

〈主 題〉

확산 스펙트럼 기술을 응용한 디지털 코드없는 전화기
(Digital Cordless Phone using Spread Spectrum Technology)

정 영
(정보통신연구소 2연구부장)

□ 차 례 □

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| I. 서 론 | III. 디지털 코드없는 전화기 각 Block별 고찰 |
| II. 디지털 코드없는 전화기 구조 및 설계 | IV. 결 론 |

요 약

현재 확산대역(Spread Spectrum) 사용을 위해 미국 FCC에서 허가한 band는 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, 5725-5850 MHz ISM(Industrial Science Medical)이다. 본 연구에서는 902-928 MHz ISM band 에서 디지털 코드없는 전화기 시스템의 공용을 검토하였다.

본고는 디지털 코드없는 전화기 Base-Set(BS)과 2개의 Hand-Set(HS)를 지원가능한 Feature & Capability, System Specification, 제품 시스템 디자인을 담고 있다.

Abstract

This manuscript describes the high level system design for the DCP system. The DCP HS and BS transceivers are composed of five systems, including the RF/IF unit, the Analog Front End(AFE), the baseband modem, the voice codec and the micro-controller. In the following, the core transceiver architecture with the primary functions at these sub-system is described.

I. 서 론

영국의 상공부 (Department of Trade and Industry

: DTI)가 1992년에 개인 통신 망(Personal Communication Network : PCN) 서비스를 시작한다는 계획을 발표한 이후, 개인 통신 서비스(PCS)는 전세계의 관심을 끌어들였다. 가볍고, 저전력인 개인 통신기기의 사용은 PCS의 중요한 특성 중의 하나이다. 이러한 가볍고, 저전력인 개인 통신기기로서 가능한 것 중의 하나가 무선전화기이다. 오늘날 제1세대의 무선전화기는 제한된 스펙트럼을 갖는 Analog 무선 기술들을 사용하고 있으나, 제한된 무선 채널수 때문에 Analog 무선전화기는 같은 대역에서 동작하고 있는 다른 기기로부터 서로 혼신과 방해를 주고 받기 쉽다. 그럼에도 불구하고 무선전화기의 시장은 놀랄 만큼 성장해왔다. 결국, 미국의 경우 Analog 무선전화기의 폭발적인 수요에서 오는 심각한 품질 문제를 제기하게 되었고, 미국의 연방 통신위원회(Federal Communications Commission:FCC)는 1989년에 산업계, 과학계, 의학계(ISM) 대역(즉, 902 ~ 928, 2400 ~ 2483.5 MHz, 5725 ~ 5850 MHz)을 공유하는 스프레드 스펙트럼 변조기술을 사용한 시스템들을 허가하기 위하여 Rules Part 15을 개정하였다.

이 개정은 무선전화의 스펙트럼 혼잡을 해소하는 훌륭한 기회를 부여한 것이다.

CDMA(Code Division Multiple Access)의 기본 기술인 스프레드 스펙트럼 변조기술은 간섭과 프라이버시 문제들을 포함한 현 제품들의 기술적인 단점들을 보완할 수 있다고 전망된다. 디지털 음성과 디지털

스프레드 스펙트럼 변조 기술을 적용한 디지털 무선 전화기(Digital Cordless Phone : DCP)들은 아날로그 무선 전화기보다 월등한 성능을 제공할 수 있다. 고품질의 성능과 공통의 공중 인터페이스를 갖는 이 디지털 무선전화기들은 무선(Wireless) PBX 시스템들과 공공 무선 유료전화(Public Cordless Payphone)와 같은 부가적인 새로운 시장에 적용할 수 있으며 Low

Tier PCS의 기본 기술이 될 수 있다.

본 고에서는 디지털 코드없는 전화기의 구조 및 설계, 응용 및 목표를 논하였다.

Ⅰ. 디지털 코드없는 전화기 구조 및 설계

표 1은 디지털 코드없는 전화기 Common Air Interface를 나타낸다.

