao bằng cách chia kênh truyền fading chọn lọc tần số thành các kênh truyền con chỉ chịu fading phẳng. Nhờ việc sử dụng tần số sóng mang trực giao nên hiện tượng nhiễu liên sóng mang ICI có thể loại bỏ, do các sóng mang phụ trực giao nên các sóng mang này có thể chồng lấn lên nhau mà phía thu vẫn có thể tách ra được dẫn đến hiệu quả sử dụng băng thông

hệ thống rất hiệu quả. Khi sử dụng khoảng bảo vệ có tính chất CP (cyclic prefix) lớn hơn trải trễ lớn nhất của kênh truyền đa đường thì hiện tượng nhiễu liên ký tự ISI sẽ được loại bỏ hoàn toàn. Nhờ vào khoảng bảo vệ có tính chất cyclic prefix nên hệ thống sử dụng kỹ thuật OFDM chỉ cần bộ cân bằng miền tần số khá đơn giản. IFFT và FFT giúp giảm thiểu số bộ dao động cũng như giảm số bộ điều chế và giải điều chế giúp hệ thống giảm độ phức tạp và chi phí thực hiện, hơn nữa tín hiệu được điều chế và giải điều chế đơn giản, hiệu quả nhờ vào IFFT và FFT.

Nhược điểm:

OFDM là một kỹ thuật truyền đa sóng mang nên nhược điểm chính của kỹ thuật này là tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình PAPR (Peak-to-Average Power Ratio) lớn. Tín hiệu OFDM là tổng hợp tín hiệu từ các sóng mang phụ, nên khi các sóng mang phụ đồng pha, tín hiệu OFDM sẽ xuất hiện đỉnh rất lớn. Điều này khiến cho việc sử dụng không hiệu quả bộ khuếch đại công suất lớn HPA (High-Power Amplifier). Một nhược điểm khác của OFDM là rất nhạy với lệch tần số, khi hiệu ứng dịch tần Doppler xảy ra tần số sóng mang trung tâm sẽ bị lệch, dẫn đến bộ FFT không lấy mẫu đúng tại đỉnh các sóng mang, dẫn tới sai lỗi khi giải điều chế các symbol.

Ứng dụng kỹ thuật OFDM

Các ứng dụng quan trọng của OFDM trên thế giới như :

- Hệ thống truyền hình số mặt đất DVB –T (*Digital Video Broadcasting For Terrestrial Transmission*).
- Hệ thống phát thanh số đường dài DRM (Digital radio Mondiale).
- Truy cập internet băng thông rộng ADSL (Asymmetric Digital Subscriber line).
- Các chuẩn IEEE 802.1, IEEE 802.11g
- Mạng máy tính không dây với tốc độ truyền dẫn cao Hiper LAN/2 (High performance local Area Network type 2)
- Đặc biệt OFDM là ứng cử viên triển vọng nhất cho hệ thống thông tin 4G (hệ thống truy nhập Internet không dây băng rộng theo tiêu chuẩn Wimax).