

## LỜI CAM ĐOAN

Luận văn này là công trình nghiên cứu của cá nhân tôi, được thực hiện dưới sự hướng dẫn khoa học của TS. Nguyễn Chiến Trinh. Các số liệu, những kết luận nghiên cứu được trình bày trong luận văn này là hoàn toàn trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm về lời cam đoan này.

**Học viên**

**Ngô Thanh Long**

## LỜI CẢM ƠN

Để thực hiện và hoàn thành luận văn nghiên cứu khoa học này, em đã nhận được sự hỗ trợ, giúp đỡ cũng như là quan tâm, động viên từ nhiều cơ quan, tổ chức và cá nhân. Nghiên cứu khoa học cũng được hoàn thành dựa trên sự tham khảo, học tập kinh nghiệm từ các kết quả nghiên cứu thực tế tại đơn vị, các sách, báo chuyên ngành của nhiều tác giả ở các trường Đại học, các tổ chức nghiên cứu... Đặc biệt hơn nữa là sự giúp đỡ của cán bộ giáo viên các Học viện Bưu chính viễn thông và sự giúp đỡ, tạo điều kiện từ phía gia đình, bạn bè và đồng nghiệp.

Trước hết, em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến Thầy giáo TS. Nguyễn Chiến Trinh – người trực tiếp hướng dẫn khoa học đã luôn dành nhiều thời gian, công sức hướng dẫn em trong suốt quá trình thực hiện nghiên cứu và hoàn thành luận văn nghiên cứu khoa học.

Tôi xin trân trọng cảm ơn Ban giám hiệu, Khoa đào tạo sau đại học cùng toàn thể các thầy cô giáo công tác trong trường đã tận tình truyền đạt những kiến thức quý báu, giúp đỡ tôi trong quá trình học tập và nghiên cứu.

Tuy có nhiều cố gắng, nhưng trong luận văn nghiên cứu khoa học này không tránh khỏi những thiếu sót. Em kính mong Quý thầy cô, các chuyên gia, những người quan tâm đến luận văn, đồng nghiệp, gia đình và bạn bè tiếp tục có những ý kiến đóng góp, giúp đỡ để luận văn được hoàn thiện hơn.

Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn!

## MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN.....	i
MỤC LỤC.....	ii
DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT.....	iv
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	ivii
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	viii
MỞ ĐẦU.....	1
Chương 1 - TỔNG QUAN VỀ SDR.....	3
1.1 Khái niệm cơ bản về hệ thống SDR .....	3
1.1.1 Quá trình nghiên cứu.....	3
1.1.2 Khái niệm về thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm SDR.....	5
1.2 Đặc điểm của thiết bị SDR .....	7
1.2.1 Thiết bị vô tuyến thông minh và thích nghi .....	7
1.2.2 Thiết bị vô tuyến số, đa dải, đa chế độ.....	9
1.2.3 Thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm .....	10
1.2.4 Công nghệ mới yêu cầu cho SDR.....	11
1.3 Ứng dụng .....	12
1.3.1 Ứng dụng SDR trong lĩnh vực quân sự .....	12
1.3.2 Ứng dụng trong thông tin vô tuyến dân sự.....	15
Chương 2 - PHÂN TÍCH CẤU TRÚC CỦA SDR.....	18
2.1 So sánh SDR với các thiết bị vô tuyến khác.....	18
2.2 Một vài cấu trúc SDR .....	19
2.2.1 Thiết bị vô tuyến xác định bằng phần mềm lấy mẫu trung tần.....	19
2.2.2 SDR chuyển đổi trực tiếp.....	20
2.3 Cấu trúc chung, các thành phần cơ bản của SDR .....	22
2.3.1 Cấu trúc chung của SDR .....	22
2.3.2 Các thành phần cơ bản của SDR .....	26
2.4 Yêu cầu và đặc điểm kỹ thuật của SDR .....	29
2.4.1 Đặc điểm của máy phát SDR .....	29

2.5 Kết luận chương 2 .....	32
Chương 3 - ĐỀ XUẤT VÀ THỬ NGHIỆM THIẾT BỊ VIỄN THÔNG QUÂN SỰ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ SDR.....	34
3.1 Đề xuất mô hình SDR.....	34
3.2 Cấu trúc thiết bị viễn thông quân sự sử dụng công nghệ SDR.....	35
3.2.1 Chức năng chung của thiết bị.....	35
3.2.1 Chức năng phần mềm - Nền tảng Yate .....	35
3.2.2 Chức năng phần cứng .....	43
3.3 Triển khai thực nghiệm trên mô hình đề xuất.....	51
3.3.1 Thiết lập chế độ.....	51
3.3.2 Kết quả thực nghiệm.....	52
3.4 Dự kiến đóng góp của luận văn.....	58
3.5 Nhận xét, đánh giá.....	60
3.6 Kết luận chương 3 .....	60
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	62
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	63

## DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
SDR	Software Defined Radio	Thiết bị vô tuyến có cấu trúc xác định bằng phần mềm
Yate	Yet Another Telephony Engine	Phần mềm thực hiện mạng truy nhập vô tuyến GSM/GPRS
ASICs	Application-specific integrated circuit	Vì mạch chuyên dụng
AMPS	Advanced Mobile Phone System	Chuẩn điện thoại di động 1G của Mỹ
TDMA	Time Division Multiple Access	Phương thức truy cập kênh cho các mạng chia sẻ
DSPs	Demand Side Platforms	Bộ xử lý tín hiệu số
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems	Hệ thống vi cơ điện tử được tích hợp từ các thành phần cơ khí
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu GPS
ICNIA	The Integrated Communication Navigation Identification Avionics	Nhận dạng và điện tử trong hàng không
TAJPSP	Tactical Anti-Jam Programmable Signal Processor	Thông tin liên lạc cấp chiến thuật
JTRS	Joint Tenancy with Right of Survivorship Suggest	Hệ thống radio chiến thuật chung của quân đội Mỹ
ACTS	Advanced Communications Technology	Công nghệ truyền thông tiên tiến
FIRST	Flexible Integrated Radio System and Technology	Công nghệ và hệ thống vô tuyến tích hợp linh hoạt
FRAMES	Future Radio Wideband Multiple Access System	Hệ thống đa truy nhập băng rộng trong tương lai

ADC	Analog to Digital converter	Bộ chuyển đổi tương tự/số
LNA	Low-noise amplifier	Phần tử khuếch đại tạp âm nhỏ
PTT		Thiết bị vô tuyến nhảy tần và bớp phát
FEC	Forward Error Control	Phương thức ngăn xếp và điều khiển lỗi hướng
PSTN	Public Switched Telephone Network	Mạng điện thoại chuyển mạch công cộng
MOPS	Maintenance Operation Protocol	Giao thức vận hành bảo trì
FPGA	Field-programmable gate array	Dãy cổng lập trình tại chỗ
DSP	Digital signal processor	Bộ xử lý tín hiệu số
DDC		Chip hạ tần tín hiệu số
MAC		Khối nhân và tích lũy
PDC	Program Delivery Control	Kiểm soát phân phối chương trình
PHS	Public Health Service	Dịch vụ y tế công cộng
VoIP	Voice over Internet Protocol	Giao thức thoại qua Internet
MBTS	Micro base transceiver station	Trạm thu phát vi cơ sở
RAN	Radio access network	Mạng truy cập vô tuyến
HLR	Home Location Registry	Cơ sở dữ liệu chính về thông tin thuê bao vĩnh viễn cho mạng di động
AuC	Area Under the ROC Curve	Khu vực dưới đường cong ROC
VLR	Visitor Location Register	Cơ sở dữ liệu trong mạng truyền thông di động được liên kết với Trung tâm chuyển mạch di động
MSC	Mobile Switching Center	Trung tâm chuyển mạch di động

LAPDm	Link Access Protocol on the Dm Channel	Giao thức truy cập liên kết trên kênh Dm
ISDN	Integrated Services Digital Network	Mạng dịch vụ tích hợp số
ARFCN	Absolute radio-frequency channel number	Số kênh tần số vô tuyến tuyệt đối
TDMA	Time division multiple access	Phân chia thời gian đa truy cập
BCCH	Broadcast Control CHannel	Kênh điều khiển phát sóng
CCCH	Common Control Channel	Kênh điều khiển chung
SDCCH	Stand-alone Dedicated Control Channel	Kênh điều khiển chuyên dụng độc lập
SACCH	Slow Associated Control Channel	Kênh điều khiển liên kết chậm
CLPC	Closed loop power control	Điều khiển công suất vòng kín
RSSI	Received signal strength indication	Cường độ tín hiệu nhận được

## DANH MỤC CÁC BẢNG

STT	Tên bảng	Trang
Bảng 2.1	So sánh giữa FPGA và DSP	28
Bảng 2.2	Yêu cầu về công suất cho các giao diện vô tuyến	30
Bảng 2.3	Yêu cầu về độ nhạy cho các giao diện vô tuyến	31
Bảng 2.4	Các dải tần sử dụng cho các giao diện vô tuyến	32
Bảng 3.1	Chỉ số kỹ thuật của chip FPGA Cyclone IV	45
Bảng 3.2	Điều khiển hoạt động của TX	49
Bảng 3.3	Điều khiển hoạt động của RX	50
Bảng 3.4	Kết quả đo công suất và cường độ tín hiệu từ thiết bị với khoảng cách đo 1m	54
Bảng 3.5	Kết quả đo công suất và cường độ tín hiệu từ thiết bị với khoảng cách đo 2m	55
Bảng 3.6	Kết quả đo công suất và cường độ tín hiệu từ thiết bị với khoảng cách đo 5m	56
Bảng 3.7	Kết quả đo công suất và cường độ tín hiệu từ thiết bị với khoảng cách đo 10m	57
Bảng 3.8	Mối liên hệ giữa cường độ tín hiệu thu và mức tín hiệu thu	60



## DANH MỤC CÁC HÌNH

STT	Tên hình	Trang
Hình 1.1	Sơ đồ các tầng của SDR - giai đoạn 1	5
Hình 1.2	SDR - giai đoạn 2	6
Hình 1.3	SDR - giai đoạn 3	7
Hình 1.4	SDR - giai đoạn 4	7
Hình 1.5	Sơ đồ khối SDR	10
Hình 1.6	Sơ đồ AI - SDR	10
Hình 1.7	Sơ đồ khối chức năng của SpeakeASY	14
Hình 1.8	SDR ứng dụng trong quân sự	15
Hình 1.9	Ứng dụng SDR trong thông tin vô tuyến dân sự	16
Hình 2.1	Máy thu siêu ngoại sai nguyên thủy	18
Hình 2.2	Sơ đồ cấu trúc của các thiết bị vô tuyến	19
Hình 2.3	SDR lấy mẫu trung tần	19
Hình 2.4	SDR chuyển đổi trực tiếp	21
Hình 2.5	Sự chọn lọc tín hiệu mong muốn bởi bộ lọc số trong bộ lọc tương tự	21
Hình 2.6	Mô hình cấu trúc chung của SDR	22
Hình 2.7	Sơ đồ cấu trúc chính tắc của SDR	22
Hình 2.8	Sự ánh xạ các đối tượng chức năng tới các đối tượng vật lý	25
Hình 2.9	Quan hệ giữa tần số lấy mẫu và số các bit phân giải	26
Hình 2.10	Các chức năng xử lý số cho SDR lấy mẫu trung tần	27
Hình 3.1	Các thiết bị tương/hỗ cho hệ thống viễn thông quân sự	34
Hình 3.2	Mạch SDR sử dụng cho thiết bị viễn thông quân sự	34
Hình 3.3	Mô hình chi tiết thiết bị	35
Hình 3.4	Hệ thống truyền tin nhắn trong Yate	37
Hình 3.5	Cấu trúc trạm gốc	38

Hình 3.6	Cấu trúc mạng trong PC	39
Hình 3.7	Cấu trúc chung của chip thu phát LMS6002D	47
Hình 3.8	Cấu trúc của phần phát chip LMS6002D	49
Hình 3.9	Cấu trúc của phần thu chip LMS6002D	50
Hình 3.10	Giao diện cấu hình	51
Hình 3.11	Thử nghiệm kết nối điện thoại với thiết bị	52
Hình 3.12	Sử dụng thiết bị di động để đo công suất và cường độ tín hiệu của thiết bị	52
Hình 3.13	Đo công suất và cường độ tín hiệu của thiết bị	53
Hình 3.14	Hình ảnh các điện thoại trong mạng kết nối với nhau	58

## MỞ ĐẦU

Hệ thống viễn thông ngày nay đang phát triển với tốc độ rất nhanh, đầy đủ và kịp thời để bắt kịp theo xu hướng trong việc phục vụ con người trong thời đại mới. Để đáp ứng yêu cầu đó, hệ thống viễn thông phải phát triển theo xu hướng tốc độ cao, đảm bảo đa dịch vụ, đa phương tiện trong hệ thống viễn thông chung trên toàn cầu.

Với nhu cầu ngày càng tăng về phổ tần vô tuyến, những công nghệ mới đang dần nổi lên, tuy nhiên, trên thế giới đang tồn tại các chuẩn giao diện vô tuyến khác nhau, với các đặc điểm và yêu cầu dải tần, chế độ công tác,... cũng khác nhau. Điều này gây khó khăn cho việc toàn cầu hóa, đặc biệt đối với mỗi quốc gia và nhà sản xuất, việc quản lý giám sát thiết bị rất phức tạp. Vấn đề đặt ra đó là cần có một thiết bị vô tuyến có khả năng hoạt động với các chuẩn khác nhau và có đặc điểm đa dải, đa chế độ, có khả năng định lại cấu hình,...

Một trong các công nghệ có khả năng giúp cho mục tiêu này được thực hiện là công nghệ vô tuyến định nghĩa bằng phần mềm, nghĩa là một thiết bị vô tuyến thông minh có cấu trúc xác định bằng phần mềm được đưa vào trực tiếp hoặc thông qua đường vô tuyến (SDR - Software Defined Radio).

SDR là nền tảng rất tốt cho ngành công nghiệp vô tuyến, nó đem lại động lực và khởi đầu cho việc thương mại hóa và bảo vệ sản phẩm. Công nghệ này đưa ra tiềm năng để cách mạng hóa cách thức để thiết kế, sản xuất, phát triển và sử dụng hệ thống vô tuyến. SDR hứa hẹn nâng cao độ linh hoạt, kéo dài tuổi thọ phần cứng, giảm giá thành và giảm thời gian thương mại hoá sản phẩm. SDR bắt đầu được nghiên cứu vào đầu thập niên 80 phục vụ cho mục đích quân sự, Sau đó SDR được phát triển cho các ứng dụng dân sự. SDR sử dụng các cơ chế điều khiển thông minh là một phương pháp có giá trị nhằm đạt được hiệu quả sử dụng phổ tần tốt hơn, quản lý phổ tần động và sử dụng phổ tần linh hoạt.

Sự ra đời của công nghệ SDR đã đáp ứng nhiều yêu cầu để xử lý các vấn đề hiện nay. Các thiết bị này còn rất mới mẻ đối với chúng ta, khả năng ứng dụng của các thiết bị vô tuyến thông minh này rất lớn, trong mọi lĩnh vực và đặc biệt đối với

hoạt động quân sự nhằm đáp ứng yêu cầu thông tin: “kịp thời - chính xác - bí mật - an toàn”. Do đó luận văn này sẽ tập trung đi vào nghiên cứu ứng dụng của SDR vào phát triển thiết bị viễn thông quân sự.

Để khai thác, thiết kế, sử dụng có hiệu quả các thiết bị này chúng ta cần có các kiến thức tổng quan, cơ bản về “**Software Defined Radio - SDR**”.

Chính vì vậy, tôi đã chọn luận văn: “**Ứng dụng công nghệ SDR vào phát triển thiết bị viễn thông trong quân sự**” cho luận văn tốt nghiệp của mình.

Mục tiêu của luận văn là nhằm giới thiệu tổng quan về thiết bị vô tuyến thông minh - Thiết bị vô tuyến có cấu trúc xác định bằng phần mềm (SDR), phân tích cấu trúc của SDR, từ đó đưa ra các ứng dụng phổ biến của các thiết bị vô tuyến này.

Nội dung chính của luận văn gồm 3 chương:

### **Chương 1: Tổng quan về SDR.**

Trong chương này nêu các vấn đề tổng quan của các thiết bị vô tuyến có cấu trúc xác định bằng phần mềm như khái niệm về SDR, đặc điểm của SDR. Giới thiệu một số ứng dụng và nghiên cứu của SDR hiện nay.

### **Chương 2: Phân tích cấu trúc của SDR.**

So sánh cấu trúc của SDR với một số thiết bị vô tuyến hiện hành, giới thiệu về các cấu trúc khác nhau, phân tích, từ đó đưa ra cấu trúc chung của SDR để phù hợp với mục đích nghiên cứu.

### **Chương 3: Đề xuất và thử nghiệm thiết bị viễn thông quân sự ứng dụng công nghệ SDR.**

Đề xuất mô hình thiết bị viễn thông quân sự ứng dụng SDR dựa trên Yate (Yet Another Telephony Engine - phần mềm thực hiện mạng truy nhập vô tuyến GSM/GPRS), thử nghiệm trên mô hình đã có và phân tích kết quả đo đạc từ thiết bị.

Từ ba chương trên, luận văn sẽ giới thiệu một cách tổng quan về SDR cùng các cấu trúc và ứng dụng của SDR. Tuy nhiên, do khả năng và thời gian có hạn nên luận văn không tránh khỏi thiếu sót. Rất mong nhận được sự chỉ bảo tận tình, góp ý của các thầy giáo cùng các đồng chí quan tâm để luận văn hoàn thiện hơn. Tôi xin chân thành cảm ơn!

## Chương 1 - TỔNG QUAN VỀ SDR

### 1.1 Khái niệm cơ bản về hệ thống SDR

#### 1.1.1 Quá trình nghiên cứu

Khái niệm hệ thống vô tuyến cấu hình mềm SDR được đưa ra năm 1991, tuy nhiên nội dung nghiên cứu về loại thiết bị vô tuyến này đã được bắt đầu ngay từ thập kỷ 70 của thế kỷ 20. Tên ban đầu là “Software Radio”, còn có tên gọi khác như “Re-programmable radios” hoặc “Re-configurable radios” là thiết bị vô tuyến có thể tái cấu hình hay tái lập trình. Tên gọi thay đổi theo thời gian và tùy theo ứng dụng.

Sự phát triển của các thiết bị bán dẫn sau những năm 1991 đã cho phép chế tạo thiết bị vô tuyến sử dụng công nghệ số. Mặc dù công nghệ đã phát triển, song vẫn còn nhiều quan tâm nghiên cứu về SDR. Một số nghiên cứu đặc biệt về SDR đã được xuất bản vào năm 2000 [1], đề cập đến cách tích hợp tần số vô tuyến và một số chức năng của thiết bị khác vào SDR. Đây là phương pháp tiếp cận mới hướng đến kỹ thuật hệ thống không dây, tạo cơ sở xây dựng những hệ thống vô tuyến trong tương lai. Một số nghiên cứu khác đề cập đến chức năng của SDR để giải quyết các vấn đề liên quan, cũng như ứng dụng cho toàn bộ các công nghệ liên quan đến thiết kế tần số vô tuyến, xử lý tín hiệu và phần mềm [2]. Những nghiên cứu này cung cấp nền tảng vững chắc, kiến thức về hệ thống không dây thế hệ mới, mới mà thiết kế vô tuyến trong tương lai sẽ đảm nhận tính linh hoạt động như đã cho.

Ứng dụng của SDR còn được áp dụng cho lĩnh vực thương mại trong việc cung cấp các dịch vụ để giảm bớt nhu cầu tiêu chuẩn hóa và cải thiện các chính sách quản lý [3]. Nghiên cứu đã thúc đẩy các đơn vị cung cấp dịch vụ viễn thông truyền thống cạnh tranh với các nhà cung cấp sử dụng dịch vụ có nền tảng SDR mới; nó tác động lớn đến ngành công nghiệp di động, làm giảm chi phí triển khai và chi phí vận hành. Nguyên nhân chủ yếu do thiết bị vô tuyến truyền thống có cấu hình cứng, hệ thống chỉ gồm 1 số ít các phần mềm điều khiển, tạo ra cho các chức năng xác định, công tác ở một số chế độ cụ thể, các tiêu chuẩn giới hạn, trong các điều kiện cụ thể nào đó. Thời gian sử dụng thiết bị ngắn hơn do các linh kiện sử dụng lão hóa, nhu cầu sử dụng luôn thay đổi nhanh chóng mà phần cứng chưa thể thay đổi kịp

theo. Nhưng với phần mềm thì có thể nâng cấp, thay thế dễ dàng do đó kéo dài tuổi thọ, thời gian sử dụng của thiết bị. Hiện nay các thiết bị thông tin SDR đang được nghiên cứu thay thế để khắc phục các nhược điểm này. Yếu tố này sẽ làm thúc đẩy sửa đổi mô hình kinh doanh viễn thông của các doanh nghiệp.

Cho đến nay, SDR đã phát triển thế hệ các thiết bị vô tuyến ứng dụng công nghệ thực hiện các kỹ thuật mới trong thông tin liên lạc, đảm bảo đa băng, đa chế độ với khả năng hoạt động được thiết lập qua lập trình với cấu trúc mở của hệ thống. Bản chất thiết bị thông tin ứng dụng công nghệ SDR có các tính năng tùy biến thông qua phần mềm và hoạt động trên nền tảng của phần cứng đã được thiết kế tối ưu. So với các thiết bị thông tin thông thường, thiết bị SDR có ưu điểm là dễ thích ứng với nhiều tiêu chuẩn khác nhau, có dải tần công tác rộng, cung cấp nhiều chế độ làm việc và đặc biệt là linh hoạt trong quá trình sử dụng như đã đề cập.

Một số nghiên cứu về nền tảng SOPRANO dựa trên SDR [4] trình bày phương pháp thiết kế cấp cao cho các mạch kỹ thuật số, cách chuyển đổi trực tiếp dựa trên công nghệ sáu cổng và thuật toán xử lý tín hiệu số mới cho hoạt động đa băng tần và đa chế độ hay những đánh giá về công nghệ SDR [5] bao gồm các sơ đồ phần cứng và các lĩnh vực ứng dụng về một thiết bị hiệu suất thấp được trình bày và một số thử nghiệm được thực hiện bằng phần mềm. Những nghiên cứu trên đã đóng góp cho các giải pháp giảm chi phí để thể giải quyết các vấn đề phát triển hệ thống viễn thông ngày nay.

Ngoài ra, công nghệ về SDR ngày nay được dùng rất nhiều trong nghiên cứu, ứng dụng viễn thông thương mại hoặc có thể sử dụng trong các phương pháp điều chế và đo lường tín hiệu. Trong lĩnh vực quân sự, SDR được ứng dụng để đảm bảo tính “nhANH chóng – bí mật – kịp thời” trong hiệp đồng tác chiến các quân binh chủng. Tại Việt Nam hiện nay chưa có nhiều nghiên cứu được công khai về việc sử dụng SDR trong các lĩnh vực nói trên.

Về bản chất thiết bị thông tin ứng dụng công nghệ SDR có các tính năng tùy biến thông qua phần mềm và hoạt động trên nền tảng của phần cứng đã được thiết kế tối ưu. So với các thiết bị thông tin thông thường, thiết bị vô tuyến điện định nghĩa bằng phần mềm có ưu điểm là dễ thích ứng với nhiều tiêu chuẩn khác nhau,

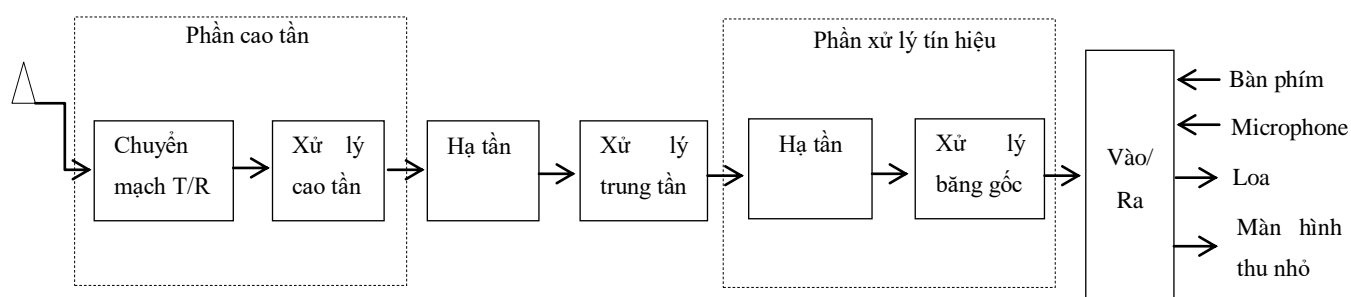
có dải tần công tác rộng, cung cấp nhiều chế độ làm việc và đặc biệt là linh hoạt trong quá trình sử dụng.