Parameter	DCP Specification
Access	FDMA/DS-CDMA
Duplexing	TDD
Modulation	DQPSK
Spreading	BPSK
Processing Gain	16(12dB)
Waveform Shape	35% roll-off RRC
Channel Spacing	1.024 MHz
Data Rate	95 Kbps
Frame Duration	8 ms
Power Control	80 dB dynamic range in HS TX
Diversity	2 Branch Antenna
Bearer Bit Rate	32 Kbps (ADPCM)
Signaling Bit Rates	0.5 Kbps USC; 1.0 Kbps CSC
Maximum Transmit Power	10 mW average /100 mW peak
Maximum Mobility	2.5 m/sec or 9 km/hr

표 1. Common Air Interface

디지털 코드없는 전화기 시스템에서 TDD는 송수신 신호를 분리하기 위해 사용된다(그림 1). 각각의 TDD 프레임은 두 부류의 전송 Subframe으로 구성된다.

CSC Subframe은 BS와 여러개의 HS들간의 점대다중점 통신을 위해 사용하고, UC Subframe은 BS와 HS간의 점대점 통신을 위해 사용된다.

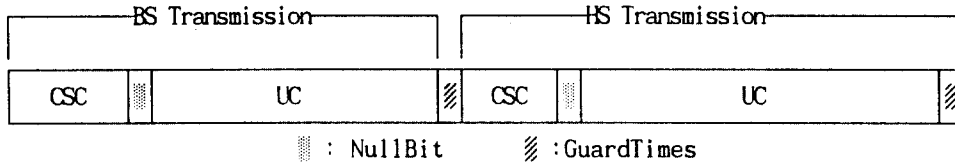


그림 1 : TDD Structure

디지털 코드없는 전화기의 HS/BS 송수신기는 5개의 sub-system들로 구성된다 (즉, RF/IF unit, AFE, Baseband Modem, Voice Codec, Micro-Controller이다). 디지털 코드없는 전화기 시스템 스펙에 대한 일

반적인 HS/BS 시스템 블록 다이어그램이 그림 2에 나타나있다. 여기서는 수행 방법, 사용자 인터페이스, 응용 컨트롤러에 대해서만 기술한다.

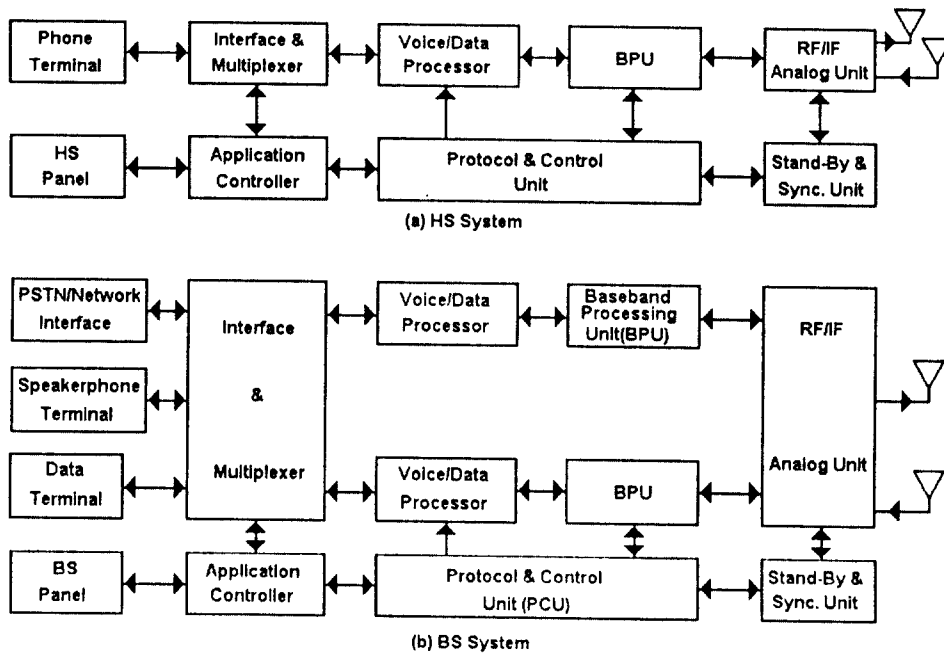


그림 2 : 시스템 블록 다이어그램

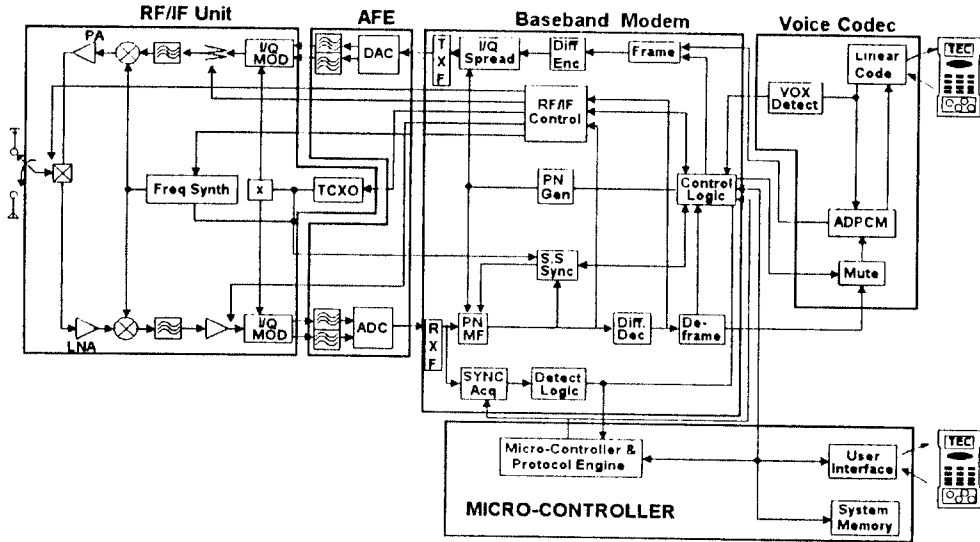


그림 3 : HS Core Architecture Design

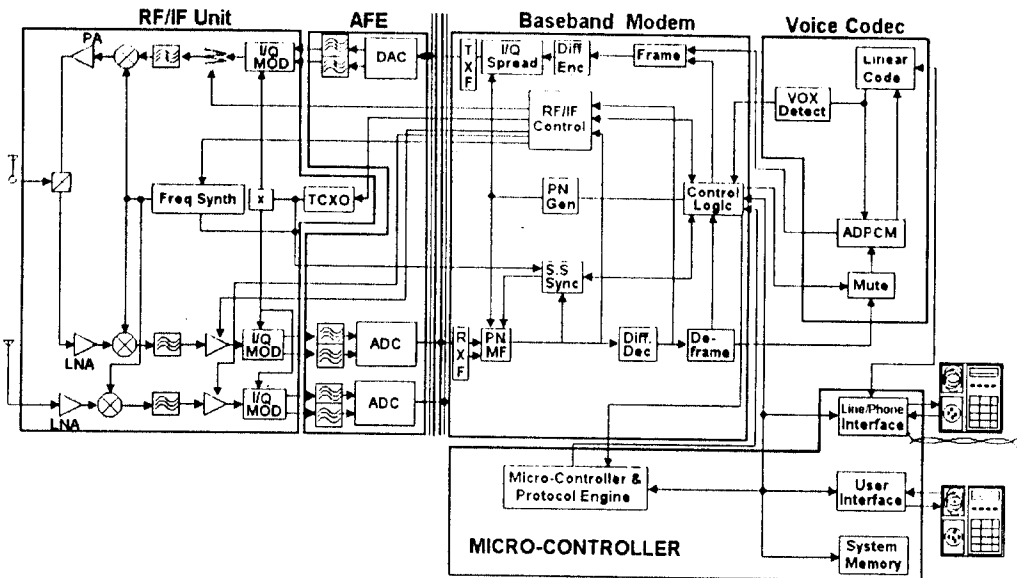


그림 4 : BS Core Architecture Design

HS core 구조 디자인은 그림 3에 나타나 있으며, 그림 3은 각 기능에 대한 명확한 공정 설정과 각 공정에 대한 몇가지 implementation attribute들을 보여 준다. 그림 4는 BS 구조를 나타낸 것이다. 이들 두 구조의 근본적 차이점은 BS는 안테나를 따로 분리해서 사용함으로써 두 sets의 RF/IF paths(TX and RX) 및 AFE를 갖는 반면에, HS는 두개의 switchable 안테나를 사용함으로써 단지 한 set의 RF/IF paths를 갖는다는 점이다. 멀티 HS and/or 멀티 line을 지원하는 BS는 인터페이스 및 멀티플렉서가 표시되어 있다(그림 2에 인터페이스 및 멀티플렉서가 표시되어 있다), 각각의 HS에 대하여 별개의 베이스 밴드 모뎀과 음성 프로세서를 요구하게 된다.