Thiết bị vô tuyến truyền thống chủ yếu hoạt động bởi cấu hình cứng kèm số ít các phần mềm điều khiển để tạo ra cho các chức năng xác định, chúng chỉ có thể thể công tác ở một số chế độ cụ thể, các tiêu chuẩn giới hạn, trong các điều kiện nhất định. Thời gian sử dụng thiết bị ngắn hơn do nhu cầu sử dụng thay đổi nhanh chóng mà phần cứng chưa thể đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật. Nhưng nếu ta có thể tích hợp các chức năng bằng phần mềm thì ta có thể nâng cấp, thay thế dễ dàng do đó kéo dài tuổi thọ, thời gian sử dụng của thiết bị. Hiện nay các thiết bị thông tin SDR đang được nghiên cứu thay thế để khắc phục các nhược điểm này.

### ***1.1.2 Khái niệm về thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm SDR***

Thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm (SDR) là thiết bị trong đó việc số hóa tín hiệu thu được thực hiện tại một tầng nào đó xuôi dòng từ anten, tiêu biểu là sau khi lọc dải rộng, khuếch đại tạp âm nhỏ và hạ tần xuống tần số thấp hơn trong các tầng tiếp theo, quá trình số hóa tín hiệu phát diễn ra ngược lại. Việc xử lý tín hiệu số trong các khối chức năng có khả năng định lại cấu hình và mềm dẻo, xác định các đặc điểm của thiết bị vô tuyến.

Khi công nghệ phát triển, SDR có thể tiến tới thiết bị vô tuyến thông minh, trong đó việc số hóa được thực hiện tại (hoặc rất gần) anten và tất cả quá trình xử lý yêu cầu cho thiết bị vô tuyến được thực hiện bởi phần mềm cài trong các thành phần xử lý tín hiệu số tốc độ cao. Như được minh họa trong hình 1.1: sơ đồ của SDR giai đoạn đầu và hệ thống truyền thông cá nhân – PCS [7].

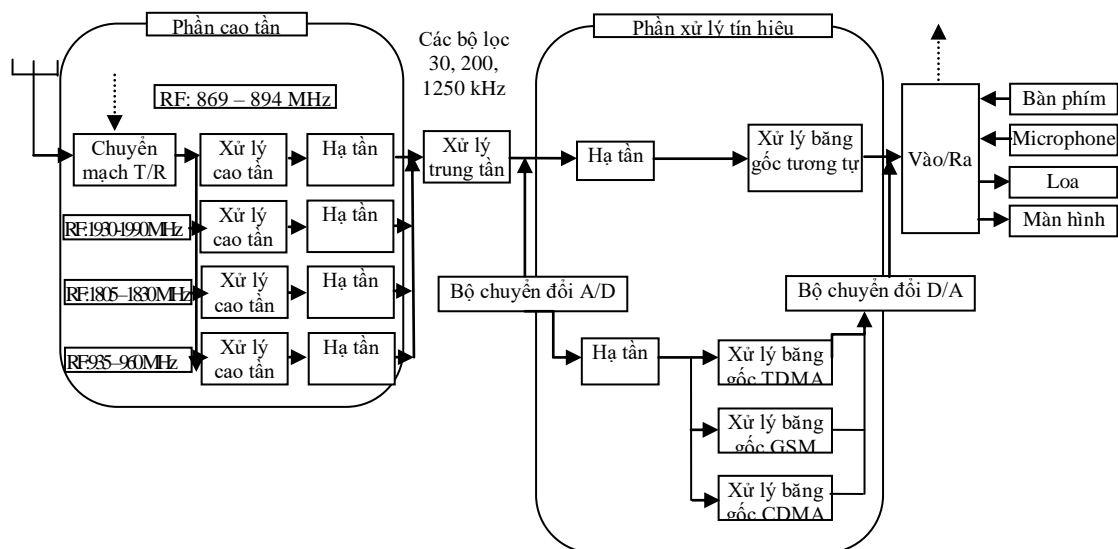


**Hình 1.1: Sơ đồ cấu trúc SDR giai đoạn 1**

Khi xem xét kỹ cấu trúc này, chúng ta thấy được sự khác biệt rõ giữa SDR và SR (SoftWare Radio), đó là giai đoạn chuyển đổi cơ bản về cấu trúc của SDR tới SR. Sự thay đổi này là những tiến bộ trong công nghệ lõi được cân bằng với toàn bộ phạm vi tiêu chuẩn thiết kế và các yêu cầu đối với sản phẩm vô tuyến. Công nghệ lõi trong trường hợp này bao gồm tối thiểu là các khả năng chuyển đổi tương tự - số - tương tự, các tiến bộ xử lý tín hiệu số, các thuật toán, các tiến bộ về bộ nhớ, bao hàm cả thuộc tính tương tự của các khối xây dựng cơ bản yêu cầu cho việc số hóa và xử lý các tín hiệu vô tuyến trong không gian số và bất kỳ sự chuyển đổi tần số cần thiết của môi trường tương tự. Tiêu chuẩn thiết kế và yêu cầu bao gồm các yếu tố về giá thành, độ phức tạp, chất lượng và hình dạng, kích thước, trọng lượng, mức tiêu thụ công suất...vv.

Trong thiết bị đầu cuối không dây thương mại cụ thể như là các dịch vụ truyền thông cá nhân (PCS) cần kết hợp nhiều loại giao diện công nghệ vô tuyến và các dải tần số trong thiết bị đầu cuối. Theo phương pháp thực hiện truyền thống, mỗi giao diện vô tuyến duy nhất kết hợp băng tần sẽ được xây dựng xung quanh một tập hợp các mạch ứng dụng cụ thể chuyên dụng hoặc các mạch tích hợp chức năng. Về cơ bản, các khả năng đó được mã hóa cứng và cố định tại thời điểm thiết kế hoặc sản xuất. Để tăng số dải hoặc phương thức được hỗ trợ thì các khối chức năng bổ sung được gắn thêm vào bên trong thiết bị đầu cuối.

Ứng dụng của thiết bị vô tuyến trong SDR được chỉ ra trong hình 1.2.

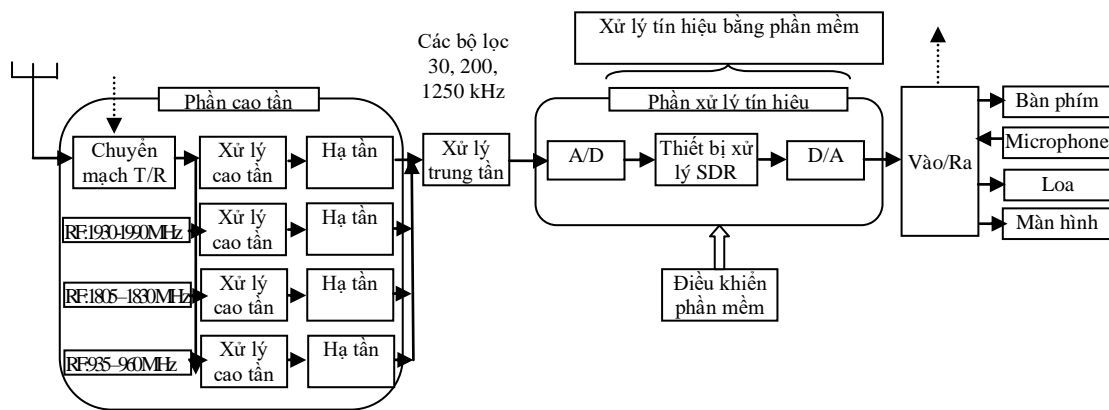


**Hình 1.2: SDR - giai đoạn 2 [6]**

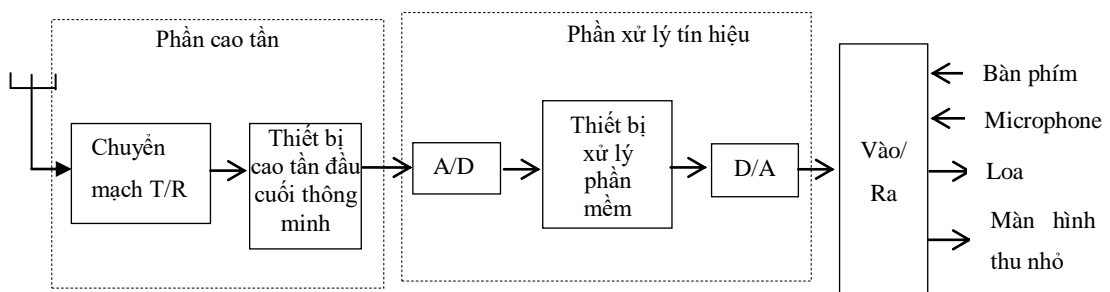


Những ưu điểm chính là sự thay thế công nghệ trong. Các cấu trúc tiếp theo dựa trên cơ sở này và đem lại khả năng mềm dẻo nhiều hơn: từ đơn giản là việc cập nhật chức năng vô tuyến, tới mức cao là tải xuống các giao diện vô tuyến mới qua đường vô tuyến. Việc phân chia các khả năng xử lý theo các chức năng vô tuyến và các ứng dụng rộng khắp của của phương tiện vô tuyến là đòn bẩy rất hiệu quả, làm tăng khả năng vô tuyến của SDR, đó là khả năng điều khiển dễ dàng, vượt ra khỏi các hạn chế vốn có trong các ứng dụng cụ thể và các khối chức năng cố định sẵn có trong các thiết bị hiện thời.

Hình 1.3, 1.4 minh họa cho sự phát triển của SDR trong tương lai.



Hình 1.3: SDR - giai đoạn 3 [6]



Hình 1.4: SDR - giai đoạn 4 [6]

## 1.2 Đặc điểm của thiết bị SDR

### 1.2.1 Thiết bị vô tuyến thông minh và thích nghi

Thiết bị vô tuyến thông minh là thiết bị có khả năng thích nghi với môi trường hoạt động, vì thế làm tăng chất lượng và hiệu quả phổ. Khái niệm cơ bản

làm nền tảng cho công nghệ này chính là khả năng thích nghi với môi trường của thiết bị một cách tự động (không có sự can thiệp của con người) nhằm tăng chất lượng và hiệu quả. Thiết bị này yêu cầu sử dụng thông minh nhân tạo và máy tính hiện đại để xử lý các thuật toán thích nghi theo thời gian thực và dữ liệu thời gian thực từ các nguồn khác nhau bao gồm hạ tầng cơ sở mạng di động, các dải tần số vô tuyến (Radio Frequency - RF) sẵn có, các giao thức giao diện vô tuyến và các nhu cầu của người dùng, các ứng dụng, các yêu cầu hiệu suất (phụ thuộc vào người dùng cũng như phụ thuộc vào ứng dụng), môi trường truyền sóng và khả năng của SDR.

Thiết bị vô tuyến thông minh có thể thích nghi theo thời gian thực với môi trường truyền dẫn bằng cách dùng dạng sóng mạnh hơn được phát triển động khi môi trường truyền sóng xấu đi một cách nhanh chóng. Mặc dù, điều này dường như khá dễ để thực hiện trong thực tế song nó rất phức tạp bởi vì cần có sự tương tác giữa hạ tầng cơ sở mạng di động và nhu cầu thiết bị vô tuyến để xử lý tất cả các yếu tố nêu trên.

#### ***Khả năng định lại cấu hình.***

Chức năng của SDR có thể tồn tại đồng thời các module đa phần mềm được thực hiện trên các chuẩn khác nhau trên cùng một hệ thống với cấu hình động - bằng cách lựa chọn module phần mềm thích hợp để chạy. Cấu hình động này được kết hợp trong các máy di động cũng như các thiết bị hạ tầng cơ sở. Cơ sở mạng không dây có thể tự mình định lại cấu hình của chính nó cho phù hợp với các loại máy di động của các thuê bao hoặc các máy di động của các thuê bao có thể tự nó định lại cấu hình với các loại mạng tương ứng. Công nghệ này làm đơn giản hóa hoạt động của các thiết bị cơ sở và thiết bị đầu cuối đa dịch vụ, đa mode, đa dải và đa chuẩn,...vv.

#### ***Khả năng kết nối đồng thời ở khắp nơi.***

SDR có thể thực hiện các chuẩn giao diện vô tuyến bởi các module phần mềm và các module thực hiện các chuẩn khác nhau có thể cùng tồn tại trên các thiết bị cơ sở và các máy di động. Điều này đảm bảo độ tin cậy cho tiện ích lưu động toàn cầu của các thiết bị. Nếu các thiết bị đầu cuối không phù hợp với công nghệ

mạng trong một miền cụ thể, khi đó một module phần mềm tương thích cần được cài đặt trên máy di động đó (có thể qua đường vô tuyến), kết quả là mặc dù mạng không ghép nối song vẫn truy cập qua các vùng địa lý khác nhau. Ngoài ra, nếu các máy di động của thuê bao là các máy thế hệ cũ thì các thiết bị cơ sở có thể dùng module phần mềm hoạt động với chuẩn cũ để kết nối với máy di động đó.

### ***Khả năng điều hành kết hợp.***

Các thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm - SDR đơn giản hóa hoạt động của các hệ thống vô tuyến có cấu trúc mở. Những người dùng ở đầu cuối có thể nâng cấp các ứng dụng mới cho các máy di động của họ mà không cần ghép nối, như trong một hệ thống máy tính cá nhân. Điều này càng nâng cao sức hấp dẫn và các tiện ích của các máy di động.

Ngoài ra, SDR còn có các đặc điểm sau :

- Tầm liên lạc được mở rộng hơn so với thiết bị vô tuyến truyền thống;
- Cơ sở hạ tầng có thể được chia sẻ và dùng chung;
- Khả năng tận dụng phổ tốt hơn;
- Có thể ứng dụng AI trong tương lai;
- Tận dụng được chi phí thấp hơn (đầu tư vốn);
- Tận dụng được các nguồn lợi mới.

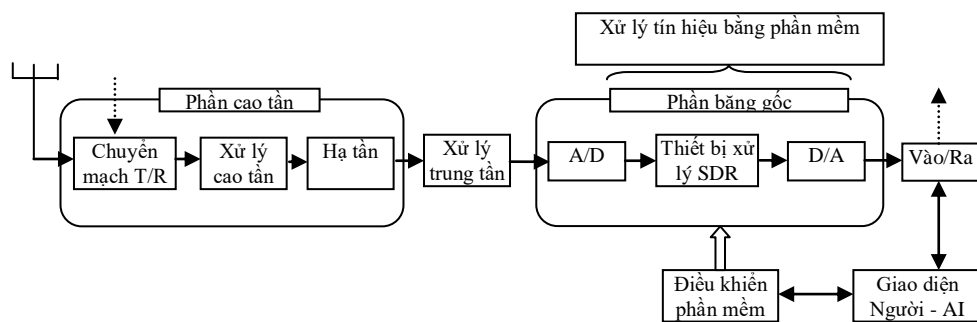
### ***1.2.2 Thiết bị vô tuyến đa dải, đa chế độ***

Thiết bị vô tuyến số là thiết bị trong đó tín hiệu được số hóa tại điểm nào đó giữa anten và các thiết bị đầu vào/đầu ra. Thiết bị vô tuyến số không nhất thiết có nghĩa là SDR, song SDR là thiết bị vô tuyến số. Một thiết bị vô tuyến có thể là số nhưng nếu quá trình xử lý tín hiệu xảy ra sau bộ chuyển đổi A/D được thực hiện bởi mục đích đặc biệt, dùng các vi mạch chuyên dụng (ASICs) thì nó không phải là một thiết bị có cấu trúc mềm (SDR).

Đa dải là khả năng của máy di động hoặc các trạm gốc để hoạt động trong nhiều dải tần số của phổ. Đa chế độ liên quan tới khả năng của máy di động hoặc trạm gốc để thực hiện đa chế độ (đa chuẩn giao diện vô tuyến, nhiều kỹ thuật điều chế, hoặc nhiều phương pháp đa truy cập). Khả năng đa dải/đa chế độ có thể được thực hiện bằng các kỹ thuật đa dạng của phần cứng và phần mềm, kể cả SDR.

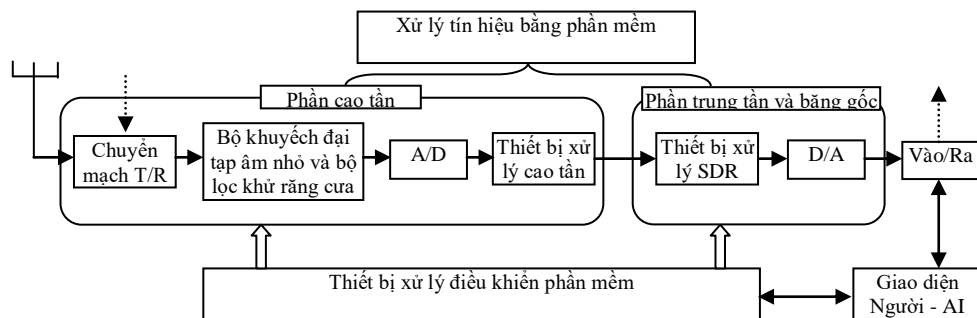
### 1.2.3 Thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm

Như hình sơ đồ (hình 1.5), ta có thể thấy bộ chuyển đổi A/D được đặt sau tầng trung gian. Quá trình xử lý băng gốc được điều khiển bằng phần mềm và giao diện người/máy cho phép người sử dụng có thể nhập vào một vài hướng dẫn thực hành. Cấu trúc này chính là thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm (SDR) giai đoạn 1, vì chỉ một phần chứ không phải toàn bộ quá trình xử lý tín hiệu được thực hiện bằng phần mềm. Tuy nhiên việc xử lý tín hiệu băng gốc số có thể thực hiện trong ASIC, khi đó thiết bị sẽ là vô tuyến số chứ không phải là SDR.



**Hình 1.5: Sơ đồ khối SDR [16]**

Cùng với sự phát triển của công nghệ, các thiết bị SDR được nâng cấp và cải tiến hơn, đó là SDR thông minh và thích nghi (AI - SDR) như đã trình bày ở phần 1.1.2.



**Hình 1.6: Sơ đồ AI - SDR [14]**

Khi đó, bộ chuyển đổi A/D đưa lên gần Anten hơn với hai khái niệm :

- Khái niệm thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm, thực hiện số hóa gần Anten.
- Khái niệm thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm thông minh và thích nghi.

Theo hình 1.6, bộ chuyển đổi nằm ngay sau bộ khuếch đại tạp âm nhỏ và bộ lọc khử răng cưa, nghĩa là số hóa ở cao tần. Quá trình xử lý trung gian và cao tần

khác được thực hiện bởi phương tiện đầu vào cao tần dải rộng. Trường hợp (không được đưa ra) sẽ là thể hệ giữa các cấu trúc được trình bày trong hình 1.5 - 1.6, trong đó có sự chuyển đổi tần số trực tiếp từ cao tần xuống băng gốc, do đó loại bỏ quá trình xử lý trung gian tương tự. Vì vậy, chúng ta có thể mong đợi và dự đoán được tương lai sẽ cần có bộ khuếch đại tạp âm nhỏ tương tự ở đầu vào cao tần của máy thu và bộ khuếch đại công suất ra tương tự ở phần cao tần của máy phát. Song bộ chuyển đổi A/D trong SDR lý tưởng đặt ngay gần anten là không thể được trong thực tế, nhưng tất nhiên đó là mục tiêu cuối cùng của các chuyên viên thiết kế công nghệ.

Hình 1.6 cũng minh họa khái niệm AI-SR, trong đó thiết bị vô tuyến có khả năng thích nghi với môi trường hoạt động. Động cơ xử lý sau phần cao tần chịu sự điều khiển của động cơ xử lý điều khiển phần mềm có công suất lớn. Phần xử lý điều khiển phần mềm này cung cấp các dữ liệu nhân tạo và các thuật toán xử lý nhằm tạo cho SDR có khả năng thích nghi cao. Trên thị trường vô tuyến thương mại, đây là loại xử lý cần kết hợp với việc phân bố phổ thích nghi, phổ gián đoạn và phổ theo yêu cầu hoặc quản lý phổ thích nghi. Trong khi khả năng này là mục tiêu mong đợi cao như đã trình bày ở trên, kế hoạch nghiên cứu bên trong các bộ phận cần đặt ra khả năng này. Chú ý các yêu cầu đầu vào lớn, bao gồm thông tin từ cơ sở mạng di động và nguồn khác bên ngoài hệ thống không dây.

#### ***1.2.4 Công nghệ mới yêu cầu cho SDR***

Hiện các thiết bị SDR thể hệ 1 trong các trạm gốc đang có những hạn chế. Các trạm gốc này cho phép lựa chọn hoặc AMPS (chuẩn điện thoại di động 1G của Mỹ) hoặc TDMA hoặc một phương thức khác trên một kênh cơ bản qua phần mềm. Các thiết bị SDR ngày nay là thể hệ thứ ba cho các trạm gốc, nó cho phép chọn lựa qua phần mềm của những công nghệ thể hệ 2G và 3G. Công nghệ thiết kế hiện thời trong các bộ xử lý tín hiệu số (DSPs) cùng với các vi mạch chuyên dụng trước đó có thể phải cần các yêu cầu mềm dẻo trong phạm vi trạm gốc. Tuy nhiên, với bất kỳ hoạt động nào, các trạm gốc có thể thu được những lợi ích từ việc tăng khả năng truy nhập và nâng cao chất lượng của thiết bị SDR. Song vấn đề nan giải là đối với thiết bị đầu cuối hoặc các máy di động, các thiết bị trong đó các chức năng yêu cầu

tùy thuộc vào khách hàng, yêu cầu tiêu thụ công suất, yêu cầu kinh tế (giá thành thấp) và yêu cầu về kích thước kết hợp với yêu cầu công nghệ mới. Cách tiếp cận dùng công nghệ mới có thể đạt được theo sự phát triển của các máy SDR di động trong một vài năm tới thậm chí yêu cầu hơn thập kỷ nếu công nghệ truyền thống phải dựa vào luật của Moore để đưa ra yêu cầu khả năng thực hiện mềm dẻo cùng một lúc hàng tỉ phép toán trong một giây. Phạm vi các công nghệ có thể ứng dụng được cần đạt giá trị này. Chú ý rằng, mục đích và các yêu cầu chính giữa các trạm gốc, máy đầu cuối có thể sai lệch đôi chút, luôn có sự chòng chéo đáng kể giữa những phát triển công nghệ cốt lõi của hai ứng dụng này. Những công nghệ phát triển khác đang thực hiện, có thể tạo ra sự phức tạp cho toàn bộ thiết bị vô tuyến. Một công nghệ ứng dụng hứa hẹn, không phải sự kết hợp giữa truyền thống với không dây, đó là các hệ thống cơ - điện (MEMS), đang được nghiên cứu.

### **1.3 Ứng dụng**

Việc thiết kế các hệ thống SDR đã mở ra một khía cạnh mới trong lĩnh vực thông tin liên lạc. Nó trực tiếp hoặc gián tiếp góp mặt trong nhiều ứng dụng thiết thực của lĩnh vực thông tin, bao gồm các ứng dụng chủ yếu:

#### ***1.3.1 Ứng dụng SDR trong lĩnh vực quân sự***

Ứng dụng SDR không chỉ đem lại hiệu quả khi thiết bị vô tuyến hoạt động trong các điều kiện đặc biệt khắc nghiệt và luôn thay đổi. Trong một môi trường có nhiễu, tạp âm tác động lớn, điều kiện môi trường truyền sóng phức tạp. Đồng thời nó còn mang lại những ứng dụng quan trọng khác trong việc bảo mật thông tin, dễ dàng thay đổi dạng tín hiệu công tác, dạng điều chế, dải tần, tốc độ dữ liệu, dạng mã hoá tiếng nói, kết nối hệ thống định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System) cung cấp các bản đồ chiến trường số, các thông tin trong quá trình chiến đấu... mà không cần phải lắp đặt, thay đổi nhiều về phần cứng. Khi cần thay đổi dạng, loại chế độ công tác chỉ cần thay đổi trong phần mềm. Như vậy tận dụng hiệu quả một khối phần cứng có sẵn. Nếu bị thất lạc thì ngay cả khi đối phương cố gắng thử xâm nhập, lợi dụng cũng rất khó vì cấu hình máy không nằm trên phần cứng mà lại do các phần mềm xác định.

Trong quân sự, các ưu điểm của SDR là: Tính an toàn của thông tin, mã hoá bảo mật, sử dụng linh hoạt, tích hợp nhiều chức năng và chế độ công tác, khả năng kết nối với máy tính và các mạng thông tin liên lạc khác cao theo các tiêu chuẩn quốc tế. SDR còn cho phép tổ chức mạng thông tin lớn cho cả hệ thống, trong đó bao gồm nhiều loại phương tiện thông tin cho các binh chủng khác nhau, cho các dạng thông tin khác nhau (hình 1.7 và 1.8).

Khi các chức năng của thiết bị được thực hiện bằng các thuật toán tương ứng và được lập trình, nạp vào trong thiết bị kích thước của thiết bị nhỏ đi rất nhiều, với các thiết bị cầm tay cũng có đầy đủ chức năng cơ bản. Đơn giản, gọn nhẹ cho người lính nhưng vẫn đảm bảo chức năng liên lạc không chỉ với đồng đội, các đơn vị chiến thuật khác mà còn có khả năng liên lạc với các đơn vị, quân - binh chủng khác khác do có thể hoạt động với băng tần rất rộng, bao gồm nhiều dạng sóng khác nhau. Ví dụ như thiết bị AN/PRC-152 có băng tần hoạt động từ 30 MHz-512 MHz, M3TR có băng tần từ 1.5 MHz-512 MHz. Kết cấu module cho phép khả năng lắp lẫn và tích hợp hệ thống cao, như trong các hệ thống thông tin liên lạc và truyền tin cấp chiến thuật, phục vụ trực tiếp cho các nhiệm vụ thường xuyên và trong các tình huống khẩn cấp, trong các điều kiện tác chiến phức tạp. Do đó cần có thiết kế nhỏ gọn, tính cơ động cao, hoạt động tin cậy, ổn định và tốc độ lớn.

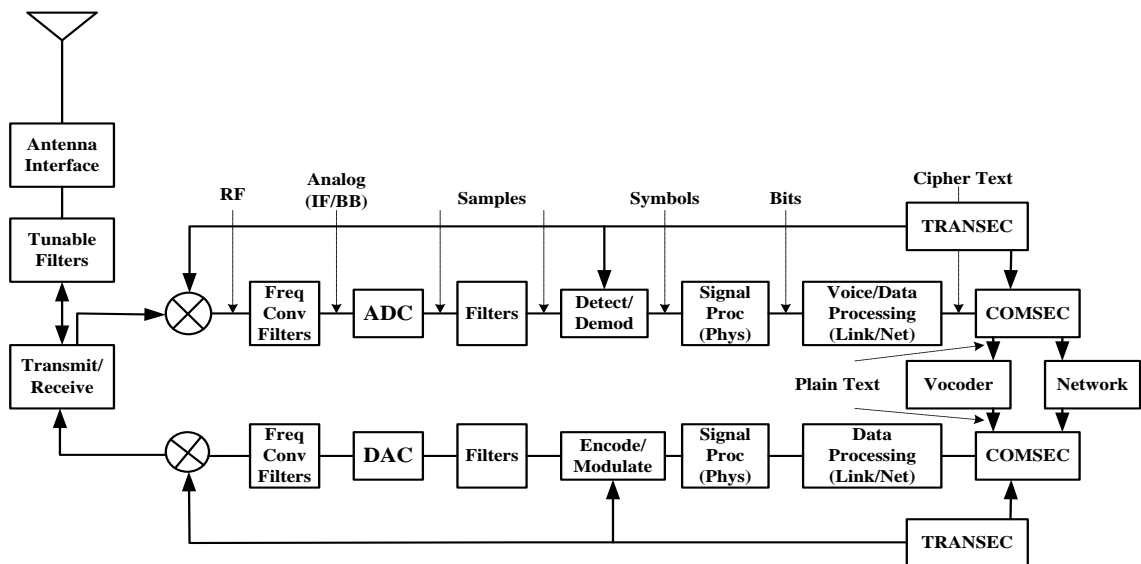
Chương trình nghiên cứu thiết bị vô tuyến thế hệ mới bắt đầu từ cuối những năm 1970 nhằm phát triển các thiết bị đa năng hoạt động ở băng VHF. Đầu tiên là tại Phòng thí nghiệm Điện tử Hàng không của Không quân Mỹ. Chương trình nghiên cứu hợp nhất các lĩnh vực truyền thông, dẫn đường, nhận dạng và điện tử trong hàng không (ICNIA). Kết quả thành công của chương trình này báo cáo vào năm 1992 khi thử nghiệm tốt trong Không quân. ICNIA là thiết bị vô tuyến đầu tiên lập trình được theo nghĩa mềm.

Vào cuối những năm 1980, chương trình nghiên cứu tiếp theo trong sự phát triển hình thành SDR là nghiên cứu nhằm chế tạo bộ vi xử lý tín hiệu chống nhiễu lập trình được ứng dụng trong thông tin liên lạc cấp chiến thuật (TAJPSP). Mục đích của nghiên cứu nhằm phát triển một hệ vi xử lý có khả năng hoạt động với nhiều dạng sóng theo cấu trúc module và đã được sử dụng trong chương trình

SPEAKeasy [9, 16]. SPEAKeasy là một chương trình của Chính phủ Mỹ nhằm phát triển cấu trúc và công nghệ ứng dụng trong các thiết bị quân sự tương lai với hoạt động trong mạng đa phương tiện. Các nghiên cứu có mục đích hợp nhất các thiết bị thông tin liên lạc cấp chiến thuật của quân đội hoàn thành năm 1998.

SPEAKeasy là phiên bản đầu tiên của hệ thống radio chiến thuật chung của quân đội Mỹ (JTRS). Thiết bị vô tuyến này thiết kế có khả năng sử dụng linh hoạt trong các điều kiện khác nhau, ở các quốc gia khác nhau với các tiêu chuẩn đa dạng. Chúng có thể kết nối với các mạng thông tin cơ bản tại quốc gia mà quân đội đang triển khai để tối ưu hoá kết nối. Chương trình đã có kết quả đầu tiên đó là sự ra đời của một hệ thống thiết bị vô tuyến mới chung. Hệ thống JSTR đầu tiên được thiết kế tương thích với 33 chuẩn và ngay sau đó là hơn 40 tiêu chuẩn truyền thông khác nhau.

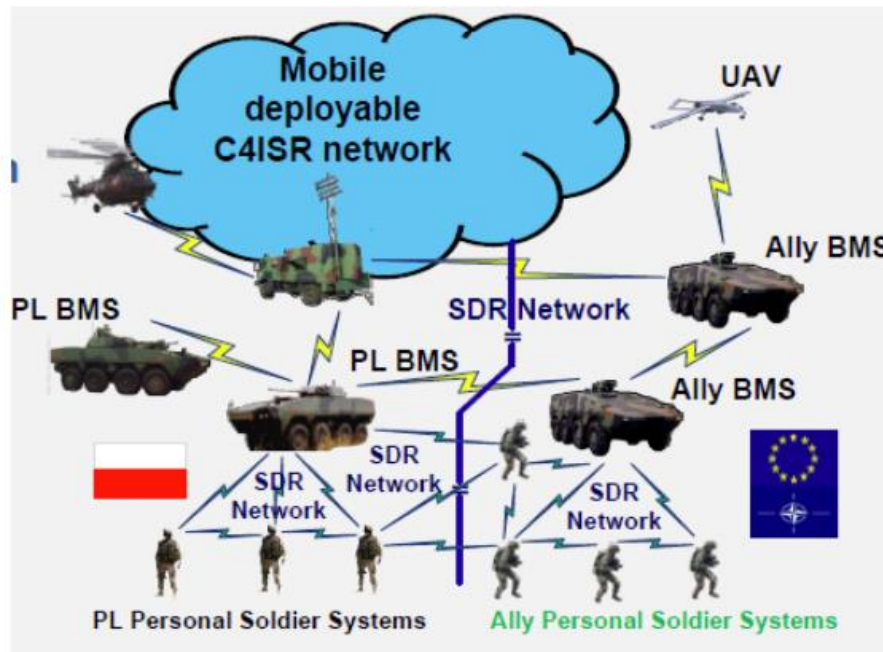
Một mô hình ban đầu của SDR “SpeakEASY” được mô tả như trong hình dưới đây (hình 1.7):



**Hình 1.7: Sơ đồ khối chức năng của SpeakEASY [9, 16]**

SpeakEASY đã sử dụng và trình diễn sự chuyển đổi tần số số và xử lý tín hiệu băng rộng số, chỉ ra rằng các module vô tuyến (các module cho các phần tử tương tự, bộ chuyển đổi A/D và các bộ xử lý tín hiệu số - DSP) có thể tích hợp trên một tuyến cấu trúc mở. Phương pháp cấu trúc mở này làm tăng số lượng chế tạo và giảm giá thành.



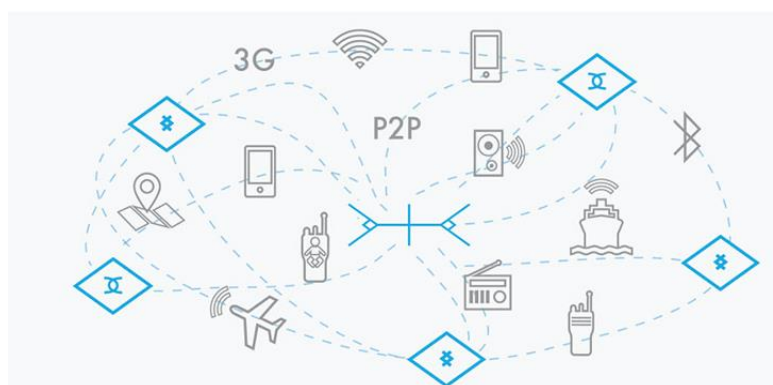


**Hình 1.8: SDR ứng dụng trong quân sự**

### ***1.3.2 Ứng dụng trong thông tin vô tuyến dân sự***

Các hệ thống thông tin di động mặt đất. Do cạnh tranh của các nhà sản xuất thiết bị, các nhà cung cấp dịch vụ di động. Bất cứ một hệ thống hay một dịch vụ nào để được chấp nhận phải thể hiện được ưu điểm trong tính năng của nó phù hợp với một mức giá cả hợp lý. Khi muốn thay thế các hệ thống cũ hoặc muốn nâng cấp thêm các dịch vụ, áp dụng các tiêu chuẩn mới mà thay đổi toàn bộ phần cứng thì sẽ rất tốn kém và lãng phí. Ví dụ như nếu muốn thay thế hệ thống GSM lên 3G ở châu Âu phải tốn hơn 200 tỉ đôla. Nhưng cũng với các thiết bị phần cứng của mạng GSM được tổ chức theo phương án hệ thống có cấu hình mềm thì mức giá đó sẽ thấp hơn rất nhiều với mức giá trên. Đồng thời, SDR còn cho phép đưa vào sử dụng các đường truyền riêng, các kênh truyền thuê riêng an toàn cho các công ty. Việc tích hợp nhiều dịch vụ trên một thiết bị đem lại lợi ích không chỉ cho các nhà sản xuất, kinh doanh mà còn đem lại sự tiện lợi lớn cho người sử dụng. Bằng việc chế tạo ra các thiết bị truyền thông đa phương tiện làm cho người dùng chỉ cần mang một thiết bị mà vẫn có thể dùng nhiều chức năng khác nhau: điện thoại, máy tính bỏ túi cho các ứng dụng số liệu, các yêu cầu tốc độ khác nhau: thư điện tử, trình duyệt web, thư thoại...(hình 1.9).

Việc đưa thêm ứng dụng có công nghệ mới vào khai thác trên dải tần đã sử dụng mang lại hiệu quả sử dụng tần số. Tần số vô tuyến là một tài nguyên mà nhiều nhà cung cấp dịch vụ muốn sử dụng để kinh doanh. Ngoài ra SDR còn cho thấy các ứng dụng quan trọng khác của nó trong thông tin vệ tinh, dẫn đường, hàng hải và lĩnh vực an ninh công cộng, hệ thống cơ sở dữ liệu...



**Hình 1.9: Ứng dụng SDR trong thông tin vô tuyến dân sự**

Thiết bị vô tuyến cấu hình mềm là một kiểu kiến trúc mở cho phép nhiều nhà cung cấp, sản xuất cùng tham gia, giảm bớt thời gian phát triển sản phẩm.

Hầu hết các máy thu và máy phát vô tuyến ngày nay tương tự như các thiết bị được sử dụng trong những thập kỷ trước. Chúng bao gồm các mạch tương tự chuyên dụng như mạch lọc, mạch giải điều chế & điều hưởng/điều chế một dạng sóng cụ thể. Khi công nghệ viễn thông liên tục phát triển từ tương tự sang số, nhiều chức năng của các hệ thống vô tuyến hiện thời được quản lý bằng phần mềm như thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm (SDR). Để tạo ra các hệ thống vô tuyến với độ linh hoạt cao, SDR hiện đang được phát triển cho các ứng dụng phát thanh và truyền hình. SDR cung cấp một hệ thống đa dạng các chương trình của máy thu/phát trên một nền tảng phần cứng riêng biệt.

Các chương trình trên máy thu hỗ trợ thực hiện lọc thông dải, tự động điều khiển hệ số khuếch đại, chuyển đổi tần số, lọc thông thấp và giải điều chế tín hiệu mong muốn, tương tự như vậy ở máy phát. Với số lượng lớn nhất các chức năng điều khiển số, cho phép thiết bị vô tuyến tăng độ linh hoạt của mạch xử lý tín hiệu số.

Ở châu Âu, các chương trình nghiên cứu đầu tiên về thiết bị vô tuyến cấu hình mềm là ACTS, FIRST, FRAMES (Advanced Communications Technology;

Flexible Integrated Radio System and Technology, Future Radio Wideband Multiple Access System) nhằm tập trung hợp nhất các hệ thống thông tin di động tiến tới thế hệ 3G và 4G, mục đích hình thành một mạng thông tin di động toàn cầu. Các nghiên cứu đã mở đường cho những sản phẩm có khả năng hoạt động mạnh, cung cấp nhiều dịch vụ linh hoạt. Các kết quả được ứng dụng phát triển trong các lĩnh vực nghiên cứu cấu trúc máy thu, các bộ xử lý tín hiệu số, các ngôn ngữ lập trình... ứng dụng trong hệ thống mà chức năng được xác định qua việc lập trình.

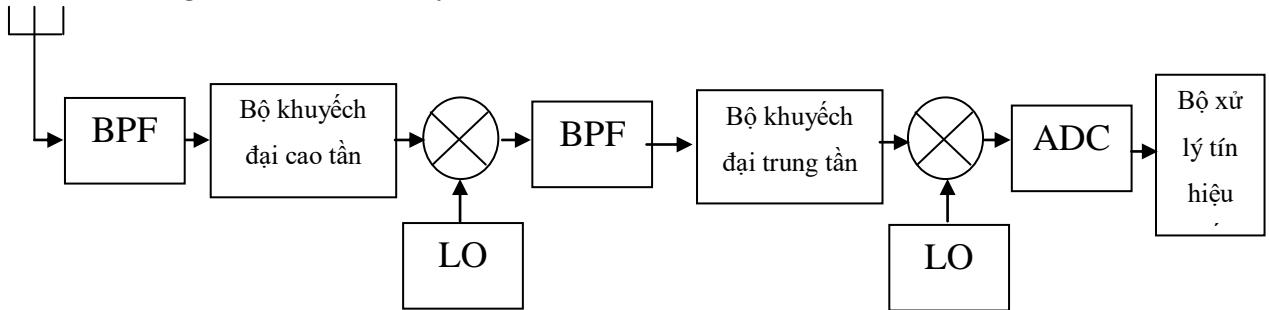
#### **1.4 Kết luận chương 1**

Chương 1 đã giới thiệu tổng quan về thế hệ các thiết bị vô tuyến ứng dụng công nghệ mới nhằm thực hiện các kỹ thuật mới trong thông tin liên lạc – SDR, trong đó có đề cập đến quá trình nghiên cứu và phát triển của SDR để giải quyết các vấn đề như thiết kế tần số vô tuyến, xử lý tín hiệu và sử dụng phần mềm vào điều khiển. Qua những vấn đề được đặt ra, luận văn đã nêu lên khái niệm về thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm SDR cùng với các giai đoạn phát triển của nó để nhấn mạnh lên ưu điểm khi ứng dụng công nghệ này thay thế cho các công nghệ hiện nay. Ưu điểm của thiết bị có sử dụng SDR đều có đặc điểm chung: đây là một công nghệ thông minh, có khả năng thích nghi (tự định lại cấu hình; khả năng kết nối đồng thời; khả năng điều hành kết hợp); đa dải đa chế độ; cấu trúc dụng mềm linh hoạt. Cuối chương 1, luận văn đã nêu ra các ứng dụng trong quân sự và dân sự trong việc thiết kế các hệ thống SDR, nó đã trực tiếp và gián tiếp đóng góp trong nhiều ứng dụng thiết thực của lĩnh vực thông tin. Trong chương 2, trong luận văn sẽ phân tích cấu trúc của SDR để làm rõ về đặc điểm của SDR.

## Chương 2 - PHÂN TÍCH CẤU TRÚC CỦA SDR

### 2.1 So sánh SDR với các thiết bị vô tuyến khác

Ta sử dụng cấu trúc của thiết bị vô tuyến cũ để so sánh với mô hình của hệ thống SDR, đầu tiên ta xét sơ đồ của một máy thu siêu ngoại sai dải hẹp được minh hoạ trong hình 2.1 dưới đây:

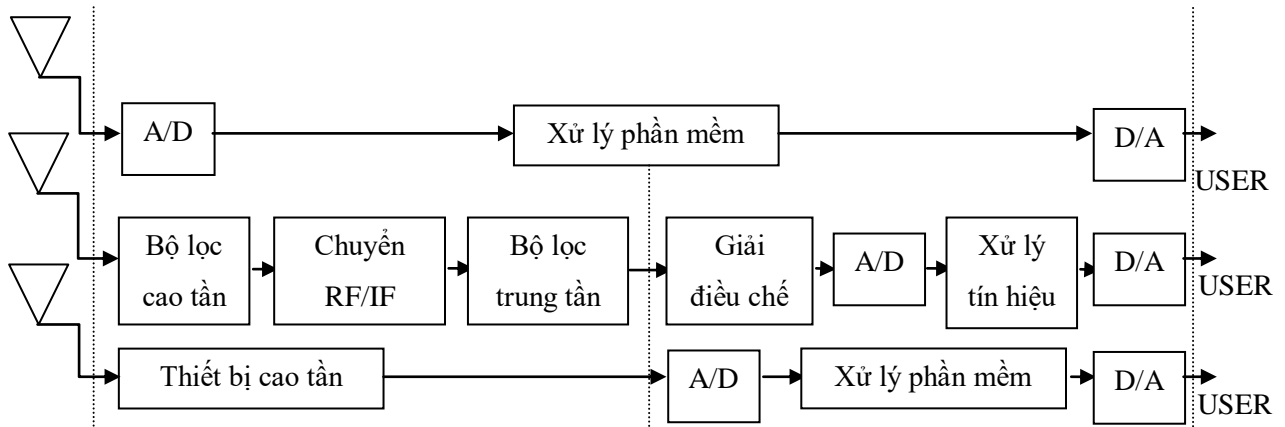


**Hình 2.1: Máy thu đổi tần giai đoạn đầu [8]**

Trong các máy thu giai đoạn trước, các tín hiệu vô tuyến được thu tại anten máy thu và đưa qua một bộ lọc dải. Sự chuyển đổi từ cao tần xuống trung tần được hoàn thiện bằng cách nhân tín hiệu cao tần với một tín hiệu dao động nội trong một bộ trộn. Để tăng độ chọn lọc kênh và chuyển đổi từ trung tần cao xuống tần số trung gian thấp hơn cũng có thể được thực hiện bằng cách tăng các tín hiệu dao động nội và số tầng trộn tần. Sau đó, bộ chuyển đổi tương tự/số (ADC) lấy mẫu tín hiệu đầu ra từ tầng trung gian cuối cùng, tín hiệu số được xử lý bằng mạch xử lý tín hiệu số. Tất cả thành phần từ anten tới bộ ADC đều là các mạch tương tự. Nếu tăng số tầng hạ tần hiện thời thì cần phải tăng số lượng các thành phần tương tự.

Song các thành phần tương tự đều tồn tại các hạn chế vốn có về khả năng xử lý tín hiệu. Đồng thời rất khó tạo ra một máy thu siêu ngoại sai dải rộng bởi vì các bộ lọc tương tự thường là các bộ lọc dải hẹp cố định. Ngoài ra, các thành phần tương tự phụ thuộc vào sự thay đổi nhiệt độ và các hiệu ứng già hoá, cũng có các vấn đề về độ bền sản xuất, có thể yêu cầu liên kết và kiểm tra tập trung vào phần hoạt động. Nếu số lượng các thành phần tương tự giảm sẽ tạo ra sự đơn giản hoá cho các hệ thống vô tuyến, theo dự kiến sẽ giảm giá thành và tăng độ tin cậy của thiết bị. Chính vì những hạn chế của thiết bị vô tuyến cũ đã thúc đẩy công nghệ vô tuyến phát triển và đưa ra thể hệ thiết bị vô tuyến có cấu trúc xác định bằng phần

mềm - SDR, sơ đồ cấu trúc của các thiết bị vô tuyến với các thể hệ lấy mẫu ở các tầng khác nhau là:



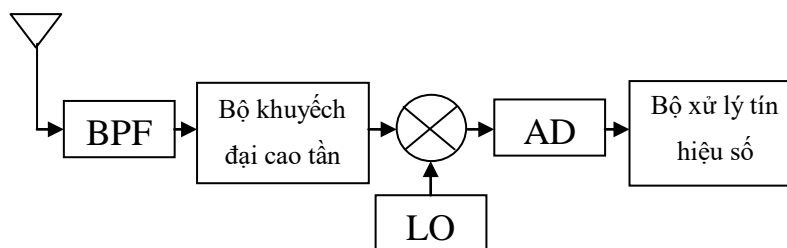
**Hình 2.2:** Sơ đồ cấu trúc của các thiết bị vô tuyến [8]

## 2.2 Một vài cấu trúc SDR

Thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm SDR có các mô hình cấu trúc khác nhau, tùy thuộc vào lĩnh vực ứng dụng và vị trí sử dụng, song có hai mô hình cấu trúc cơ bản của SDR là: SDR lấy mẫu trung tần và SDR chuyển đổi trực tiếp.

### 2.2.1 Thiết bị vô tuyến xác định bằng phần mềm lấy mẫu trung tần

Sẽ tốt nhất nếu tất cả các tầng trung gian tương tự có thể được thay thế bằng các thiết bị số sao cho anten được nối trực tiếp tới bộ ADC. Nếu tín hiệu vô tuyến thu được có tần số hàng trăm MHz hoặc lớn hơn thì sẽ không thể sử dụng công nghệ bán dẫn chuyển đổi tương tự/số ngày nay, tín hiệu đó có các tốc độ lấy mẫu lên tới 100 (MHz). Do đó, ngày nay có thể thực hiện được các thiết bị vô tuyến xác định bằng phần mềm bao gồm: các thành phần tương tự để chuyển tín hiệu cao tần thành tín hiệu trung tần và bộ chuyển đổi tương tự/số, các thiết bị số để xử lý tín hiệu trung tần như trong hình 2.3.