RF/IF unit은 carrier-to-baseband signal conversion, out-of-band interference rejection, Baseband signal waveform shaping, (AGC 와 전력제어를 통한) 송수신 신호증폭, frequency synthesis, 안테나 시스템등의 기능을 수행한다.

AFE는 RF/IF unit과 baseband modem사이에서 baseband D/A 및 A/D signal conversion을 제공한다. 또한, associated anti-aliasing 및 reconstruction filtering 도 제공된다.

Baseband modem은 확산 스펙트럼 변/복조, 포착 및 동기화, decision combining, TDD framing and buffering 및 에러 정정 코딩등의 기능을 제공한다. 또한, 채널 모니터링, RF/IF unit control 및 마이크로 컨트롤러 인터페이스도 제공된다. Baseband modem은 high-speed real-time signal processing을 많이 거치기 때문에, custom ASIC implementation을 채택한다.

Voice codec은 8kHz audio codec (sampling and reconstruction), 32Kbps-ADPCM coder, VOX processing 및 fading channel enhancements를 제공한다. 비록 audio codec과 ADPCM에는 commercial component들이 있을지라도 VOX 알고리즘과 fading channel enhancements를 위해서는 어떤 표준적인 것이 없어 ASIC 혹은 저 가격의 custom circuit들을 사용하여 수행가능하다. 몇 가지 가능성 있는 방식들이 다음 절에서 거론될 것이다. 마이크로 컨트롤러는 시스템 제어 기능, 프로토콜 engine 및 사용자 인터페이스와 authentication을 포함하는 응용기능들을 수행한다.

시스템 제어 기능은 RF/IF unit, baseband modem, 음성 코덱에 대한 물리 계층 제어를 포함한다. 이 기

능들은 power-on reset, power saving operations, out-of-range alert, PN code and frequency management, audio mute, RF power on/off, forward-link power control 및 device-special audio codec기능들을 포함한다.

프로토콜 엔진은 CSC, USC, UBC statemachine, 시스템 절차 및 메시지 번역기를 수행한다.

사용자 인터페이스는 keypad/display/speaker/DTMF control, hook on/off, line control등을 수행한다.

인증절차는 사용자 security control 및 compatability negotiation을 수행한다.

III. 디지털 코드없는 전화기 각 Block별 고찰

1. RF/IF Unit

RF/IF Unit은 다음과 같은 요소들로 구성된다(그림 5 참조). 즉, I/Q 변조기, IF 반송과 발생기, 대역 통과 필터(BPF), TX path IF programable gain stage(PGS), RF 주파수 합성기, Up-conversion mixer, TX path RF programable attenuator stage, TX power amplifier(PA), RF 송수신 스위치,안테나 스위치, 안테나 set, 저잡음 증폭기(LNA), RX path RF programable attenuator stage, Down-conversion mixer, RX IF BPF, RX path IF programable amplifier, IF waveform shaping filter 및 I/Q 복조기로 구성된다. 또한 그림5에는 anti-aliasing 필터와 re-construction 필터를 갖는 baseband AFE가 있다.

BS 디자인은 2개의 RF/IF path에 각각 하나의 안테나를 갖는 것을 제외하고는 그림 5에서 보인 HS 디자인과 비슷하다. 그림 5는 미국 및 유럽 디지털 셀룰라 적용을 위해 900MHz - 2GHz 대역에서 개발되어 온 상용 가능한 RF/IF 집적회로를 최대한 활용한 것이다. 이들 집적회로는 기본적으로 I/Q 변조기, 집적화된 LNA and mixer, 집적화된 digital programable IF 증폭단 및 I/Q 복조기를 포함한다.

RF/IF 설계목적은 디지털 코드없는 전화기 시스템 최소 성능 스펙에서 명시되는 요구사항들을 이끌어내는데 있다.

표 2는 RF/IF 최소 성능 스펙들을 나타낸 것이다.