**Hình 2.3:** SDR lấy mẫu trung tần

Chúng ta có thể sử dụng kỹ thuật lấy mẫu tần thấp để lấy mẫu các tín hiệu trung tần có tần số cao tương đối.

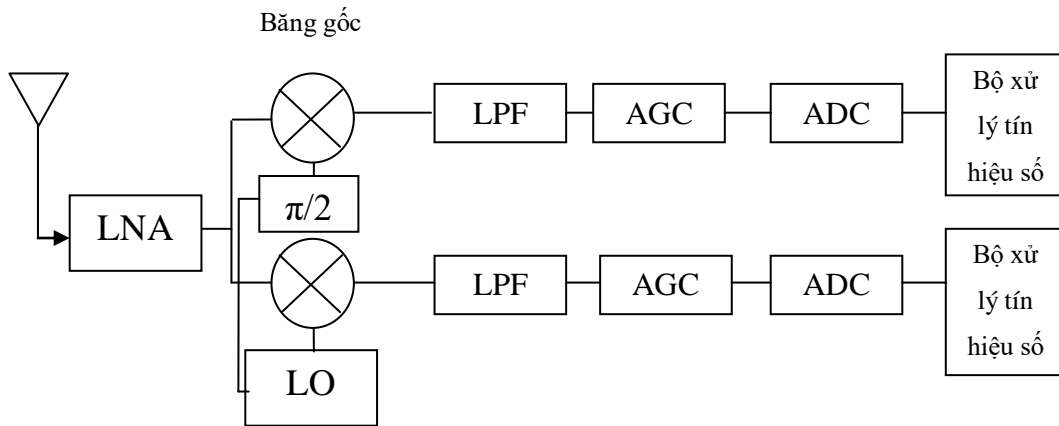
Theo định lý lấy mẫu của Nyquist, tần số lấy mẫu của tín hiệu phải bằng hai lần tần số của tín hiệu đó, để tránh méo chồng phổ. Nếu tần số trung gian  $f$  được lấy mẫu theo tốc độ lấy mẫu Nyquist thì sẽ yêu cầu tần số lấy mẫu là  $2f$ , tần số này là quá cao cho công nghệ ADC ngày nay. Việc lấy mẫu tần thấp của một tín hiệu đã được lọc thông dải với dải thông  $w$  có thể được lấy mẫu chỉ với tốc độ lấy mẫu là  $2w$ .

Ví dụ: một tín hiệu đa truy cập phân chia theo mã (CDMA) với dải thông 6 (MHz) và tần số trung gian trung tâm là 70 (MHz) có thể thu được 12 triệu mẫu trên giây (Msps) với chuyển đổi A/D. Sau khi thực hiện hạ tần thấp, tất cả các thành phần tín hiệu với tần số lớn hơn 6 (MHz) bị lọc bỏ. Sử dụng kỹ thuật lấy mẫu tần thấp, cho phép dùng bộ chuyển đổi tương tự số với tần số lấy mẫu thấp hơn nhiều tần số trung gian.

Có một kỹ thuật tần số trung gian được gọi là công nghệ tần số trung gian cận không (near - zero). Theo công nghệ này, tần số trung gian là rất nhỏ, gần tới dòng một chiều. Nếu dải thông của tín hiệu là  $B$  thì tần số trung gian gần không có thể nhỏ bằng  $B$ . Sau đó, tín hiệu tương tự này được chuyển thành tín hiệu số với tần số lấy mẫu theo tiêu chuẩn Nyquist. Những ưu điểm của tần số trung gian gần không là không gây ra sai lệch dòng một chiều (DC - offset) như trong thiết bị vô tuyến chuyển đổi trực tiếp.

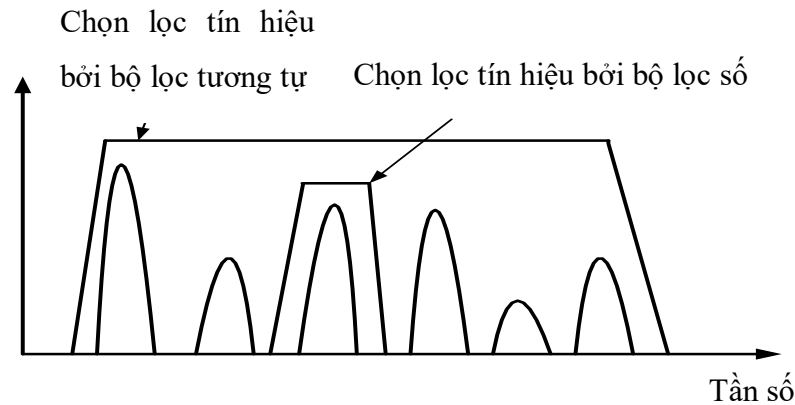
### ***2.2.2 SDR chuyển đổi trực tiếp***

Trong các thiết bị vô tuyến chuyển đổi trực tiếp, tín hiệu cao tần được chuyển đổi trực tiếp xuống băng gốc bằng một bộ trộn cầu phương như hình 2.4 dưới đây:



**Hình 2.4: SDR chuyển đổi trực tiếp**

Đầu ra bộ trộn là các thành phần tín hiệu đồng pha (I: in phase) và vuông pha (quadrature), các thành phần này sau đó được đưa qua bộ lọc thông thấp và được điều khiển hệ số khuếch đại trước khi chúng được lấy mẫu dạng số. Trong các SDR chuyển đổi trực tiếp, bộ lọc tương tự cho qua một dải tần số rộng và có thể chọn được một dải tần mong muốn trong dải tần đó bằng một bộ lọc số như trong hình 2.5:

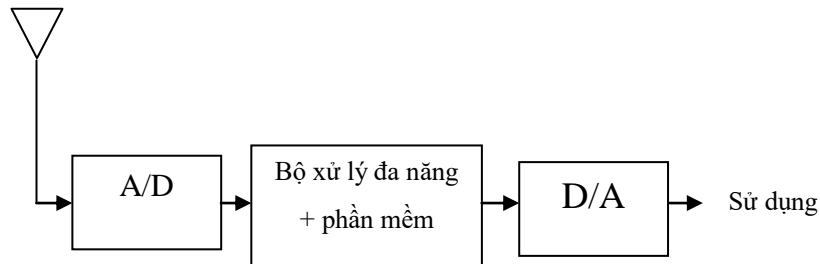


**Hình 2.5: Sự chọn lọc tín hiệu mong muốn bởi bộ lọc số trong bộ lọc tương tự**

Kỹ thuật này rất có ích, khi nhiều chuẩn dùng các tần số sóng mang khác nhau và các dải thông khác nhau thì tín hiệu được thu chỉ bằng một thiết bị. Song có một vài vấn đề cần giải quyết đối với máy thu chuyển đổi trực tiếp. Đó là vấn đề sai lệch dòng một chiều và méo phi tuyến. Vấn đề sai lệch dòng một chiều là do thành phần một chiều từ mạch cao tần được trộn với tín hiệu giải điều chế được chuyển đổi trực tiếp. Méo phi tuyến là thành phần cao tần phi tuyến gây ra méo trong các tín hiệu giải điều chế. Cả hai vấn đề này có thể được điều chỉnh bằng các mạch tương tự cùng với quá trình xử lý tín hiệu số.

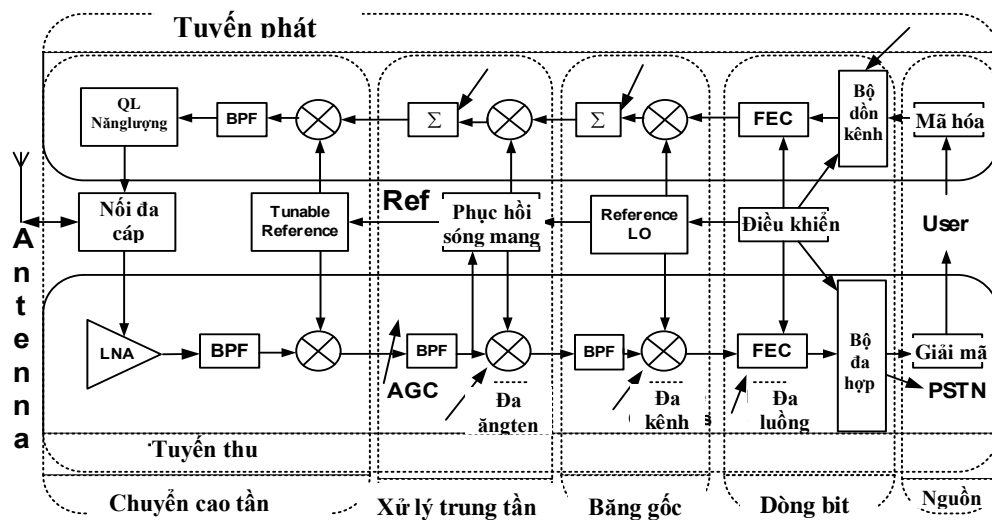
## 2.3 Cấu trúc chung, các thành phần cơ bản của SDR

### 2.3.1 Cấu trúc chung của SDR



**Hình 2.6: Mô hình cấu trúc chung của SDR [8]**

Trên đây là cấu mô hình cấu trúc chung của SDR, trong đó bao gồm: bộ xử lý đa năng cùng phần mềm và các bộ chuyển đổi A/D, D/A lấy mẫu trung tần. Cụ thể mô hình cấu trúc của SDR là:



**Hình 2.7: Sơ đồ cấu trúc chính tắc của SDR [12]**

Các phần tử khuếch đại tạp âm nhỏ (LNA) và điều khiển công suất trong phần biến đổi cao tần có chung anten, trong khi các phần tử biến đổi cao tần có chung chuẩn tần số cao tần. Các phần tử cao tần cũng có chung một yêu cầu gần với anten. Bộ khuếch đại tạp âm nhỏ được đặt gần anten để thiết lập độ nhạy hệ thống. Các bộ khuếch đại công suất gần anten nhằm phân phát công suất một cách hiệu quả tới anten.

Phần cao tần có thể được đặt rất xa phần xử lý trung tần (ví dụ: trong các cấu trúc đa dạng). Vì vậy, phần xử lý trung tần coi như một phần riêng biệt. Các phần tử



trung tần của một máy thu siêu ngoại sai cũng có chung các chuẩn tần số. Trong các thiết bị vô tuyến nhảy tần và bíp phát (PTT), máy thu và máy phát trung tần được nối ghép chặt chẽ. Hơn nữa, phần xử lý trung tần trong SDR lọc cấu trúc tín hiệu dải rộng từ phần cao tần để biến đổi dải thông băng gốc hẹp hơn. Do đó, sự chuyển đổi dải thông qua phần trung tần nâng cao sự liên kết chức năng của nó.

Các bộ ADC có thể được đưa vào vùng giao diện của phần trung tần tới cao tần hoặc phần trung tần tới phần băng gốc, cung cấp cơ sở cho sự nối ghép dữ liệu giữa các phần này. Phần băng gốc thực hiện các chức năng điều chế/giải điều chế, chuyển đổi dữ liệu giữa mã kênh và mã nguồn. Chức năng liên kết này là cơ sở cho việc xác định băng gốc. Việc giải mã quyết định mềm (soft - decision decoding) giữ chậm phép biến đổi cuối cùng của các *symbol* kênh thành các bit băng gốc. Vì vậy, nó liên kết với phần băng gốc nhiều hơn phần dòng bit.

Phần dòng bit thực hiện các phép toán trên các dòng bit, bao gồm: ghép, tách, chèn, tạo khung, nhồi bit, các toán tử phương thức ngăn xếp và điều khiển lỗi hướng đi (Forward Error Control - FEC). Turbocodes kết hợp chèn và FEC, minh họa sự liên kết chức năng của phần dòng bit. Việc điều khiển được thực hiện trong phần dòng bit bởi các thông tin điều khiển là số. Ở đây có thể đặt giao diện điều khiển - người dùng trong phần dòng bit.

Phần nguồn bao gồm tín hiệu thoại người dùng, nguồn cục bộ và vùng thông tin audio. Mã nguồn chuyển các tín hiệu truyền thành các dòng bit. Việc này có thể xuất hiện một cách cục bộ (ví dụ: trong Soundboard) hoặc rất ít, tại điểm cuối của mạng điện thoại chuyển mạch công cộng (PSTN). Phần này được nối tới phần dòng bit bằng các giao diện dòng bit chuẩn như: DSO, T1/E1, hoặc mạng cục bộ (LAN). Mặc dù sự trình bày chính xác của phần nguồn cho phép phần này được phân phối theo vị trí, nhưng phần nguồn có liên kết theo chức năng. Vì vậy, mỗi một phần đều có liên kết chức năng. Mỗi một phần thực hiện một chức năng xác định riêng biệt hoặc nhóm các chức năng giống nhau. Hơn nữa, các chức năng băng gốc, RF, IF biến đổi tốc độ dữ liệu hoặc dải thông giữa đầu vào và đầu ra, đặc biệt bởi cường độ bậc một hoặc cao hơn.

Vì vậy, các phần này bao gồm cấu trúc nút chính tắc của SDR. Chúng ta cũng có thể coi các phần này như các đối tượng. Mỗi một phần là một đối tượng. Các trạng thái của phần là các khe của đối tượng. Phép biến đổi giữa các phần chính là các bộ vận hành của các đối tượng. Khi quá trình mô phỏng được thực hiện bằng phần mềm, mỗi một cách vận hành tương ứng với một phương pháp. Và khi mô phỏng được thực hiện trong phần cứng, mỗi bộ vận hành mô phỏng đặc tính của phần cứng.

Các luồng tín hiệu sơ cấp của cấu trúc chính tắc được minh họa trong hình 2.7, có hai luồng tín hiệu sơ cấp. Thứ nhất, máy phát biến đổi nguồn dạng sóng tương tự nguyên thủy thành dòng bit. Sau đó, dòng bit đó được mã hoá và ghép kênh. Tín hiệu được mã hoá mã kênh và nâng tần, được khuếch đại và lọc để phát tại anten. Thứ hai, máy thu biến đổi dạng sóng giao diện vô tuyến thu được tại anten. Tiếp đó, máy thu chọn tần số, lọc, chuyển đổi tần số, san bằng, giải điều chế, điều khiển lỗi, tách kênh và giải mã nguồn tín hiệu thông tin tới người dùng hoặc tới giao diện mạng điện thoại chuyển mạch công cộng.

Mô hình chính tắc làm rõ các đặc tính của phần cứng cao tần mà không được làm rõ trong mô hình chức năng. Mục đích của cấu trúc nhằm đơn giản hóa sự ánh xạ các chức năng tới phần cứng. Mặc dù có rất nhiều cách đánh địa chỉ trong việc thiết lập ánh xạ, song có ba cách nổi bật:

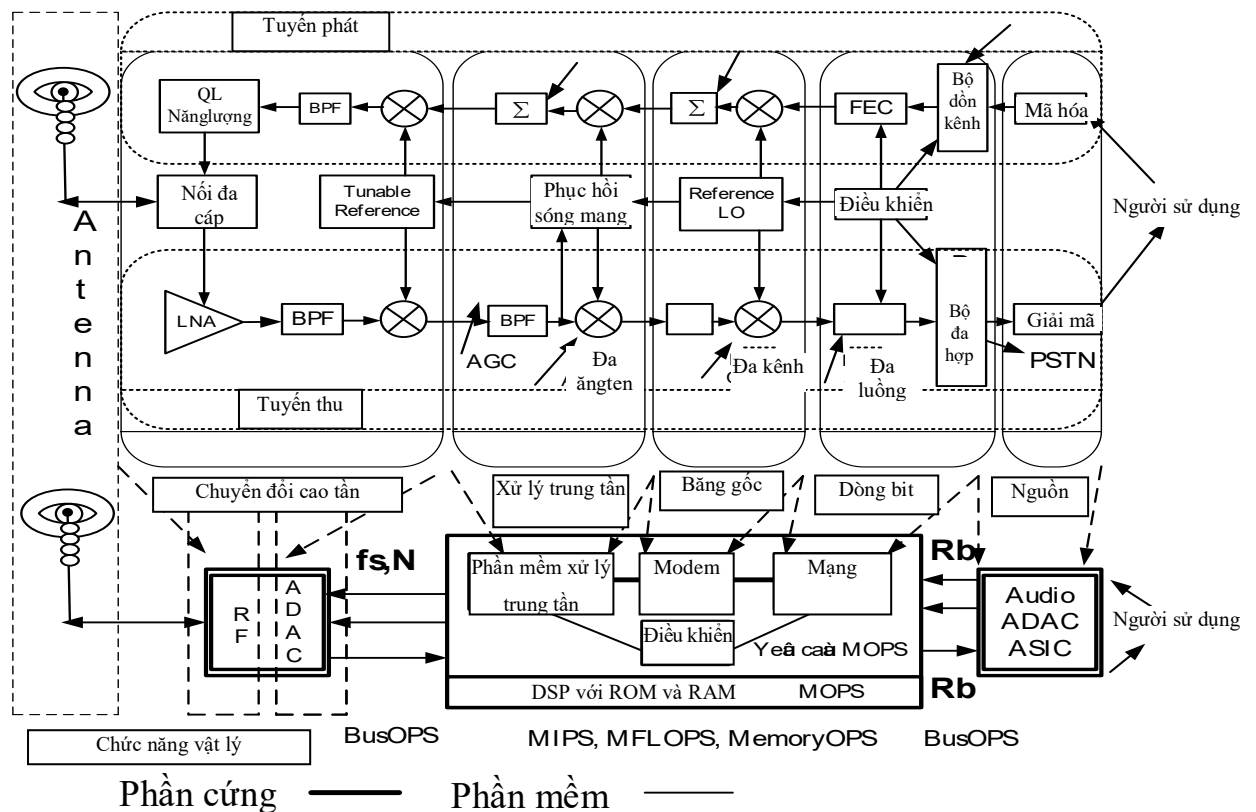
- Xác định các đặc tính mức - nút của các anten, chuyển đổi cao tần, xử lý trung tần.
- Đặt các bộ ADC và DAC tại một điểm giao diện thích hợp.
- Tiêu chuẩn thiết kế an toàn thông tin đơn giản.

### **Các chức năng vật lý**

Sự ánh xạ các đối tượng chức năng tới các đối tượng vật lý như: phần cứng cao tần, ASICs, DSP chips và các module tải phần mềm. Hình 1.15 sau đây, chỉ ra cách các đối tượng chức năng của máy thu phát cầm tay thuộc mạng tế bào truyền thống có thể được ánh xạ tới các đối tượng vật lý. Trong trường hợp này, sự chuyển đổi cao tần, khuếch đại công suất, ADC, DAC được thực hiện trong một vi mạch chuyên dụng (ASIC). Tương tự, giao diện âm thanh, bao gồm bộ mã hóa âm, cũng

được thực hiện trong một ASIC âm thanh. Các nhà thiết kế đề cập đến hoạt động diễn ra bên trong các chip này. Từ viễn cảnh của cấu trúc SDR, các sự kiện này được kết hợp trong các vi mạch chuyên dụng (ASICs).

Cấu trúc và hoạt động của phần trung tần, băng gốc, phần cứng và phần mềm DSP dòng bit có ý nghĩa quan trọng về mặt cấu trúc theo sự khái quát mức này. Các thành phần này tạo điều kiện nâng cao khả năng của SDR (ví dụ: qua download phần mềm). Nếu coi cấu trúc là một hộp đen thì chỉ các bản đồ nhớ hoàn thiện có thể được tải xuống. Thành phần tổng quan của hình 2.8 bao gồm cả hệ cơ sở DSP và các đối tượng phần mềm. Quan niệm này hỗ trợ khả năng nâng cấp (ví dụ: bằng cách tải xuống một đối tượng phần mềm modem mới).



**Hình 2.8 Đối chiếu các chức năng tới các phần tử vật lý [12]**

Ngoài ra, một thành phần theo quan điểm khái quát mức này hỗ trợ việc tái sử dụng các đối tượng phần mềm đã được chỉ ra. Các đối tượng phần mềm được biểu diễn trong một dòng tín hiệu theo trường hợp sử dụng. Phần chú giải chỉ ra các đối tượng phần mềm yêu cầu khả năng xử lý (ví dụ : MOPS...).

### 2.3.2 Các thành phần cơ bản của SDR

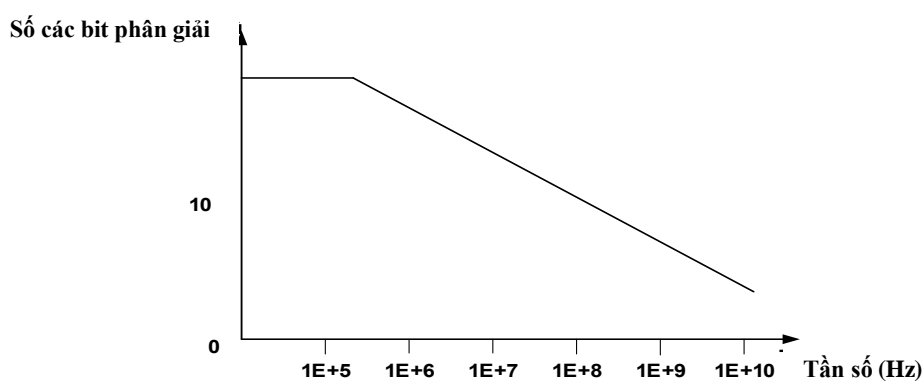
Phần tiếp theo trình bày thành phần cơ bản của SDR, bao gồm: khối cao tần MMIC, bộ chuyển đổi tương tự số và mạch xử lý tín hiệu số.

#### 2.3.2.1 Khối cao tần được tích hợp

Các phần tử cao tần được tích hợp trên một chip bằng công nghệ vi mạch sóng cực ngắn nguyên khối MMIC (monolithic microwave integrated circuit). Các phần tử cao tần bao gồm các phần tử tích cực như các transistors và các phần tử thụ động như điện trở, tụ điện và cuộn cảm. Có hai nguyên liệu chính được dùng cho nguyên khối IC sóng cực ngắn (MMIC) là: GaAs và Si. Trong đó, GaAs được dùng cho dải tần từ  $1 \div 100$  (GHz), còn Si được dùng cho tần số dưới 10 (GHz). Công nghệ CMOS đang phát triển với mục đích để các IC CMOS sẽ có thể hoạt động với các tần số hàng GHz trong một vài năm tới. Chúng ta sẽ có thể xử lý không chỉ các tín hiệu tương tự cao tần mà cả các tín hiệu băng gốc trên cùng một chip nếu các thành phần cao tần tương tự CMOS trở nên sẵn có.

#### 2.3.2.2 Bộ chuyển đổi tương tự - số

Các tham số cơ bản để xác định hiệu suất của các bộ chuyển đổi tương tự - số là tốc độ lấy mẫu và số các bit trên một mẫu. Hình 2.9 chỉ ra mối quan hệ giữa tần số lấy mẫu và số bit/mẫu.



**Hình 2.9 Quan hệ giữa tần số lấy mẫu và số các bit phân giải**

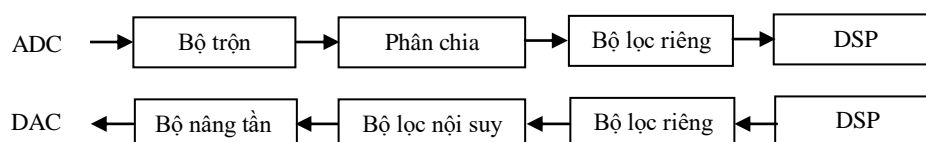
Một tham số cơ bản của bộ ADC là tần số lấy mẫu. Đôi khi SDR sử dụng phương pháp lấy mẫu tần thấp như được trình bày ở phần trước. Khi lấy mẫu tần thấp, tốc độ lấy mẫu phải lớn hơn hai lần dải thông tín hiệu đã được lọc thông dải. Một tham số cơ bản khác là dải động. Theo phương pháp truyền thống, mỗi thiết bị

vô tuyến chỉ xử lý một dải hẹp bằng cách loại bỏ các tín hiệu nhiễu, máy thu có thể tập trung vào một dải mong muốn, điều chỉnh hệ số để đánh giá một cách tương đối tỉ số tín/tạp và tách ra tín hiệu nhỏ từ nền tạp âm. Tuy nhiên, với một máy thu dải rộng, không nên loại bỏ tín hiệu ra bởi vì chúng yêu cầu tất cả. Sẽ có các tín hiệu với dải rộng: các tín hiệu rất mạnh từ máy phát công suất lớn ở vị trí gần và các tín hiệu nhỏ bị giấu đi trong nền tạp âm. Kết quả là, máy thu phải có một dải động cực kỳ lớn đủ nhạy để khôi phục chính xác các tín hiệu yếu, nếu không thì các tín hiệu đó sẽ bị che khuất bởi các tín hiệu lớn. Máy thu cũng phải có độ tuyến tính cực cao; mọi sự biến dạng hoặc hòa âm sẽ tạo ra các tín hiệu ảnh lớn và không thể phân biệt được với tín hiệu đúng.

Để tăng hiệu suất của bộ ADC chủ yếu cần giảm độ dung sai nhưng sự phát triển của việc lấy mẫu các bit nhằm đưa ra một tốc độ lấy mẫu nhất định đã diễn ra khá chậm: chỉ 1.5 bits trong suốt tám năm qua. Cũng có một sự cố gắng để tạo bộ chuyển đổi tương tự - số tốc độ rất cao dùng công nghệ siêu bán dẫn. Công nghệ này cho phép lấy mẫu các tín hiệu tương tự nhanh hơn các bộ chuyển đổi tương tự - số bán dẫn. Tuy nhiên, khi đó xuất hiện vấn đề là kích thước của thiết bị làm mát sẽ lớn hơn rất nhiều thiết bị ADC.

### 2.3.2.3 Mạch xử lý tín hiệu số

Khi một tín hiệu trung tần được lấy mẫu bởi một bộ ADC thì các tín hiệu bên dưới tần số trung tần phải được xử lý số như hình 2.10



**Hình 2.10 Các chức năng xử lý số cho SDR lấy mẫu trung tần**

Tín hiệu trung tần đã được số hoá từ bộ ADC sẽ được hạ tần, lọc và phân chia trước khi thực hiện xử lý tín hiệu tốc độ thấp hơn bằng bộ xử lý tín hiệu số (DSP). Quá trình xử lý tín hiệu tốc độ thấp hơn gồm: giải mã hóa kênh sửa sai và giải mã nguồn như giải nén dữ liệu, giải mã...

Trong tuyến phát, việc xử lý tín hiệu chậm hơn được thực hiện đầu tiên là: mã hoá nguồn như mã hóa và nén tín hiệu, giải mã kênh bao gồm cả sửa sai. Sau đó

tín hiệu được lọc cho mỗi ứng dụng, nội suy và nâng tần trước khi tín hiệu được đưa tới bộ DAC. Quá trình xử lý tín hiệu tốc độ cao hơn như các tín hiệu trung tần yêu cầu mạch xử lý tín hiệu tốc độ rất cao. Tốc độ này có thể lên tới hàng nghìn triệu lệnh trên một giây (MIPS). Các IC thích hợp là các bộ xử lý tín hiệu số (DSP), dây công lập trình tại chỗ (FPGA), hoặc IC chuyên dụng cụ thể cho thiết bị vô tuyến có cấu trúc xác định bằng phần mềm. Một chip DSP thực hiện xử lý tín hiệu bằng các lệnh (fetching instructions) và dữ liệu từ bộ nhớ, thực hiện điều khiển và lưu trữ dữ liệu đưa trở lại bộ nhớ, giống như một CPU bình thường. Sự khác nhau giữa một chip DSP và một chip CPU là DSP thường có một khối xử lý tín hiệu tốc độ cao, đặc biệt là khối MAC (khối nhân và tích lũy). Bằng các chương trình gọi khác nhau trong bộ nhớ, một chip DSP có thể định lại cấu hình với các chức năng khác nhau. Một vài chip DSP tốc độ cao hay dùng trong thương mại là **Texas Instruments TMS320C6202** và các thiết bị tương tự **ADSP-21160M SHARC** với tốc độ lần lượt là 2000 (MIPS) và 600 triệu dấu phẩy động trên một giây (MFLODS). IC chuyên dụng là một IC mà được thiết kế với một nhiệm vụ riêng cố định, ví dụ: các IC chuyên dụng cụ thể xử lý tín hiệu là chip hạ tần tín hiệu số (DDC) và các chip lọc số. Một hạn chế của IC chuyên dụng là người dùng không thể thay đổi chức năng của chip. Còn dây công lập trình tại chỗ có thể thực hiện bất kỳ một nhiệm vụ nào bằng cách ánh xạ nhiệm vụ với phần cứng.

Ngoài ra còn có FPGA cũng là thuộc các chip mà có các đặc tính định lại cấu hình đa năng cũng giống như DSP. Bảng sau đây trình bày chi tiết các điểm khác nhau giữa DSP và FPGA.

**Bảng 2.1: So sánh giữa FPGA và DSP [6]**

<b>Đặc điểm</b>	<b>Chip FPGA</b>	<b>Chip DSP</b>
Ngôn ngữ lập trình	VHDL, Verilog	Ngôn ngữ C, Assembly
Độ dễ của lập trình phần mềm	Khá dễ, song người lập trình phải biết về cấu trúc phần trước khi lập trình	Đơn giản
Tốc độ, chất lượng	Có thể rất nhanh nếu thiết kế một cấu trúc hợp lý	Tốc độ giới hạn bởi tốc độ đồng hồ của chip DSP
Định lại cấu hình	Loại SRAM của FPGA có thể định lại cấu hình mà không hạn chế số lần	Có thể định lại cấu hình bằng cách thay đổi nội dung

		chương trình trong bộ nhớ
Phương pháp định lại cấu hình	Bằng cách downloading dữ liệu cấu hình tới chip	Đơn giản bằng cách đọc chương trình ở địa chỉ nhớ khác
Các vùng mà FPGA có thể làm tốt hơn DSP	Bộ lọc FIR, bộ lọc IIR, bộ tương quan, bộ nhân, FFT ...	Quá trình xử lý tín hiệu của chuỗi nguyên thủy
Công suất tiêu thụ	Có thể cực tiểu nếu mạch được thiết kế để tiết kiệm công suất hoặc công suất được điều khiển động	Công suất tiêu thụ không phụ vào dung lượng chương trình
Phương pháp thực hiện của MAC	Bộ nhân/cộng song song hoặc một sách số học được phân bố	Chức năng hoạt động của MAC được lặp lại
Tốc độ của MAC	Có thể rất nhanh nếu sử dụng thuật toán song song, nếu một bộ lọc được hoạt động bằng sách số học được phân bố thì tốc độ hoạt động không phụ thuộc vào số đầu ra	Bị giới hạn bởi hoạt động của chip DSP, nếu dùng một bộ lọc thì tốc độ sẽ chậm hơn nếu số đầu ra giảm.
Song song hóa	Có thể được song song hóa để đạt được hiệu quả cao	Chương trình chip DSP thường là nối tiếp và không thể song song hóa

(Nguồn: Công nghệ xử lý tín hiệu số DSP và công nghệ FPGA)

## 2.4 Yêu cầu và đặc điểm kỹ thuật của SDR

Có ba động lực điều khiển chính cho sự phát triển của SDR, đó là:

- Thứ nhất là sự thúc đẩy từ yêu cầu “world roaming - lưu động toàn cầu” đối với máy điện thoại di động. Nghĩa là, các máy điện thoại di động cũng có thể hoạt động tốt ở Châu Âu với chuẩn vô tuyến GSM và ở Mỹ với các hệ thống IS94, IS95 và ở Châu Á, Nhật Bản với PDC và các hệ thống PHS.

- Thứ hai là những khuyến nghị tập trung chủ yếu vào để kết hợp các đặc điểm chất lượng của máy điện thoại vô tuyến (GSM, DECT và UMTS), với chức năng mạng cá nhân PAN (như: Bluetooth) và mạng nội bộ (như: HIPER - LAN).

- Thứ ba là nhằm giảm giá thành sản phẩm đảm bảo tính kinh tế với thiết bị vô tuyến đa chuẩn và phổ biến.

### 2.4.1 Đặc điểm của máy phát SDR

Các tham số quan trọng chính khi thiết kế máy phát cần quan tâm là :

- Mức công suất ra
- Dải điều khiển công suất
- Những phát xạ giả

### **Mức công suất ra của máy phát**

Các mức công suất ra của máy phát được tạo ra từ một máy di động (MS) phụ thuộc vào chuẩn và phân lớp của nó. Trong tất cả các trường hợp, máy phát cần tạo ra công suất được điều khiển qua một dải đáng kể để đảm bảo các sai số tương đối tốt. Cấu trúc này sử dụng các yêu cầu chuẩn như trong bảng 2.2 sau đây :

**Bảng 2.2: Yêu cầu về công suất cho các giao diện vô tuyến [11]**

Chuẩn giao diện vô tuyến	Công suất ra lớn nhất lý tưởng		Công suất ra nhỏ nhất lý tưởng (dBm)	Điều khiển công suất		
	Lớp đầu cuối	P <sub>max</sub> (dBm)		Các mức	Dải công suất (dBm)	Khoảng cách
GSM 900	2	39	5	0 - 2	39	2 dB 3 dB
	3	37		3 - 15	37 - 13	
	4	33		16 - 18	11 - 7	
	5	29		19 - 31	5	
DCS 1800	1 2 3	30 24 36	0	29	36	2 dB 2 dB 2 dB
				30 - 31	34 - 32	
				0 - 8	30 - 14	
				9 - 13	12 - 4	
				14	2	
				15 - 28	0	
Công suất ra lý tưởng						
	Mức			Công suất (dBm)		
DECT	1			4		
	2			24		
UMTS-FDD	1	33	- 44	Các bước		



	2	27		1		
	3	24		2		
	4	21		3		
UMTS-TDD	2	24	- 44			
	3	21				
Bluetooth	1	20	+ 4	$P_{\min} < -4$	$P_{\min} \div P_{\max}$	
	2	4	- 6	$P_{\min} < -30$	$P_{\min} \div P_{\max}$	
	3	0	-	$P_{\min} < -30$	$P_{\min} \div P_{\max}$	

#### 2.4.2 Đặc điểm của máy thu

Các tham số quan trọng chính cần tính toán khi thiết kế máy thu SDR là :

- Độ nhạy đầu vào
- Mức tín hiệu cần thu lớn nhất
- Biểu đồ khối

#### Mức tín hiệu lớn nhất và độ nhạy máy thu

Bảng 2.3 sau đây tổng hợp các yêu cầu độ nhạy của nhóm nghiên cứu các chuẩn giao diện vô tuyến.

**Bảng 2.3: Yêu cầu về độ nhạy cho các giao diện vô tuyến [11]**

Chuẩn giao diện vô tuyến		Mức độ nhạy chuẩn (dBm)	Mức đầu vào lớn nhất
GSM 900	MS nhỏ	- 102	- 15
	MS khác	- 104	
DCS 1800	Lớp 1 hoặc lớp 2	- 100/-102	- 23
	Lớp 3	- 102	
PCS 1900	Normal	- 102	- 23
	Other	- 104	
DECT		- 86	- 33
UMTS (FDD)	12.2 kbps	- 92	
	64 kbps	- 99.2	
	144 kbps	- 102.7	
	384 kbps	- 107	
UMTS (TDD)		- 105	
Bluetooth		- 70	- 20

### 2.4.3 Các dải tần số sử dụng

Các dải tần số sử dụng được liệt kê trong bảng 2.4 sau:

**Bảng 2.4 Các dải tần sử dụng cho các giao diện vô tuyến [11]**

<b>Chuẩn giao diện Vô tuyến</b>	<b>Kênh đường lên (MHz)</b>	<b>Kênh đường xuống ( MHz)</b>	<b>Khoảng song công (MHz)</b>
GSM 900	890 – 915	935 - 960	45
E - GSM 900	880 – 915	925 - 960	45
R - GSM 900	876 – 915	921 - 960	45
DCS 1800	1710 - 1785	1805 - 1880	95
PCS 1900	1850 - 1910	1930 - 1990	80
DECT	1881.792 - 1897.344	1881.792 - 1897.344	Không sử dụng
UMTS FDD Châu Âu	1920 - 1980	2110 - 2170	190
UMTS FDD (CDMA 2000)	1850 - 1910	1930 - 1990	80
UMTS TDD (Châu Âu)	1900 - 1920 2010 - 2025	1900 - 1920 2010 - 2025	
UMTS TDD (CDMA 2000)	1850 - 1910 1930 - 1990 1910 - 1930	1850 - 1910 1930 - 1990 1910 - 1930	
Bluetooth	2400 - 2483.5	2400 - 2483.5	
HIPERLAN/2	5150 - 5350 5470 - 5725	5150 - 5350 5470 - 5725	

## 2.5 Kết luận chương 2

Qua chương 2 này ta thu được những kết quả sau:

- Thiết bị vô tuyến đa chế độ, đa dải có xu hướng đáp ứng được các chuẩn di động Châu Âu, PAN, LAN đưa ra nền tảng ban đầu cho hệ thống SDR. Việc nghiên cứu, cải thiện toàn diện độ tuyến tính của máy thu phát sẽ là cơ sở quan trọng cho

việc phát triển máy thu phát đa dải, đa chế độ trong thiết bị vô tuyến có cấu trúc xác định bằng phần mềm đúng nghĩa.

- Cấu trúc trung tần không là không phù hợp với mô hình hiện thời, được dùng trong thiết kế SDR dải rộng. Song nó có những ưu điểm nhất định đó là các yêu cầu khử nhiễu ảnh không cao và mạch đơn giản. Ngược lại, nó yêu cầu bộ dao động nội phải đảm bảo chính xác là cầu phương và một số các vấn đề dễ xử lý hơn. Cấu trúc trung tần không có lợi thế cho sự phát triển trong tương lai, về mặt ứng dụng cho SDR, nó là một công nghệ hiện vẫn chưa đầy đủ.

- Các bộ lọc chọn trước biến thiên đưa ra cách giải quyết các tín hiệu ảnh trong thiết bị theo cấu trúc ngoại sai. Các phương pháp điều hướng truyền thống dùng các phần tử phi tuyến như các diode biến thiên có vẻ phù hợp, song nó gây ra méo tín hiệu. Các chuyển mạch hệ thống vi cơ điện (MEMS) hoặc các hộp cộng hưởng là một phương pháp kích thích mới để điều hướng các mạch này trong đó vẫn duy trì độ tuyến tính của thiết bị.

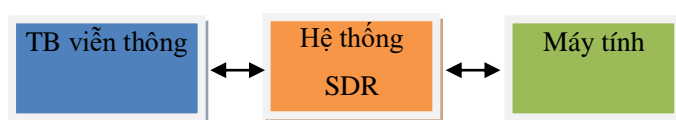
- Cấu trúc trung tần thấp có thể đưa ra một ứng dụng tốt giữa các phương pháp trung tần không và ngoại sai truyền thống, mặc dù phức tạp song phương pháp lọc yêu cầu có thể thực hiện được.

Công nghệ cao tần truyền thống lợi dụng những giới hạn dựa vào những tùy chọn sẵn có cho việc thiết kế phần cao tần của thiết bị vô tuyến có cấu trúc mềm. Tuy nhiên, hệ thống GSM gần đây, thị trường được kích thích lớn bằng vốn đầu tư không lồ vào công nghệ, mở ra những tiến bộ lớn trong quá trình xử lý tín hiệu, khả năng của SDR có thể trông đợi để kích thích vốn đầu tư mà có thể cung cấp không đủ cho các phát triển cơ bản trong các thành phần tần số và các kỹ thuật thiết kế trong tương lai.

## Chương 3 - ĐỀ XUẤT VÀ THỬ NGHIỆM THIẾT BỊ VIỄN THÔNG QUÂN SỰ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ SDR

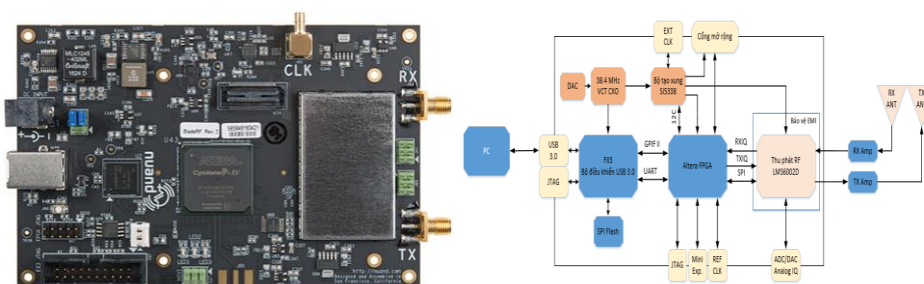
### 3.1 Đề xuất mô hình SDR

Ta đề xuất mô hình thử nghiệm trên thiết bị có sử dụng hệ thống SDR (Hình 3.1), trong mô hình này có hỗ trợ của máy tính, máy tính này đóng vai trò như thành phần lõi trong mạng thực tế, mạch SDR để điều hành (định lại cấu hình, kết nối đồng thời các thiết bị đầu cuối và điều hành kết hợp).



**Hình 3.1:** Các thiết bị tương/hỗ cho hệ thống viễn thông quân sự

Với hệ thống SDR như vậy, ta sử dụng bộ vi mạch SDR Bladerf x40, đây là bộ vi mạch có giá thành rẻ, tuy nhiên vẫn đảm bảo có các tính năng như các hệ thống SDR truyền thống.

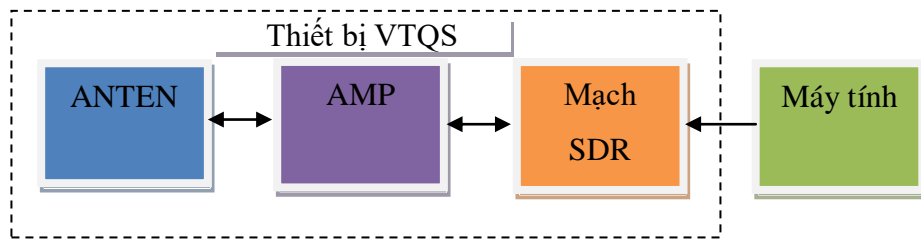


**Hình 3.2:** Mạch SDR sử dụng cho thiết bị viễn thông quân sự

Ngoài ra, khi kết hợp thêm 2 anten thu, phát và bộ khuếch đại; ta có sơ đồ khối tổng quan của của hệ thống gồm:

- + Anten, gồm 2 anten thu, phát;
- + Bộ khuếch đại;
- + Mạch SDR;
- + Máy tính (để lập trình).

Hệ thống có cấu tạo chi tiết như sau:



**Hình 3.3: Mô hình chi tiết thiết bị**

Hệ thống trên sẽ đảm bảo các tính năng như:

- Khả năng định lại cấu hình thông qua lập trình trên PC.
- Dựa vào module phần mềm đã lập trình sẵn để kết nối trên nhiều chuẩn thiết bị khác nhau.
- Hoạt động được trên đa dải (nhiều dải tần số), đa chế độ (được thực hiện bằng các kỹ thuật đa dạng của phần cứng và phần mềm).

Để tích hợp được tất cả các chức năng trên, trong thiết bị ta sẽ áp dụng giải pháp là sử dụng lớp vật lý mềm. Nó là một phần mềm thực hiện mạng truy nhập vô tuyến GSM/GPRS dựa trên Yate (Yet Another Telephony Engine) nó tương thích với 2.5G và 4G, có khả năng phục hồi, tùy biến và độc lập công nghệ.

### **3.2 Cấu trúc, tính năng thiết bị viễn thông quân sự sử dụng công nghệ SDR**

#### **3.2.1 Tính năng chung của thiết bị**

Thiết bị cho phép sử dụng các ứng dụng phần mềm trên phần cứng để điều chỉnh thành nhiều tần số để thiết lập cơ sở hạ tầng thông tin liên lạc trong quân đội.

Tạo khả năng giao tiếp bằng nhiều giao thức khác nhau (WiFi, 4G LTE, Bluetooth,...). Thiết bị cũng cung cấp khả năng sử dụng các công nghệ mới khi chúng có sẵn thông qua các bản cập nhật phần mềm và phần cứng. Nó có thể dễ dàng được nâng cấp thông qua thay đổi phần mềm / phần cứng. Thiết bị có thể mã hoá, thiết lập bảo mật, cho phép quân nhân không chỉ giao tiếp trên một dải tần số rộng với khả năng sử dụng các phương pháp mã hóa luôn thay đổi như đã trình bày trong phần 3.2.

Ngoài ra, tùy thuộc vào thiết kế thiết bị SDR có thể được thay đổi về kích thước, mức tiêu thụ điện năng, giao diện nhưng vẫn đảm bảo chức năng liên lạc, hoạt động với băng tần rất rộng. Quân nhân có khả năng giao tiếp ở quy mô lớn, tham gia vào mạng thông tin lớn trong cả hệ thống tác chiến chiến dịch trong đó bao gồm nhiều loại thiết bị cho các đơn vị với sự đa dạng các tiêu chuẩn và dạng loại chế độ thông tin khác nhau, hỗ trợ chiến sỹ hoàn thành mọi nhiệm vụ được giao trên chiến trường.

### ***3.2.2 Chức năng phần mềm - Nền tảng Yate***

Hiện nay có rất nhiều phần mềm hỗ trợ tạo lõi mềm của mạng, điển hình như OpenBTS, OsmoBTS, YateBTS, OpenLTE, để xây dựng hệ thống viễn thông, luận văn này đã lựa chọn YateBTS để sử dụng vào thiết bị, bởi ưu điểm của nó là có thể sử dụng mã nguồn mở, có khả năng tùy biến cao và được nhà sản xuất phần mềm bảo đảm về mặt kỹ thuật.

Mô hình này sử dụng phần mềm để xử lý các thuật toán điều khiển và áp dụng vào công nghệ SDR này, làm nó trở thành một thiết bị vô tuyến thông minh và thích nghi. Ở phần này, luận văn sẽ tập trung vào các đặc điểm, chức năng của nền tảng Yate, nền tảng được lựa chọn để xây dựng nên hệ thống ở lớp mạng.

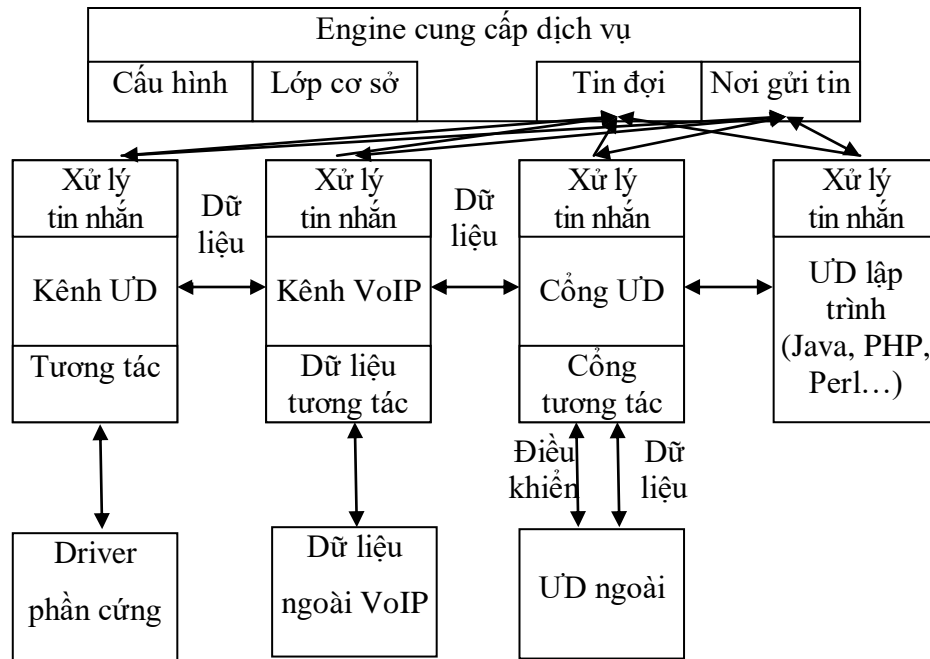
Yate chủ yếu là một lõi mềm sử dụng cho thiết bị vô tuyến, nó tập trung vào giao thức thoại qua Internet (VoIP) và PSTN sử dụng trên SDR, sức mạnh của nó nằm ở khả năng dễ dàng mở rộng. Giọng nói, video, dữ liệu và tin nhắn đều có thể được truyền tức thời, thống nhất thông qua công cụ định tuyến linh hoạt của Yate, tối đa hóa hiệu quả truyền thông và giảm thiểu chi phí cơ sở hạ tầng.