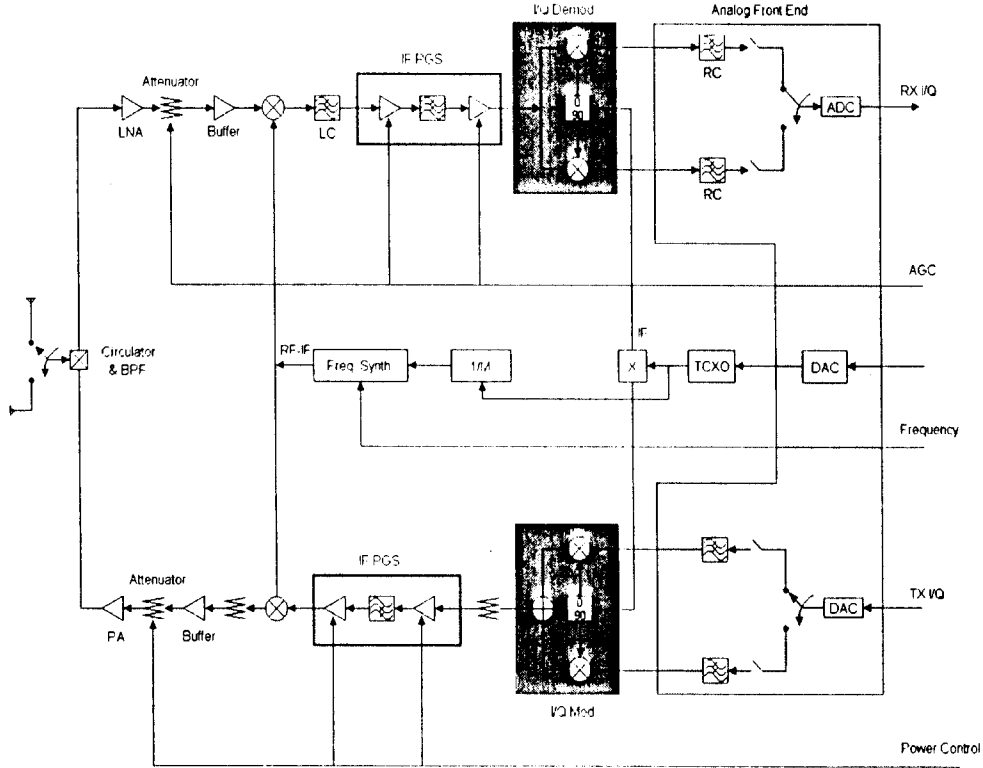


그림 5 : RF/IF Subsystem (HS)

순간적인 TX 출력범위는 약 -70dBm ~ 20dBm(혹은 90dB 범위)임에 유의하여야 한다. 80dB의 동적범위에 10dB 마아진을 더하는 것은 페이딩과 출력제어 요구사항에 따른 것이다. 그 반면에, AGC 범위는 80dB가 가능하다. 왜냐하면 기저대역 회로가 10dB 손실을 감내하도록 설계될 수 있기 때문이다.

추가적인 요구사항은 RF/IF단에서 전력소모를 최소화하는 것이다. 이것은 RF/IF components가 사용되지 않을 때는 언제나 power-down될 것이다. 예를 들면, TX path는 RX 프레임 주기에 turn off될 것이다.

4. Analog Front End (AFE)

AFE는 그림 6에서 처럼 ADC, DAC, anti-aliasing 필터, reconstruction 필터 및 baseband interface

circuits을 위한 또다른 RF/IF를 포함한다. TX I/Q sampling clock은 reconstruction filter가 한 쌍의 straight sample-and-hold circuits라고 가정한다면 chip rate와 똑같게 된다. RX I/Q sampling rate는 I 및 Q 채널 각각에 대해서 chip rate의 4배이다.

그림 6은 또한, chip rate의 4배인 I, Q 신호가 ADC 및 DAC와 똑같은 시분할(time-share)임을 보여 준다. 하드웨어의 복잡성을 좀더 간략히 하기 위하여, sharing scheme이 그림 6에서 보인바와 같이 되고, 여기서 RF/IF interface 신호들은 RX 및 TX I/Q signals과 같은 ADC 및 DAC를 공유한다. ADC(혹은 DAC)가 각 interface 신호를 위해(스위치에서 보인 것처럼) sample-and-hold buffer를 refresh(혹은 sample)하기 위해 사용될 때, RX(혹은TX) I/Q sample은 항상 null out이 된다.