Kiến trúc của Yate dựa trên hệ thống truyền tin nhắn. Kiến trúc có thể được chia thành 4 phần chính:

- Lõi, nơi có các ổ cắm, luồng dữ liệu đi qua để xử lý;
- Message Engine, các lớp liên quan đến tin nhắn, được sử dụng để trao đổi dữ liệu giữa các mô-đun;
- Telephony Engine, các lớp liên quan đến điện thoại;

- Mô-đun Yate, mô-đun mở rộng chức năng của Yate.

Tính năng quan trọng nhất của Yate là hệ thống truyền tin nhắn của nó. Các mô-đun truyền tin nhắn qua lại với nhau. Điều này cho phép tăng tính linh hoạt hơn so với cách sử dụng bằng các hàm đơn giản, chủ yếu vì các thông báo trong Yate có thể có số lượng tham số tùy ý và có thể được gửi đến nhiều mô-đun bằng cách thay đổi mức độ ưu tiên.



**Hình 3.4: Hệ thống truyền tin nhắn trong Yate**

### Cách hoạt động

Khi sử dụng di động trong mạng của thiết bị, tín hiệu GSM đi đến anten của thiết bị. Sau đó, tín hiệu chuyển lên tới Lớp 1 và 2, nơi tín hiệu GSM được xử lý và được cấp thông qua socket đến Yate. Yate hiển thị kết nối đã nhận với giao thức cần thiết (SIP hoặc giao thức khác) để liên lạc với máy chủ bên ngoài của nhà cung cấp VoIP, ví dụ, liên kết bạn với người hoặc máy mà bạn muốn liên lạc.

Lỗi mềm đã được tạo ra với mục đích cung cấp giải pháp kết hợp và nâng cao giữa lớp 1 lớp vật lý (L1 PHY), lớp 2 (L2 Link) và lớp 3 quản lý tài nguyên radio (L3 Radio Resource Manager), còn được gọi là MBTS và nhiều tính năng của Yate, chẳng hạn như IAX qua vệ tinh, SS7 và Diameter, USSD, RManager, chuyển vùng hoặc chuyển đổi điện thoại cục bộ.

Nó thường được cấu hình để hoạt động ở một trong hai chế độ:

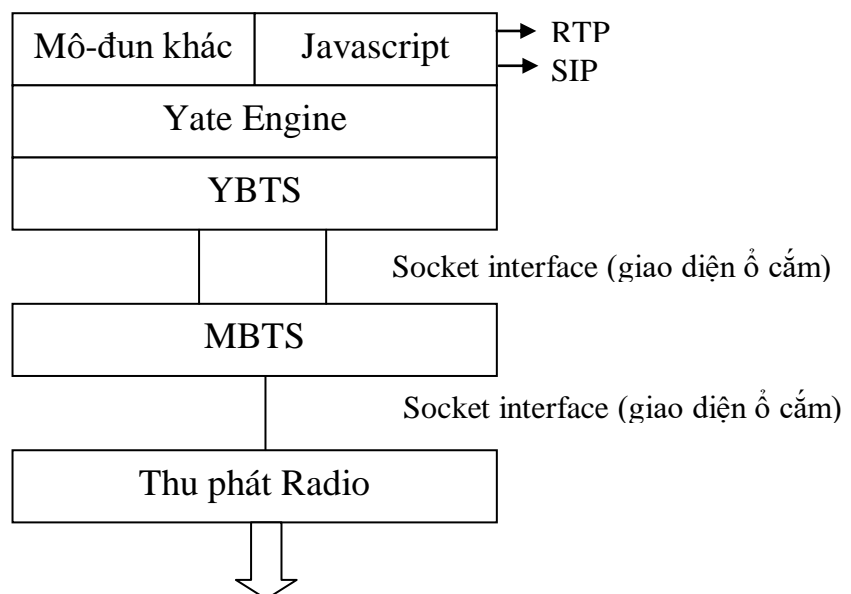
- Mạng ở chế độ PC (NiPC) - Trong chế độ này, thiết bị hoạt động như một mạng GSM / GPRS độc lập, kết nối với thế giới bên ngoài qua giao thức VoIP và / hoặc ISDN.

- Chế độ mạng truy nhập vô tuyến (RAN) - Trong chế độ này, thiết bị hoạt động như một thành phần của mạng GSM / GPRS lớn hơn. Các chức năng mạng lõi được cung cấp bởi một máy chủ bên ngoài.

### Lõi mềm

Hình 3.5 dưới đây là cấu trúc bên trong của một trạm gốc; trước hết, lõi mềm có hai phần chính: lớp dưới được quản lý bởi MBTS và bộ thu phát vô tuyến, xử lý phần GSM của hệ thống; lớp mạng được xử lý bởi Yate và bao gồm YBTS, mô-đun Yate và các module ứng dụng Yate (NiPC, Javascript, accfile cho các cuộc gọi đi hoặc SIP/IAX).

Thứ hai, MBTS kết nối với bộ thu phát vô tuyến thông qua giao diện ổ cắm, giống như cách mà MBTS thực hiện với lớp mạng. Mô-đun Javascript có thể xử lý RTP và SIP.

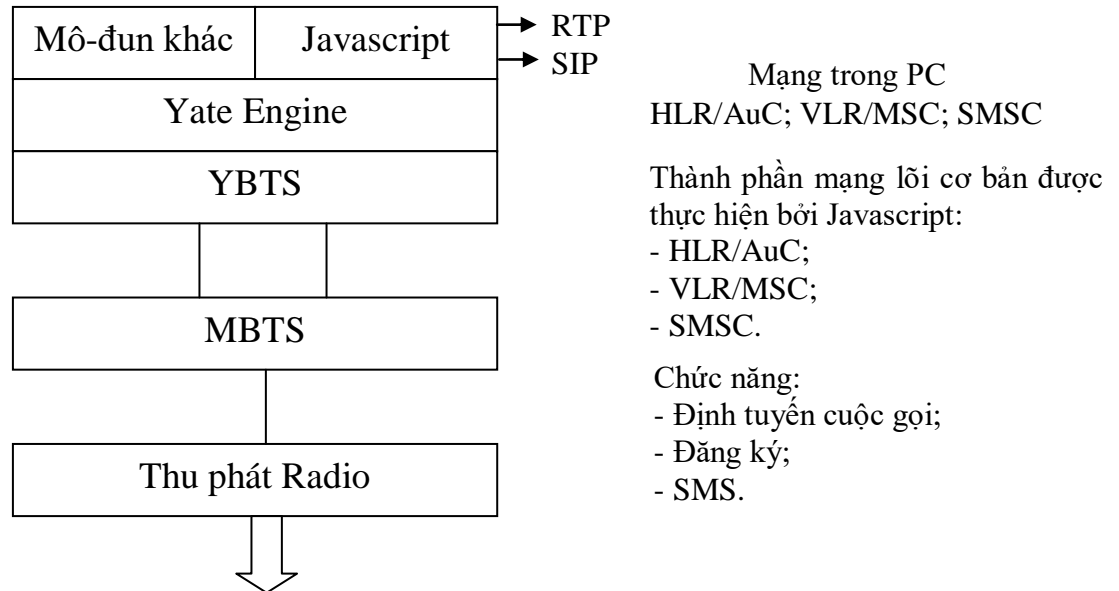


**Hình 3.5: Cấu trúc trạm gốc**



### Mạng ở chế độ PC

Mạng trong PC là việc triển khai Javascript của mạng lõi GSM. Nó thực hiện đăng ký, cuộc gọi định tuyến, tin nhắn SMS, tin nhắn USSD và xác thực người dùng để phát hành công khai. NiPC bao gồm HLR, AuC và VLR / MSC.



**Hình 3.6: Cấu trúc mạng trong PC**

### YBTS

YBTS là một mô-đun của Yate thực hiện phần lớn chức năng của Lớp 3 GSM. YBTS sử dụng MBTS làm modem. MBTS giám sát các lớp vật lý, liên kết chúng và cũng quản lý tài nguyên vô tuyến. MBTS chuyển tiếp tất cả các khung nhận được sang YBTS thực hiện các chức năng điều khiển.

Nói cách khác, MBTS thiết lập kênh radio và chuyển tiếp tất cả thông tin nhận được trên kênh đó sang YBTS. YBTS sau đó xem nếu đó là cuộc gọi / SMS / USSD / v.v. yêu cầu và gửi một thông điệp Yate cụ thể cho loại yêu cầu đó. Các mô-đun Yate khác hoặc các ứng dụng tùy chỉnh xử lý các thông báo này. Một ví dụ về điều này nằm trong Mạng trong một ứng dụng PC được mặc định với Yate. YBTS là liên kết giữa MBTS và Yate và nhiều chức năng của nó.

## **MBTS**

Như đã nêu ở trên, MBTS hoạt động như một modem. MBTS giám sát các lớp vật lý (L1) và các lớp liên kết (L2) và cũng quản lý tài nguyên vô tuyến (một phần của L3). Sau khi kênh radio được thiết lập, nó chuyển tiếp các khung đã nhận tới YBTS.

### **Quản lý tài nguyên vô tuyến lớp 3**

Lớp mạng Um, hoặc Lớp 3 được xác định trong GSM 04.07, 04.08 và có nhiều lớp con. Tầng thấp nhất trong số các lớp con này là lớp quản lý tài nguyên vô tuyến, chịu trách nhiệm phân bổ, gán và phát hành các kênh vô tuyến giữa thiết bị cầm tay và mạng.

### **Chức năng lớp 2**

GSM lớp 2 LAPDm, còn được gọi là lớp liên kết dữ liệu, được định nghĩa trong GSM 04.05 và 04.06. LAPDm là thiết bị di động tương tự LAPD của ISDN.

### **Chức năng lớp 1**

Lớp vật lý Um được định nghĩa trong loạt thông số kỹ thuật GSM 05.xx, với phần giới thiệu và tổng quan về GSM 05.01. Đối với hầu hết các kênh, Um L1 truyền và nhận các khung điều khiển 184 bit hoặc khung bộ phát âm 260 bit qua giao diện radio trong các lần nỗ lực 148 bit với một lần phát mỗi lần.

Đây là các chức năng chính của nó:

- Radiomodem. Đây là bộ thu phát vô tuyến thực tế, được xác định phần lớn trong GSM 05.04 và 05.05.
- Ghép kênh và định thời gian. GSM sử dụng TDMA để chia nhỏ mỗi kênh radio thành 16 kênh lưu lượng hoặc 64 kênh điều khiển. Các mẫu ghép kênh được xác định trong GSM 05.02.
- Mã hóa. Lớp con này được định nghĩa trên GSM 05.03.
- Điều khiển công suất vòng kín

- Kiểm soát thời gian vòng kín

### **Radiomodem**

GSM sử dụng điều chế GMSK hoặc 8PSK với 1 bit cho mỗi ký hiệu tạo ra tốc độ ký hiệu 13/48 MHz (270.833 kHz hoặc 270.833 K / giây) và khoảng cách kênh 200 kHz. Do các kênh liên kế chồng lên nhau, tiêu chuẩn không cho phép các kênh liên kế được sử dụng trong cùng một ô. Tiêu chuẩn xác định một số băng tần từ 400 MHz đến 1990 MHz. Các dải đường lên và đường xuống thường được phân tách bằng 45 hoặc 50 MHz (ở đầu tần số thấp của phổ GSM) và 85 hoặc 90 MHz (ở đầu tần số cao của phổ GSM). Các cặp kênh đường lên / đường xuống được xác định bởi một chỉ mục được gọi là ARFCN. Trong trạm BTS, các ARFCN này được cung cấp các chỉ số sóng mang tùy ý  $C0..Cn-1$ , với  $C0$  được chỉ định là Kênh Beacon và luôn hoạt động ở công suất không đổi.

GSM có các kênh vật lý và logic. Kênh logic được ghép thời gian thành 8 lần, với mỗi lần thời gian kéo dài trong 0,577ms và có 156,25 chu kỳ ký hiệu. 8 khung thời gian này tạo thành một khung gồm 1.250 chu kỳ ký hiệu. Các kênh được xác định bởi số lượng và vị trí của giai đoạn nổi tương ứng. Dung lượng được liên kết với một khoảng thời gian duy nhất trên một ARFCN duy nhất được gọi là kênh vật lý (PCH) và được gọi là " $CnTm$ " trong đó  $n$  là chỉ số sóng mang và  $m$  là chỉ số thời gian (0-7).

### **Ghép kênh và định thời gian**

Mỗi kênh vật lý được ghép theo thời gian thành nhiều kênh logic theo quy tắc của GSM 05.02. Một kênh logic tạo thành 8 giai đoạn (hoặc các kênh vật lý) được gọi là Khung. Ghép kênh kênh lưu lượng theo chu kỳ 26 khung hình (0,12 giây) được gọi là "đa khung". Các kênh điều khiển tuân theo chu kỳ đa khung 51 khung. Kênh vật lý  $C0T0$  mang SCH, mã hóa trạng thái thời gian của trạm BTS để tạo điều kiện đồng bộ hóa với mẫu TDMA.

Thời gian GSM được điều khiển bởi trạm BTS phục vụ thông qua SCH và FCCH. Tất cả các đồng hồ trong thiết bị cầm tay, bao gồm đồng hồ biểu tượng và

bộ dao động cục bộ, được chuyển sang tín hiệu nhận được từ trạm BTS, như được mô tả trong GSM 05.10. Các trạm BTS trong mạng GSM có thể không đồng bộ và tất cả các yêu cầu về thời gian trong tiêu chuẩn GSM có thể được lấy từ tầng 3 OCXO.

### **Mã hóa**

Theo nguyên tắc chung, mỗi kênh GSM sử dụng mã chẵn lẻ khối (thường là mã Fire), mã chập tỷ lệ 1/2, mã bậc 4 và xen kẽ 4 cụm hoặc 8 cụm. Các ngoại lệ đáng chú ý là kênh đồng bộ hóa (SCH) và kênh truy cập ngẫu nhiên (RACH) sử dụng truyền phát một lần và do đó không có xen kẽ. Đối với các kênh lời nói, các bit của bộ mã hóa được sắp xếp vào các lớp quan trọng với các mức độ bảo vệ mã hóa khác nhau được áp dụng cho mỗi lớp (GSM 05.03).

Cả hai khung bộ phát âm 260 bit và khung điều khiển L2 184 bit được mã hóa thành các khung L1 456 bit. Trên các kênh có xen kẽ 4 cụm (BCCH, CCCH, SDCCH, SACCH), 456 bit này được xen kẽ thành 4 cụm vô tuyến với 114 bit tải trọng mỗi lần phát. Trên các kênh có xen kẽ 8 cụm (TCH, FACCH), 456 bit này được xen kẽ trên 8 cụm radio để mỗi cụm radio mang 57 bit từ khung L1 hiện tại và 57 bit từ khung L1 trước đó. Các thuật toán xen kẽ cho các kênh điều khiển và lưu lượng phổ biến nhất được mô tả trong GSM 05.03.

### **Điều khiển công suất vòng kín**

CLPC là chức năng Lớp 1, quản lý mức năng lượng mà điện thoại phải truyền theo thông số Chỉ báo cường độ tín hiệu nhận được (RSSI). Lý do bạn có chức năng như vậy là vì mức năng lượng là một thành phần quan trọng để liên lạc. Nếu không có quản lý mức năng lượng, điều tốt nhất có thể xảy ra là cuộc gọi thoại sẽ có chất lượng kém. Điều thường xảy ra là cuộc gọi thoại sẽ bị hủy hoặc bạn không thể thiết lập cuộc gọi do độ bão hòa của máy thu.

Nó được gọi là vòng lặp vì hai lần một giây có một trao đổi tin nhắn giữa trạm di động và Yate theo thứ tự sau:

- Chiếc điện thoại này tuyên bố rằng nó truyền ở giá trị tuyệt đối nhất định - thường là từ 5 đến 33dBm (Ptx).

- Yate thừa nhận điều này và nó so sánh giá trị này với sức mạnh mà thông điệp đã nhận được (Prx) - thường nằm trong khoảng từ --50 đến --110dbm (Prx).

- Sau đó, theo giá trị tham số đích RSSI (Ptarget) đã đặt trong Yate, mBTS tính toán một lệnh công suất truyền mới (Pcommand) và gửi nó đến thiết bị cầm tay.

Công suất mới là:

$$Pcommand = Ptx + (Ptarget - Prx) \quad (3.1)$$

Điều này phụ thuộc vào giới hạn năng lượng của thiết bị cầm tay. Ở các dải thấp hơn (850 và 900), phạm vi điều khiển công suất là 5-33 dBm. Trong các dải tăng (1800 và 1900), phạm vi thường là 5-30 dBm.

Sự khác biệt giữa công suất truyền và nhận là do mất đường dẫn, (Lpath). Công thức liên quan đến việc truyền và nhận công suất đến mất đường dẫn là:

$$Prx = Ptx - Lpath + Ga \quad (3.2)$$

Trong đó Ga là sự kết hợp giữa mức tăng anten và tổn thất trên dây cáp. Điều này được thể hiện bằng decibel, vì vậy đây thực sự là một phương trình logarit. Lpath thường nằm trong khoảng 120 đến 170 dB.

### ***3.2.3 Chức năng phân cứng và chỉ số kỹ thuật***

Nghiên cứu kỹ một số nội dung dưới đây để phân tích 02 chức năng tiêu biểu của phần cứng thiết bị và đưa ra thông số kỹ thuật cho hệ thống này:

- Phân tích cấu trúc cho phép lập trình được FPGA (Field Programmable Gate Arrays) Cyclone IV E (EP4CE6E22C8N) của bộ thiết bị, chỉ số kỹ thuật;

- Hệ thống được lập trình trên chip thu phát RF (LMS6002D), chỉ số kỹ thuật của chip.

### 3.2.3.1 Nền tảng FPGA

Dãy cổng lập trình tại chỗ (FPGA) có khả năng định lại cấu hình còn IC chuyên dụng không thể. Việc định lại cấu hình là một đặc điểm cho phép FPGA thực hiện với bất kỳ phân cứng sử dụng nào bằng cách thay đổi cấu hình dữ liệu trên một chip nhiều lần cần thiết. Cho dù, số cổng có thể thực hiện được trên một chip như **Xilinx's Virtex** là trong dải 100.000 cổng tới 1.000.000 cổng song vẫn nhỏ hơn hàng triệu cổng đối với một IC chuyên dụng, khả năng định lại cấu hình này sẽ rất có ích trong thiết bị vô tuyến xác định bằng phần mềm (SDR) trong tương lai. Các FPGA điển hình bao gồm một dãy khối bảng logic tra cứu có khả năng định lại cấu hình để thực hiện logic chuỗi tổ hợp and/or và chương trình nguồn có thể tái định lại nhằm nối liền các khối logic. Một vài thuật toán xử lý tín hiệu đặc biệt phù hợp cho cấu trúc FPGA đã được phát triển như thuật toán số học được phân bố. Phương pháp số học phân bố dùng các bảng tra cứu nhằm xử lý tín hiệu nhanh, nó cho phép tạo ra các FPGA rất phù hợp. Ví dụ, bộ lọc FIR dùng thuật toán số học phân bố có cùng tốc độ với số đầu ra bộ lọc là 1 hoặc 100. Điều này tạo ra sự phù hợp để tạo ra một bộ lọc tốc độ cao với số đầu ra nhiều. Nhiều ứng dụng khác dùng ưu thế của cấu trúc FPGA sẽ xuất hiện trong tương lai. Một đặc điểm mới của FPGA là một vài công ty đang phát triển theo hướng định lại cấu hình động. Ví dụ, công cụ **Jbits** từ **Xilinx** cho phép người dùng thay đổi cấu hình của một phần FPGA trong khi FPGA đang hoạt động. Đây vẫn là một công nghệ mới, song nó sẽ là một công cụ rất hữu ích, ví dụ: một máy thu cần thuật toán cho phép định lại cấu hình để thu các tín hiệu đưa qua một kênh thay đổi động. Các IC chuyên dụng cho SDR là một loại chip mới mà có một phần cố định để xử lý tín hiệu chung và một phần có khả năng định lại cấu hình tùy thuộc vào các chuẩn vô tuyến khác nhau như các chuẩn điện thoại tế bào khác nhau. Bởi đây là mục đích để tăng ứng dụng cụ thể hơn là một chip FPGA đa năng, điều đó làm tăng hiệu quả kinh tế và hiệu suất, đồng thời giảm công suất tiêu thụ so với FPGA.

Riêng đối với chip FPGA Cyclone IV E (EP4CE6E22C8N) sử dụng trong hệ thống này, nó có một số đặc điểm và chỉ tiêu kỹ thuật như sau:

**Bảng 3.1 Chỉ số kỹ thuật của chip FPGA Cyclone IV [25]**

<b>Đặc điểm</b>	<b>Hệ số</b>
Các yếu tố logic	15.408
Bộ nhớ nhúng (Kbits)	504
Số nhân $18 \times 18$ nhúng	56
PLL đa năng	4
Mạng Global Clock	20
User I/O Banks	8
Người dùng tối đa I / O	343

(Nguồn: <https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdf>)

- Cấu trúc đồ họa công suất thấp, chi phí thấp;
- Các phần tử logic 6K đến 150K;
- Bộ nhớ nhúng lên đến 6,3 Mb;
- Bộ nhân lên tới 360  $18 \times 18$  cho các ứng dụng chuyên sâu xử lý DSP;
- Các ứng dụng bắc cầu giao thức cho tổng công suất dưới 1,5 W

Cấu trúc bao gồm các LEs, được tạo từ các bảng tra cứu 4 đầu vào (LUTs), các khối bộ nhớ và bội số. Mỗi khối bộ nhớ M9K của Cyclone IV cung cấp 9 Kbit bộ nhớ SRAM nhúng. Có thể định cấu hình các khối M9K dưới dạng cổng đơn, cổng kép đơn giản hoặc RAM cổng kép thực sự, cũng như bộ đệm hoặc ROM FIFO.

I / O của Cyclone IV hỗ trợ bus-hold có thể lập trình (điện trở, độ trễ, hiệu suất phần cứng, tốc độ xoay,...) để tối ưu hóa tính toàn vẹn tín hiệu. Trong các thiết bị Cyclone IV GX, I / O thu phát tốc độ cao được đặt ở phía bên trái của thiết bị. Phía trên, dưới và bên phải có thể thực hiện I / O cho người dùng đa năng.

Cyclone IV bao gồm tối đa 30 mạng GCLK và tối đa tám PLL với năm đầu ra cho mỗi PLLs để cung cấp khả năng quản lý và tổng hợp mạnh mẽ. Có thể tự động cấu hình lại các PLLs của Cyclone IV ở chế độ người dùng để

thay đổi tần số hoặc pha của xung nhịp. Ngoài ra, chip Cyclone IV sử dụng các tế bào SRAM để lưu trữ cấu hình dữ liệu. Dữ liệu được tải xuống chip mỗi khi thiết bị bật nguồn. Các tùy chọn cấu hình chi phí thấp bao gồm các thiết bị flash nối tiếp Altera EPCS và các tùy chọn cấu hình flash song song. Các tùy chọn này cung cấp tính linh hoạt cho các ứng dụng phục vụ mục đích chung, khả năng đáp ứng các yêu cầu cấu hình cụ thể và thời gian đánh thức của các ứng dụng.

### 3.2.3.2 Chip thu phát RF - LMS6002D

LMS6002D là bộ thu phát có thể lập trình đầu tiên trên thế giới (FPRF) và là sản phẩm có chi phí gần như rẻ nhất trên thị trường. Bộ thu phát IC hoạt động từ 300MHz đến 3.8 GHz-trên cả hai band được cấp phép và không có giấy phép; chip này là một thiết bị lý tưởng cho truyền thông không dây và các ứng dụng băng thông rộng, có thể sử dụng cho một loạt các ứng dụng bao gồm các thiết bị SDR hiện hành, thiết bị liên lạc và công nghệ tiêu dùng.

Công nghệ này cũng đã được sử dụng bởi các công ty tư nhân, các tổ chức chính phủ và quân sự để tạo ra vô số các công nghệ băng thông rộng không dây từ đài phát thanh không gian đến các mạng lưới cứu trợ thiên tai đến các thiết bị hạ tầng truyền thông.

LMS6002D có thể được cấu hình kỹ thuật số để hoạt động trên bất kỳ băng tần truyền thông di động nào (hoạt động từ 300MHz đến 3.8 GHz; trong luận văn sử dụng cấu hình 04 băng tần là 835, 933, 1835, 1933 MHz) và được sử dụng trên bất kỳ tiêu chuẩn truyền thông di động 2G, 3G hoặc 4G nào (trong luận văn sử dụng cho mạng 2G).

Chip này kết hợp sự đa dạng của đầu vào RF và đầu ra để kích hoạt một loạt các tính năng được thực hiện. ADC và DAC cho phép nó trực tiếp tương tác với hầu như bất kỳ dải tần, DSP và FPGA ICs nào.

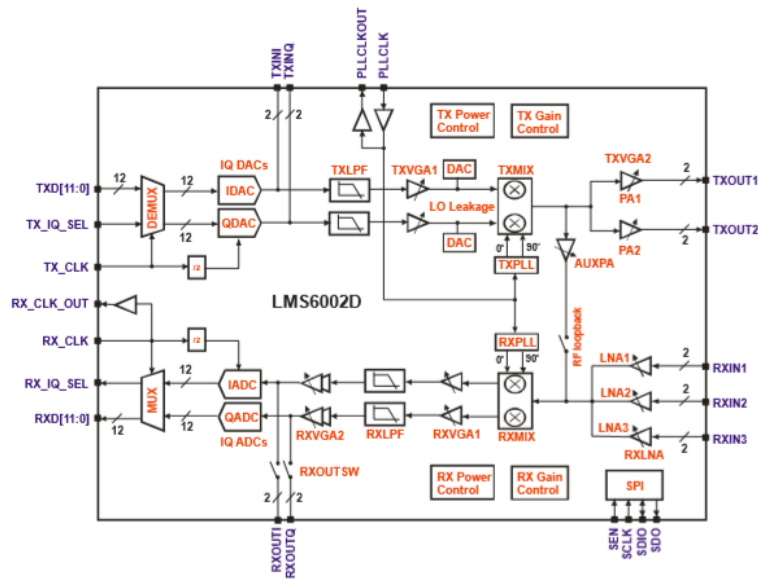
LMS6002D có một giao diện cổng nối tiếp (SPI) tiêu chuẩn để lập trình và bao gồm việc cung cấp hiệu chuẩn RF đầy đủ; các thiết bị kết hợp LNA, PA driver,



RX/TX mixed, bộ lọc RX/TX bộ lọc, kiểm soát tăng RX và điều khiển công suất TX.

LMS6002D thay thế một số chip thu phát và cho phép thiết bị được cấu hình lại nhanh chóng và đơn giản. Điều này cho phép giảm đáng kể kích thước, chi phí vật liệu dẫn đến tối thiểu hóa hiệu suất sẽ cho phép các nhà thiết kế hệ thống sử dụng ít thành phần ngoại vi hơn, giảm thêm hóa đơn vật liệu và chi phí.

Cấu trúc của bộ thu phát LMS6002D được hiển thị trong hình 3.7, cả hai bộ phát và bộ thu được thực hiện như các kiến trúc Zero IF Transceiver - cung cấp băng thông điều chế lên đến 28MHz (tương đương với băng thông IQ 14MHz baseband).



**Hình 3.7: Cấu trúc chung của chip thu phát LMS6002D [24]**

Về mặt truyền tín hiệu, các mẫu IQ DAC từ bộ xử lý băng gốc được cung cấp cho LMS6002D 12 bit ghép kênh. Tín hiệu IQ tương tự được tạo ra bởi trên các chip truyền phát chip. Chúng được đưa đến đầu vào TXINI và TXINQ. Truyền các bộ lọc thông thấp (TXLPF) loại bỏ các hình ảnh được tạo bởi hiệu ứng giữ không của các bộ xử lý tín hiệu. Các tín hiệu IQ sau đó được khuếch đại (TXVGA1) và được chèn vào đường dẫn IQ bằng các bộ xử lý LO. Các tín hiệu IQ sau đó được trộn với đầu ra PLL (TXPLL) để tạo ra tín hiệu được điều chế. Tín hiệu này sau đó

được phân tách và khuếch đại bởi hai bộ khuếch đại biến đổi riêng biệt (TXVGA2) và hai đầu ra được cung cấp dưới dạng đầu ra RF.

Phạm vi điều khiển mức tăng của máy phát 56dB được cung cấp bởi các bộ khuếch đại IF (TXVGA1, 31dB) và RF (TXVGA2, 25 dB). Cả hai TXVGA đều có bước tăng 1dB.

LMS6002D cung cấp tùy chọn phản hồi RF cho phép tín hiệu được đưa trở lại vào dải tần cơ sở cho mục đích kiểm tra và hiệu chuẩn. Tín hiệu quay lại vòng lặp RF được khuếch đại bởi một PA phụ (AUXPA) để tăng phạm vi động của vòng lặp.

Về phía bên nhận, ba đầu vào riêng biệt được cung cấp mỗi đầu vào với một LNA chuyên dụng. Mỗi tín hiệu RF trước tiên được khuếch đại bởi bộ khuếch đại nhiễu thấp có thể lập trình (RXLNA). Tín hiệu RF sau đó được trộn với đầu ra PLL (RXPLL) để chuyển trực tiếp xuống băng cơ sở. Các bước AGC lớn có thể được thực hiện bởi bộ khuếch đại IF (RXVGA1) trước các bộ lọc chọn kênh băng thông thấp có thể lập trình (RXLPF). Tín hiệu IQ nhận được được khuếch đại thêm bởi bộ khuếch đại có thể lập trình RXVGA2. DC được sử dụng ở đầu vào của RXVGA2 để ngăn bão hòa và để bảo toàn nhận dải động ADC (s). Các tín hiệu IQ nhận tín hiệu tương tự được chuyển đổi thành miền kỹ thuật số bằng cách sử dụng ADC và được cung cấp làm đầu ra cho bộ xử lý băng gốc. RX\_CLK được cung cấp ngoài chip tại RX\_CLK\_OUT và có thể được sử dụng để đồng bộ hóa lấy mẫu dữ liệu kỹ thuật số cơ sở.

Bằng cách đóng công tắc RXOUT và tắt nguồn RXVGA2, các chân RXOUTI và RXOUTQ có thể được sử dụng làm đầu vào IQ ADC. Trong cấu hình này, ADC có thể được sử dụng để đo hai tín hiệu bên ngoài, chẳng hạn như cảm biến nhiệt độ PA ngoài chip hoặc đầu dò.

Hai đầu ra máy phát (TXOUT1, TXOUT2) và ba đầu vào máy thu (RXIN1, RXIN2, RXIN3) được cung cấp để tạo điều kiện cho hoạt động đa băng tần.

Chức năng của LMS6002D được kiểm soát hoàn toàn bởi một bộ các thanh ghi bên trong có thể được truy cập thông qua một cổng nối tiếp.

Để kích hoạt hoạt động song công hoàn toàn, LMS6002D chứa hai bộ tổng hợp riêng biệt (TXPLL, RXPLL) cả hai được điều khiển từ cùng một nguồn đồng hồ tham chiếu PLLCLK. Tín hiệu PLLCLK được cung cấp tại chân đầu ra PLLCLKOUT và có thể được sử dụng làm đồng hồ cơ sở.

Tín hiệu khác biệt được thực hiện trong các đường dẫn nhận và truyền trong suốt chip.

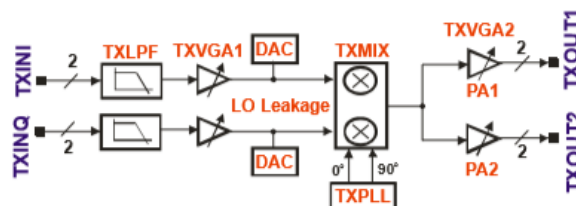
### TX gain control

Phần phát của chip LMS6002D có hai giai đoạn khuếch đại có thể lập trình, TXVGA1 nằm trong phần IF và TXVGA2 nằm trong phần RF, (Hình 3.8). TXVGA1 được triển khai trên các nhánh I và Q nhưng được điều khiển bởi một từ điều khiển duy nhất. TXVGA2 bao gồm 2 bộ khuếch đại một cho mỗi đầu ra máy phát, tuy nhiên chỉ một trong số các bộ khuếch đại đầu ra này có thể hoạt động bất cứ lúc nào.

**Bảng 3.2 Điều khiển hoạt động của TX [24]**

Thông số	Điều kiện	Đơn vị tối thiểu	Loại	Đơn vị tối đa	Đơn vị
TXLPF Gain	Tăng 0 dB khi bỏ qua	0		6	dB
TXVGA1 phạm vi kiểm soát tăng			31		dB
TXVGA1 kích thước bước tăng	Bước đơn được đảm bảo		1		dB
TXVGA2 phạm vi kiểm soát tăng			25		dB
TXVGA2 kích thước bước tăng	Bước đơn được đảm bảo		1		dB

(Nguồn: <https://limemicro.com/>)



**Hình 3.8: Cấu trúc của phần phát chip LMS6002D [24]**

### RX gain control

Bộ thu LMS6002D có ba phần tử điều khiển khuếch đại, RXLNA, RXVGA1 và RXVGA2 (xem Hình 3.9). Kiểm soát mức tăng RXLNA bao gồm một bước 6dB duy nhất cho AGC khi có các trình chặn đồng kênh lớn và việc giảm hệ thống NF là chấp nhận được. Các LNA chính (LNA1 và LNA2) có khả năng kiểm soát mức tăng tốt thông qua một từ 6 bit cung cấp điều khiển  $\pm 6\text{dB}$  nhằm điều chỉnh tần số khi cần bằng thông đầu vào lớn.

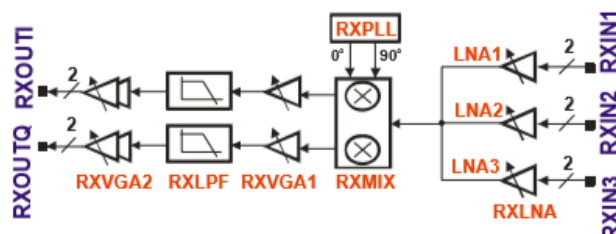
RXVGA1 cung cấp 25dB phạm vi điều khiển, từ điều khiển 7 bit được sử dụng và phản hồi không phải là log-linear. Kích thước bước tối đa là 1dB. RXVGA1 được dành cho các bước AGC cần thiết để giảm mức tăng hệ thống trước các bộ lọc kênh khi có bộ chặn băng tần lớn. Độ lợi này có thể được kiểm soát bằng cơ sở hoặc cố định trên hiệu chuẩn.

RXVGA2 cung cấp phần lớn điều khiển khuếch đại cho AGC nếu cần mức tín hiệu RX không đổi ở đầu vào ADC. Nó có kiểm soát phạm vi tăng 30dB trong các bước 3dB.

**Bảng 3.3 Điều khiển hoạt động của RX [24]**

Thông số	Điều kiện	Đơn vị tối thiểu	Loại	Đơn vị tối đa	Đơn vị
RXLNA phạm vi kiểm soát tăng	Bước đơn	0		6	dB
RXVGA1 phạm vi kiểm soát tăng			25		dB
RXVGA1 kích thước bước tăng	Không tuyến tính			1	dB
RXLPF Gain	Tăng 0 dB khi bỏ qua	0		6	
RXVGA2 phạm vi kiểm soát tăng			30		dB
RXVGA2 kích thước bước tăng	Bước đơn được đảm bảo		3		dB

(Nguồn: <https://limemicro.com/>)



**Hình 3.9: Cấu trúc của phần thu chip LMS6002D [24]**

### 3.3 Triển khai thực nghiệm trên mô hình đề xuất

#### 3.3.1 Thiết lập chế độ

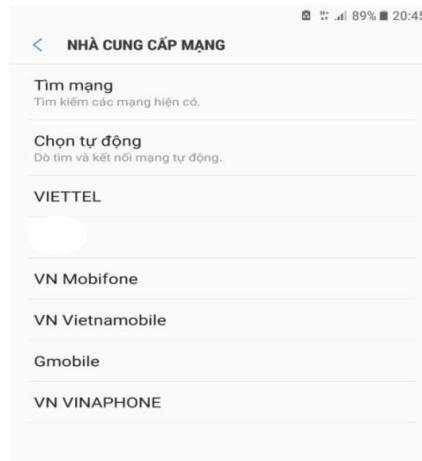
Chế độ quản lý cho phép cấu hình bao gồm các lựa chọn cài đặt cấu hình cho các thành phần GSM, GPRS, Transceiver....

Hình 3.10 hiển thị giao diện cấu hình cho thiết bị, trong phần này bao gồm chọn dải tần số (các dải tần số được hỗ trợ trong khoảng từ 850MHz, đến 1900MHz), tương ứng với mỗi dải tần cần lựa chọn các kênh cho phù hợp, tuy nhiên kết quả thực nghiệm chỉ tiến hành thử nghiệm với khoảng 3 là 936 MHz, 1807 MHz và 1933 MHz.

Set parameters values for section [gsm] to be written in ybts.conf file.	
Radio.Band	EGSM900 ?
Radio.CO	#0: 935 MHz downlink / 850 MHz uplink ?
Identity.MCC	?
Identity.MNC	?
Identity.LAC	10000 ?
Identity.CI	10000 ?
Identity.BSIC.BCC	2 ?
Identity.BSIC.NCC	0 ?
Identity.ShortName	Test1 ?
Radio.PowerManager.MaxAttenDB	9 ?
Radio.PowerManager.MinAttenDB	0 ?
<input type="button" value="Submit"/> <input type="button" value="Reset"/>	

**Hình 3.10: Giao diện cấu hình**

Sau khi thiết lập, thiết bị được thử nghiệm kết nối với điện thoại; khi khởi động thiết bị, các điện thoại trong vùng phủ sóng của thiết bị có thể nhìn thấy mạng do thiết bị tạo ra (Hình 3.10).



**Hình 3.11: Thử nghiệm kết nối điện thoại với thiết bị**

### Giao diện lịch sử kết nối

Khi kết nối thành công, ta cũng thu được lịch sử kết nối với thiết bị trên giao diện lịch sử các kết nối (hình 3.11), các thông tin đều được hiển thị ở đây.

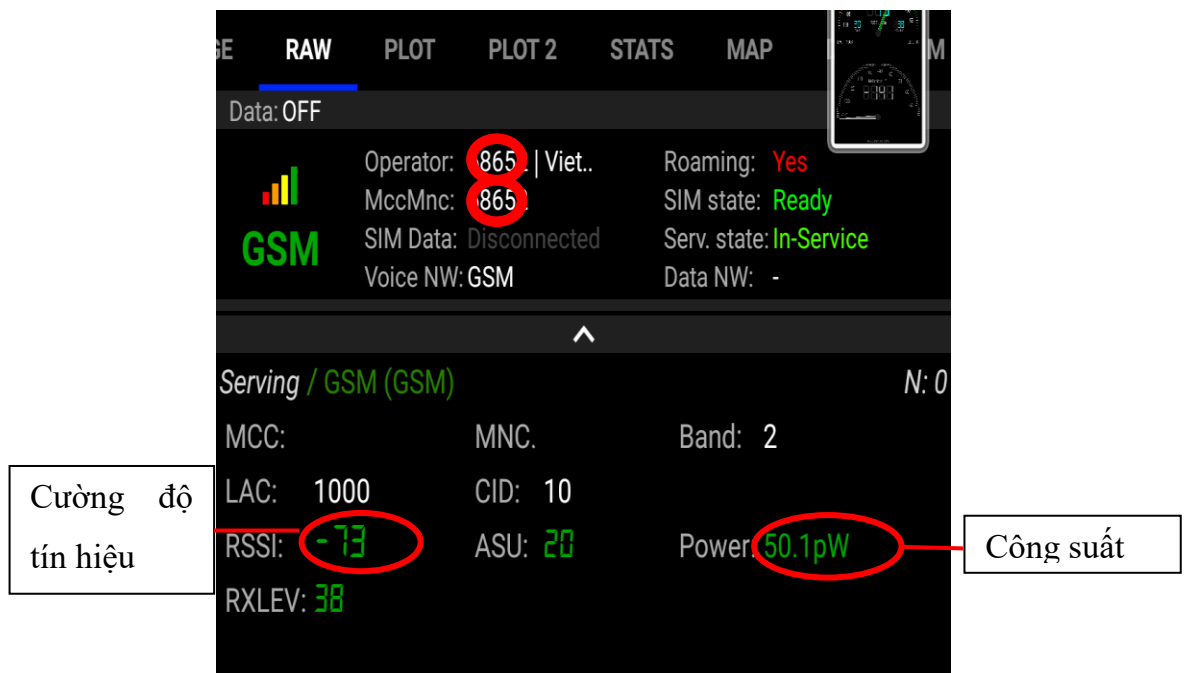
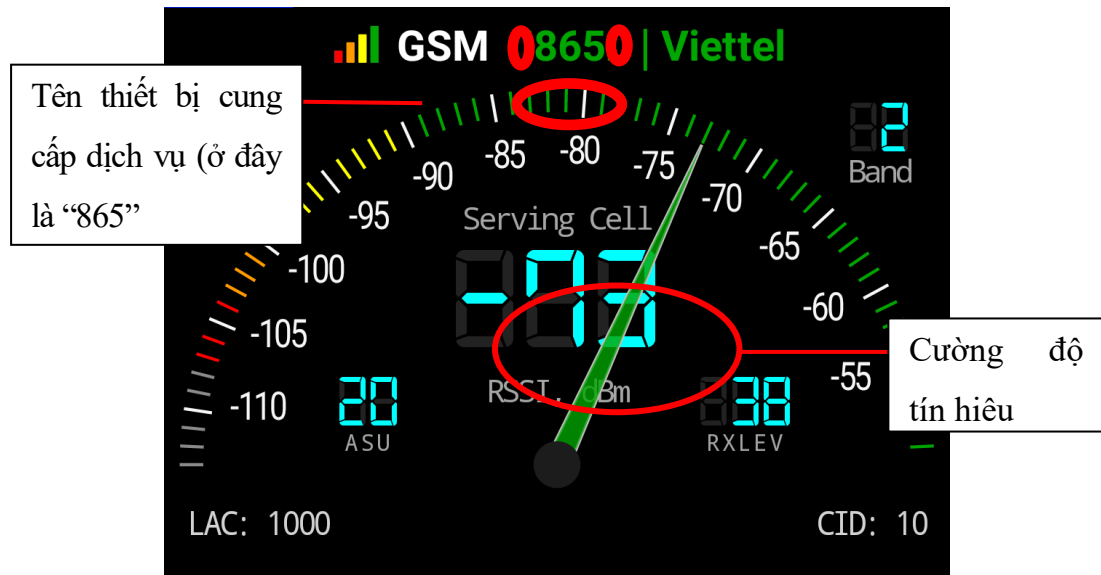
Time	Billid	Chan	Address	Caller	Called	Billtime	Ringtime	Duration	Direction	Status	Reason
2018-12-06 02:40:06	1544081897-4	ybtst/3	TMSI007b0018	842217580	843408764	318.977	1.542	321.597	outgoing	answered	normal-clearing
2018-12-06 02:40:06	1544081897-4	ybtst/2	TMSI007b0014	TMSI007b0014	843408764	318.976	1.542	321.876	incoming	answered	normal-clearing
2018-12-06 02:38:51	1544081897-1	ybtst/1	TMSI007b0014	TMSI007b0014	32843	0.000	0.000	22.920	incoming	answered	normal-clearing
2018-12-06 10:23:36	1544066595-3	ybtst/3	TMSI007b0017	842217580	847671995	88.166	1.580	90.780	outgoing	answered	normal-clearing
2018-12-06 10:23:35	1544066595-3	ybtst/2	TMSI007b0014	TMSI007b0014	847671995	88.163	1.580	91.061	incoming	answered	normal-clearing
2018-12-06 10:23:29	1544066595-1	ybtst/1	TMSI007b0014	TMSI007b0014	32843	0.000	0.000	2.021	incoming	answered	normal-clearing
2018-12-06 10:22:24	1544065888-7	ybtst/10	TMSI007b0017	842217580	847671995	0.000	0.000	14.723	outgoing	outgoing	normal-clearing
2018-12-06 10:22:23	1544065888-7	ybtst/9	TMSI007b0014	TMSI007b0014	847671995	0.000	0.000	15.000	incoming	accepted	normal-clearing
2018-12-06 10:18:27	1544065888-6	ybtst/8	TMSI007b0017	842217580	847671995	66.342	1.260	69.138	outgoing	answered	normal-clearing
2018-12-06 10:18:27	1544065888-6	ybtst/7	TMSI007b0014	TMSI007b0014	847671995	66.341	1.260	69.419	incoming	answered	normal-clearing
2018-12-06 10:16:26	1544065888-5	ybtst/5	TMSI007b0014	TMSI007b0014	847671995	112.405	2.160	116.083	incoming	answered	net-out-of-order
2018-12-06 10:16:26	1544065888-5	ybtst/6	TMSI007b0017	842217580	847671995	112.403	2.160	115.798	outgoing	answered	net-out-of-order
2018-12-06 10:12:17	1544065888-3	ybtst/3	TMSI007b0016	842217580	847304512	0.000	0.000	13.143	outgoing	outgoing	normal-clearing
2018-12-06 10:12:17	1544065888-3	ybtst/2	TMSI007b0014	TMSI007b0014	847304512	0.000	0.000	13.420	incoming	accepted	normal-clearing
2018-12-06 10:11:50	1544065888-1	ybtst/1	TMSI007b0014	TMSI007b0014	32843	0.000	0.000	8.580	incoming	answered	normal-clearing
2018-12-06 09:49:38	1544064440-5	ybtst/4	TMSI007b0016	842217580	847304512	117.465	3.457	122.241	outgoing	answered	normal-clearing
2018-12-06 09:49:38	1544064440-5	ybtst/3	TMSI007b0014	TMSI007b0014	847304512	117.462	3.457	122.520	incoming	answered	normal-clearing
2018-12-06 09:48:30	1544064440-1	ybtst/1	TMSI007b0014	TMSI007b0014	32843	0.000	0.000	16.039	incoming	answered	normal-clearing
2018-11-22 03:16:03	1542874368-4	ybtst/3	TMSI007b0014	TMSI007b0014	847304512	26.928	13.081	41.827	incoming	answered	normal-clearing
2018-11-22 03:16:03	1542874368-4	ybtst/4	TMSI007b0015	842217580	847304512	26.922	13.081	41.543	outgoing	answered	normal-clearing

**Hình 3.12: Giao diện lịch sử kết nối**

Khi đã kết nối thành công, ta tiến hành thử nghiệm hoạt động của thiết bị này trên nhiều dải băng tần, thay đổi các khoảng cách để kiểm tra công suất của thiết bị.

### 3.3.2 Kết quả thực nghiệm

Đầu tiên, ta đo công suất và cường độ tín hiệu của thiết bị với khoảng cách từ thiết bị đến thiết bị đo là 1 mét lần lượt đối với các dải tần số là 936 MHz, 1807 MHz và 1933 MHz.



**Hình 3.13:** Sử dụng thiết bị di động để đo công suất và cường độ tín hiệu của thiết bị

Ta thu được kết quả cụ thể như sau:

**Bảng 3.4 Kết quả đo công suất và cường độ tín hiệu từ thiết bị với khoảng cách đo 1m**

Thông số đo đặc	Dải tần	Thời gian đo (phút)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Công suất (W)	<b>936 MHz</b>	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$
ASU		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	22
RSSI (dBm)		-73	-73	-73	-73	-73	-73	-73	-73	-73	-73	-69
RXLEV		38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	42
Công suất (W)	<b>1807 MHz</b>	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	50.1 $\times 10^{-12}$	199.5 $\times 10^{-9}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$
ASU		31	31	20	23	20	20	20	20	20	20	20
RSSI (dBm)		-51	-51	-73	-67	-73	-73	-73	-73	-73	-73	-73
RXLEV		60	60	38	44	38	38	38	38	38	38	38
Công suất (W)	<b>1933 MHz</b>	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$
ASU		31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
RSSI (dBm)		-51	-51	-51	-51	-51	-51	-51	-51	-51	-51	-51
RXLEV		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

Tương tự, ta tiến hành đo công suất và cường độ tín hiệu của thiết bị với khoảng cách từ thiết bị thử nghiệm đến thiết bị đo là 2 mét cũng đối với các dải tần số là 936 MHz, 1807 MHz và 1933 MHz, ta được kết quả như sau:



**Bảng 3.5 Kết quả đo công suất và cường độ tín hiệu từ thiết bị với khoảng cách đo 2m**

Thông số đo đặc	Dải tần	Thời gian đo (phút)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Công suất (W)	<b>936 MHz</b>	2.0 $\times 10^{-9}$	2.0 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-12}$	2.0 $\times 10^{-10}$	3.16 $\times 10^{-12}$	5.01 $\times 10^{-14}$	2.0 $\times 10^{-14}$	5.01 $\times 10^{-12}$	5.01 $\times 10^{-12}$	50.1 $\times 10^{-12}$	5.01 $\times 10^{-12}$
ASU		28	28	15	23	14	5	3	15	15	5	15
RSSI(dBm)		-57	-57	-83	-67	-85	-103	-107	-83	-83	-103	-83
RXLEV		54	54	28	44	26	8	4	28	28	8	28
Công suất (W)	<b>1807 MHz</b>	5.01 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	2.0 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	2.0 $\times 10^{-9}$	2.0 $\times 10^{-9}$	2.0 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	2.0 $\times 10^{-9}$	2.0 $\times 10^{-9}$
ASU		30	31	30	28	30	28	28	28	30	28	28
RSSI(dBm)		-53	-51	-53	-57	-53	-57	-57	-57	-53	-57	-57
RXLEV		58	60	58	54	58	54	54	54	58	54	54
Công suất (W)	<b>1933 MHz</b>	7.9 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	2.0 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$
ASU		31	31	30	28	20	20	20	20	20	20	20
RSSI(dBm)		-51	-51	-53	-57	-53	-53	-53	-53	-53	-53	-53
RXLEV		60	60	58	54	58	58	58	58	58	58	58

Tiếp theo, ta tiến hành đo công suất và cường độ tín hiệu của thiết bị với khoảng cách từ thiết bị thử nghiệm đến thiết bị đo là 5 mét cũng đối với các dải tần số là 936 MHz, 1807 MHz và 1933 MHz, ta được kết quả như sau:

**Bảng 3.6 Kết quả đo công suất và cường độ tín hiệu từ thiết bị với khoảng cách đo 5m**

Thông số đo đặc	Dải tần	Thời gian đo (phút)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Công suất (W)	<b>936 MHz</b>	3.16 $\times 10^{-12}$	1.26 $\times 10^{-9}$	3.16 $\times 10^{-12}$	5.01 $\times 10^{-13}$	5.01 $\times 10^{-13}$	5.01 $\times 10^{-14}$	3.16 $\times 10^{-13}$	5.01 $\times 10^{-13}$	3.16 $\times 10^{-13}$	5.01 $\times 10^{-14}$	5.01 $\times 10^{-13}$
ASU		14	27	14	10	10	5	9	10	9	5	10
RSSI(dBm)		-85	-59	-85	-93	-93	-103	-95	-93	-95	-103	-93
RXLEV		26	52	26	18	18	8	16	18	16	8	18
Công suất (W)	<b>1807 MHz</b>	1.26 $\times 10^{-9}$	1.26 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-12}$	2.0 $\times 10^{-10}$	3.16 $\times 10^{-12}$	3.16 $\times 10^{-12}$	5.01 $\times 10^{-12}$	5.01 $\times 10^{-12}$	5.01 $\times 10^{-12}$	3.16 $\times 10^{-12}$	5.01 $\times 10^{-12}$
ASU		27	27	15	23	14	14	15	15	15	14	15
RSSI(dBm)		-59	-59	-83	-67	-85	-85	-83	-83	-83	-85	-83
RXLEV		52	52	28	44	26	26	28	28	28	26	28
Công suất (W)	<b>1933 MHz</b>	3.16 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	1.99 $\times 10^{-9}$	1.26 $\times 10^{-9}$	3.16 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	3.16 $\times 10^{-9}$	7.9 $\times 10^{-9}$	5.01 $\times 10^{-9}$	3.16 $\times 10^{-9}$
ASU		29	30	28	27	29	30	30	29	31	30	29
RSSI(dBm)		-55	-53	-57	-59	-55	-53	-53	-55	-51	-53	-55
RXLEV		56	58	54	52	56	58	58	56	60	58	56

Cuối cùng, ta tiến hành đo công suất và cường độ tín hiệu của thiết bị với khoảng cách từ thiết bị thử nghiệm đến thiết bị đo là 5 mét cũng đối với các dải tần số là 936 MHz, 1807 MHz và 1933 MHz, ta được kết quả như sau:

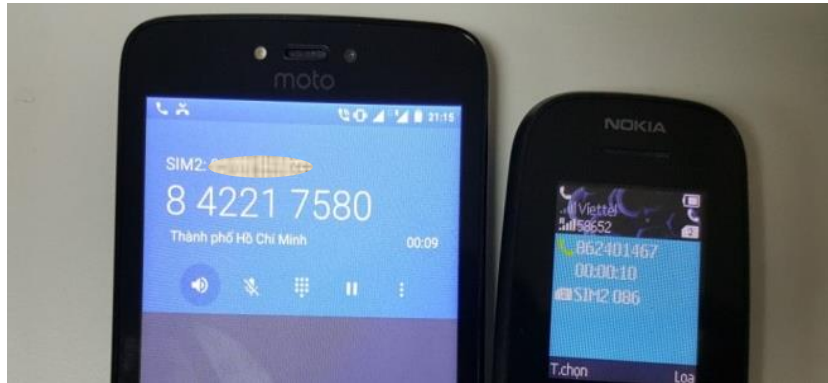
**Bảng 3.7 Kết quả đo công suất và cường độ tín hiệu từ thiết bị với khoảng cách đo 10m**

Thông số đo đặc	Dải tần	Thời gian đo (phút)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Công suất (W)	<b>936 MHz</b>	7.9 $\times 10^{-15}$	2.0 $\times 10^{-14}$	7.9 $\times 10^{-15}$	2.0 $\times 10^{-14}$	2.0 $\times 10^{-14}$	2.0 $\times 10^{-14}$	7.9 $\times 10^{-15}$	2.0 $\times 10^{-14}$	2.0 $\times 10^{-14}$	2.0 $\times 10^{-14}$	7.9 $\times 10^{-15}$
ASU		1	3	1	3	3	3	1	3	3	3	1
RSSI(dBm)		-111	-107	-111	-107	-107	-107	-111	-107	-107	-107	-111
RXLEV			4		4	4	4		4	4	4	
Công suất (W)	<b>1807 MHz</b>	7.9 $\times 10^{-15}$	7.9 $\times 10^{-14}$	5.01 $\times 10^{-14}$	2.0 $\times 10^{-14}$	2.0 $\times 10^{-14}$	5.01 $\times 10^{-14}$	5.01 $\times 10^{-14}$	2.0 $\times 10^{-14}$	7.9 $\times 10^{-15}$	2.0 $\times 10^{-14}$	7.9 $\times 10^{-15}$
ASU		1	6	5	3	3	5	5	3	1	3	1
RSSI(dBm)		-111	-101	-103	-107	-107	-103	-103	-107	-111	-107	-111
RXLEV			10	8	4	4	8	8	4		4	
Công suất (W)	<b>1933 MHz</b>	5.01 $\times 10^{-14}$	7.9 $\times 10^{-14}$	5.01 $\times 10^{-14}$	7.9 $\times 10^{-15}$	5.01 $\times 10^{-14}$	7.9 $\times 10^{-15}$	5.01 $\times 10^{-14}$	5.01 $\times 10^{-14}$	5.01 $\times 10^{-14}$	5.01 $\times 10^{-14}$	5.01 $\times 10^{-14}$
ASU		5	6	5	1	5	1	5	5	5	5	5
RSSI(dBm)		-103	-101	-103	-111	-103	-111	-103	-103	-103	-103	-103
RXLEV		8	10	8		8		8	8	8	8	8

Trong khoảng cách là 10m, ta có thể thấy cường độ tín hiệu bắt đầu yếu đi, qua nhiều lần đo đặc cho thấy thiết bị hoạt động hiệu quả nhất trong vòng bán kính khoảng 10m trở lại.

Ngoài kết quả trên, ta tiến hành liên tục thu phát 24/24, kết quả được đo đạc nhiều lần, công suất tương đối ổn định, liên tục, đáp ứng được yêu cầu được giao.

Ngoài ra, khi cho các điện thoại cùng đăng ký vào mạng thông qua thiết bị, các điện thoại cùng đăng kí có thể thực hiện liên lạc với nhau (gửi tin nhắn hoặc gọi điện thoại trực tiếp) (Hình 3.14)



**Hình 3.14: Hai điện thoại trong mạng kết nối với nhau**

### **3.4 Dự kiến đóng góp của luận văn**

#### **Trong lĩnh vực dân sự**

- Ưu điểm trong tính năng của bộ thiết bị có giá cả hợp lý. Khi muốn thay thế các hệ thống cũ hoặc muốn nâng cấp thêm các dịch vụ, áp dụng các tiêu chuẩn mới mà không cần phải thay đổi toàn bộ phần cứng, hạn chế tổn kém và lãng phí. Khi đó sẽ mang lại hiệu quả thương mại cao hơn cho các nhà sản xuất và cung cấp dịch vụ và cũng mang lại lợi ích kinh tế cho người sử dụng

- Cho phép đưa vào sử dụng các đường truyền riêng, các kênh truyền thuê riêng an toàn cho các tổ chức, doanh nghiệp.

- Việc tích hợp nhiều dịch vụ trên một thiết bị đem lại lợi ích không chỉ cho các nhà sản xuất, kinh doanh mà còn đem lại sự tiện lợi lớn cho người sử dụng. Bằng việc chế tạo ra các thiết bị truyền thông đa phương tiện làm cho người dùng chỉ cần mang một thiết bị mà vẫn có thể dùng nhiều chức năng khác nhau: điện thoại, máy tính bỏ túi cho các ứng dụng số liệu, các yêu cầu tốc độ khác nhau: thư điện tử, trình duyệt web, thư thoại...

### **Trong lĩnh vực quân sự**

Trong tương lai, sẽ phát triển hệ thống này để có thể thông qua việc phát triển các bộ điều chỉnh và bộ lọc băng rộng, linh hoạt kết hợp với các chipset kỹ thuật số có thể lập trình, như mảng cổng lập trình trường (FPGA) và phần mềm. Cấu trúc cho phép sử dụng các ứng dụng phần mềm trên một nền tảng phần cứng duy nhất để điều chỉnh thành nhiều tần số để thiết lập bất kỳ cơ sở hạ tầng thông tin liên lạc quan trọng nào trong quân đội.

Giao tiếp quân sự đòi hỏi hiệu suất cao, khả năng giao tiếp qua nhiều dải tần khác nhau, phát hiện các tín hiệu không dây không xác định để chuyển sang chỉ huy và kiểm soát, và tất nhiên, khả năng giao tiếp bằng nhiều giao thức khác nhau (WiFi, 4G LTE, Bluetooth, giao thức độc quyền, v.v.). SDR cao cấp hơn cho phép cấu hình dễ dàng tùy thuộc vào tình huống đáp ứng các yêu cầu này, do đó làm giảm lượng thiết bị cần thiết. Thiết bị này sẽ được áp dụng cho nhiều thứ hơn là chỉ giao tiếp và cung cấp sự linh hoạt để kết hợp các tín hiệu thông minh, liên lạc và chiến tranh điện tử tất cả trong một nền tảng. Thiết bị cũng cung cấp khả năng sử dụng các công nghệ mới khi chúng có sẵn thông qua các bản cập nhật phần mềm và phần cứng. Nó có thể dễ dàng được nâng cấp thông qua thay đổi phần mềm / phần cứng, vì vậy quân nhân có thể sử dụng với các giao thức và tiêu chuẩn trong tương lai mà không cần thay đổi thiết bị, giúp tiết kiệm chi phí cả về phần cứng và đào tạo, tránh để lộ thông tin không cần thiết.

Chức năng của thiết bị SDR có ưu điểm là tính an toàn của thông tin, mã hoá bảo mật cao, cho phép quân nhân không chỉ giao tiếp trên một dải tần số rộng với khả năng sử dụng các phương pháp mã hóa luôn thay đổi.

Trong chiến tranh hiện đại, trinh sát, tình báo mạng và chiến tranh điện tử có thể tạo ra sự khác biệt giữa sự sống và cái chết. Các thiết bị SDR như đã trình bày trong luận văn có thể được tùy chỉnh đặc biệt để đáp ứng các nhu cầu cụ thể của quân nhân như có thể thay đổi về kích thước, trọng lượng, mức tiêu thụ điện năng, giao diện nhưng vẫn đảm bảo chức năng liên lạc, hoạt động với băng tần rất rộng. Người lính sẽ có khả năng giao tiếp ở quy mô lớn, tham gia vào mạng thông tin lớn trong cả hệ thống tác chiến trong đó bao gồm nhiều loại thiết bị cho các đơn vị với

sự đa dạng các tiêu chuẩn và dạng loại chế độ thông tin khác nhau, hỗ trợ chiến sỹ hoàn thành mọi nhiệm vụ được giao trên chiến trường.

### 3.5 Nhận xét, đánh giá

Trong chương 3 đã tiến hành thử nghiệm hoạt động của thiết bị này trên nhiều dải băng tần, ta cũng đã đo công suất và cường độ tín hiệu của thiết bị đối với điện thoại kết nối với mạng với khoảng cách nhất định trên các dải tần số là 936 MHz, 1807 MHz và 1933 MHz. Với dải tần 1933 MHz ta thu được cường độ tín hiệu là lớn nhất, tương tự với khoảng cách gần nhất là 1m ta cũng thu được cường độ tín hiệu là lớn nhất. Trong khoảng cách đo đặc là 10m, ta thu được kết quả như Bảng 3.7 thể hiện; trong đó, có một số thời điểm cường độ tín hiệu (RSSI) là rất thấp và mức tín hiệu thu (RXLEV) rất yếu (RXLEV được đánh số từ 0 đến 63 với 63 là mạnh nhất, RXLEV có RSSI thấp hơn -110 dBm được coi là không thể nhận biết được trong GSM).

Ta có thể kết luận là thiết bị hoạt động hiệu quả nhất trong vòng bán kính ngắn hơn khoảng 10m.

**Bảng 3.8** Mối liên hệ giữa cường độ tín hiệu thu và mức tín hiệu thu [21]

<b>RXLEV</b>	<b>Dải dBm</b>
1	< -110 dBm
2	-110 đến -109
3	-109 đến -108
...	...
61	-50 đến -49
62	-49 đến -46
63	Lớn hơn -48

(Nguồn: <https://telecomstudy18.blogspot.com/2014/04/rxlev-in-gsm.html?m=1>)

### 3.6 Kết luận chương 3

Trong chương 3, ta đã đề xuất mô hình thử nghiệm trên thiết bị viễn thông quân sự có sử dụng hệ thống SDR; trong hệ thống này là thiết bị có sử dụng PC đóng vai trò như thành phần lõi, bộ vi mạch SDR để điều hành chung, 02 anten thu, phát và bộ khuếch đại. Đề tích hợp được tất cả các chức năng cần thiết, đối với

phần mềm ta áp dụng giải pháp là sử dụng lớp vật lý mềm thực hiện mạng truy nhập vô tuyến GSM/GPRS dựa trên Yate (Yet Another Telephony Engine) có khả năng phục hồi, tùy biến và độc lập công nghệ; sử dụng bộ phần cứng với FPGA và chip thu phát RF (LMS6002D). FPGA với ưu điểm có tính kinh tế, có khả năng định lại cấu hình với các chuẩn vô tuyến khác nhau như các chuẩn điện thoại tế bào khác nhau. Chip thu phát LMS6002D có thể được cấu hình kỹ thuật số để hoạt động trên bất kỳ băng tần truyền thông di động nào. Với các thiết kế nêu trên, thiết bị được vận hành để thử nghiệm kết nối với điện thoại; khi khởi động thiết bị, các điện thoại trong vùng phủ sóng của thiết bị đều có thể kết nối với mạng do thiết bị tạo ra.

Ngoài ra, ta tiến hành thử nghiệm hoạt động của thiết bị này trên nhiều dải băng tần, bằng cách đo công suất và cường độ tín hiệu của thiết bị đối với điện thoại kết nối với mạng với khoảng cách nhất định trên các dải tần số là 936 MHz, 1807 MHz và 1933 MHz. Qua đánh giá, ta thấy được hiệu quả hoạt động của thiết bị trong vòng bán kính khoảng 10m trở lại, đây cũng là hạn chế của thiết bị còn đang trong giai đoạn thử nghiệm, do vậy luận văn này sẽ còn tiếp tục các nội dung nghiên cứu để tăng khả năng làm việc của thiết bị.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua một thời gian nghiên cứu, dưới sự giúp đỡ tận tình của thầy Nguyễn Chiến Trinh và sự cố gắng nghiên cứu của bản thân, tôi đã hoàn thành luận văn. Toàn bộ luận văn đã trình bày khá đầy đủ về sự ra đời, phát triển và tổng quan về thiết bị vô tuyến có cấu trúc xác định bằng phần mềm - SDR. Nội dung của luận văn đã đi sâu tìm hiểu về thành phần cấu trúc của SDR, các cấu trúc tiêu biểu của SDR: cấu trúc SDR chuyển đổi trực tiếp, cấu trúc SDR lấy mẫu trung tần. Từ đó đưa ra các thông số nghiên cứu cho thiết kế máy thu và máy phát SDR, cũng như giải quyết các vấn đề cơ bản trong các cấu trúc đó. Và cuối cùng, luận văn đã đề xuất mô hình một thiết bị có ứng dụng công nghệ SDR và có thể sử dụng trong lĩnh vực quân sự.

Quá trình làm luận văn đã giúp tôi hoàn thiện thêm về kiến thức lý thuyết, khả năng tìm hiểu tài liệu, cách đặt vấn đề, giải quyết vấn đề một cách tổng thể. Qua đó trang bị cho bản thân những lý thuyết cơ bản về công nghệ “ **Software Defined Radio** ” - SDR. Đây là những kiến thức rất bổ ích giúp tôi trong công tác thực tiễn tại đơn vị. Tuy vậy, do thời gian hạn chế và tính mới mẻ của luận văn cùng vấn đề khó khăn về tài liệu nên luận văn mới chỉ nêu lên được những kiến thức chung, tổng quan về SDR. Vì vậy, tôi rất mong muốn nhận được sự đóng góp và tạo điều kiện của các thầy, cô giáo và các học viên để tôi tiếp tục phát triển luận văn, có điều kiện nghiên cứu chi tiết về SDR.



## DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tài liệu tiếng Việt

- [1] PGS TS Nguyễn Quốc Bình, *Kỹ thuật truyền dẫn số*, Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, 2001.
- [2] PGS TS Nguyễn Quốc Bình, *Tổng quan về thông tin di động và hệ thống GSM*, Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, 2002.
- [3] TS Phạm Văn Bính - TS Đỗ Quốc Trinh, Tài liệu dùng cho giảng dạy Kỹ sư thông tin quân sự HVKTQS - *Cơ sở xây dựng điện đài quân sự*, 2003.
- [4] TS Nguyễn Phạm Anh Dũng, *Thông tin di động thế hệ 3*, Nhà xuất bản Bưu điện, 2001.
- [5] Vũ Đức Thọ, *Thông tin di động số cellular*, 1997.
- [6] Vũ Thị Hồng Xiêm, *Công nghệ xử lý tín hiệu số DSP và công nghệ FPGA*, 2008.

### Tài liệu tiếng Anh

- [7] Bose. V. G, “A Software Driven Approach to SDR Design”, COTS Journal, 2004.
- [8] Hosking. R. H, Software Defined Radio Handbook (Notes Gathering), 8 ed., 2010.
- [9] Lackey. R. J and Upmal. D. W, “Speakeasy: the Military Software Radio”, IEEE 94 Revista Facultad de Ingeniería (Fac. Ing.), Enero-Abril 2015, Vol. 24, No. 38 Software Defined Radio: Basic Principles and Applications Communications Magazine, vol. 33, pp. 56-61, 1995.
- [10] Market Impact of Software Radio: Benefits and Barriers, Fuencisla MerinoTC, May 23, 2002.
- [11] Minden. G. J, Evans. J. B, and Roberts. J. A, “Agile Radio Systems and National Radio Networking Research Testbed”, SensorNet Architecture Forum, Lawrence, KS, USA, 2003.
- [12] Mitola Joseph III “SOFTWARE RADIO ARCHITECTURE: *Object - Oriented Approaches to Wireless Systems Engineering*”, JOHN WILEY & SONS, INC - 2000.

- [13] Mitola. J III, “Software Radios. Survey, Critical Evaluation and Future Directions”, IEEE National Telesystems Conference, pp. 13-15, 1992.
- [14] Murphy. P, A. Sabharwal, and B. Aazhang, “Design of WARP: A Flexible Wireless OpenAccess Research Platform”, Proceedings of 14th European Signal Processing Conference, 2006.
- [15] Tsao. S.-L, C. C. Lin, C. L. Chiu, H.-L. Chou, and M. C. Wang, “Design and Implementation of Software Framework for Software Defined Radio System”, Proceedings of the 56th IEEE Vehicular Technology Conference, vol. 4, pp. 2395-2399, 2002.
- [16] Vidano. R, “SPEAKeasy II : an IPT Approach to Software Programmable Radio Development”, MILCOM 97 Proceedings, vol. 3, pp. 12121215, 1997.
- [17] Walter Tuttlebee “*SOFTWARE DEFINED RADIO Enabling Technologies*”, JOHN WILEY & SONS, LTD, 2002.
- [18] Wipro Technologies “Software - Defined Radio: A Technology Overview ”, White Paper, 2002.
- [19] Youngblood. G, “A Software-Defined Radio for the Masses, Part 1”, QEX: A Forum for Communications Experimenters, 2002.

#### **Trang web**

- [20] (April 2012). High Performance Software Defined Radio Website. Available: [http:// openhpsdr.org/history.php](http://openhpsdr.org/history.php).
- [21] (April 2014). RXLEV in GSM. Available: <https://telecomstudy18.blogspot.com/2014/04/rxlev-in-gsm.html?m=1>.
- [22] (August 2014). SDR-Sharp Oficial Web Site. Available: <http://sdrsharp.com/>
- [23] (August 2014). RTLSDR Scanner GitHub reference. Available: <http://github.com/ EarToEarOak/RTLSDR-Scanner>.
- [24] (October 2015). LMS6002D Multi-band Multi-standard Transceiver. Available: <https://limemicro.com/app/uploads/2015/10/LMS6002Dr2DataSheet-1.2r0.pdf>
- [25] (March 2016) Cyclone IV Device Family Overview. Vailable: <https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/hb/cyclone-iv/cyiv-51001.pdf>