표 2. 디지털 코드없는 전화기 RF/IF시스템 최소 성능 스펙

Parameter	RF/IF Spec
Dynamic Range (동적 범위)	80 dB
Minimum Operating RF Signal Strength (최소 동작 RF 신호)	-100 dBm
Adjacent Band De-sensitization (인접 대역 감도저하)	13 dB
Alternate Band De-sensitization (교체 대역 감도저하)	67 dB
Other Band De-sensitization (그 밖의 대역 감도저하)	80 dB
TCXO Accuracy	± 5 ppm
Stead-state Frequency Accuracy (정상상태에서의 주파수 정확도)	300 Hz
Frequency Switching Time (주파수 절체 시간)	1 ms
Demodulation Type (복조 타입)	Linear(BPSK-SS)
Diversity Antenna (안테나 다이버시티)	2 in HS, 2 in BS
Maximum Transmit Power (최대 송신 전력)	20 dBm
Average Transmit Power (평균 송신 전력)	10 dBm
TX Power Control Range (송신기 출력 제어 범위)	90 dB
Fading Power Control Range (페이딩 출력 제어 범위)	20 - 30 dB
TX Power Control Resolution	2 dB
Maximum Moving Speed (최대 이동 속도)	2.5 m/sec

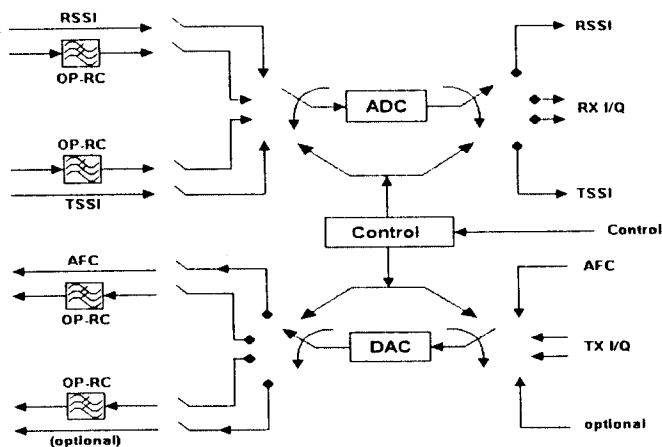


그림 6 : Alternative Analog Front End Configuration

Interface 신호는 I/Q samples보다 훨씬 낮은 비율인 bit당 32 samples로 동작하기 때문에 성능 저하는 무시할 수 있다. AFE는 분할 ADC 및 분할 DAC와 신호에 대한 하나의 sample 및 buffer단을 포함한다.

1dB의 분해능을 갖는 빠른 digital AGC를 사용함으로써 RX I/Q signals은 6bits 표본화 되고, TX I/Q 또한 forward-link power control을 위해 6bits sample 될 수 있다. AFC 또한 6bits에서 사용할 수 있다. 그러나, RSSI 및 TSSI는 7bits가 필요하다. speed와 분해능은 AFE의 전력 소모를 결정하기 때문에, sharing과 전력 소모 사이에 약간의 주고받는 관계가 필요하다.

5. Baseband Modem

Baseband Modem 은 signalling 과 음성 시퀀스를 동상(In-phase)과 직교위상(Quadrature-phase) 기저대역(Baseband) 확산신호로 구성된 TDD Frame 으로 처리한다. 그리고 기저대역 I/Q 신호는 RF/IF단으로 변조된다. 수신부에서 Baseband Modem 은 RF/IF 단으로 부터 down-conversion 된 I/Q 신호를 처리하고 signalling 과 음성 시퀀스를 복원한다. 그림 7는 Baseband Modem의 블록도를 보인다.

그림 7에서 보인바와 같이, 기저대역의 주요부분은 다음과 같다. : PN Code Generator, I/Q Spreader, PN Code Matched Filter, Acquisition 을 위한 SYNC Code Matched Filter 와 Detector, 정상상태 동기화

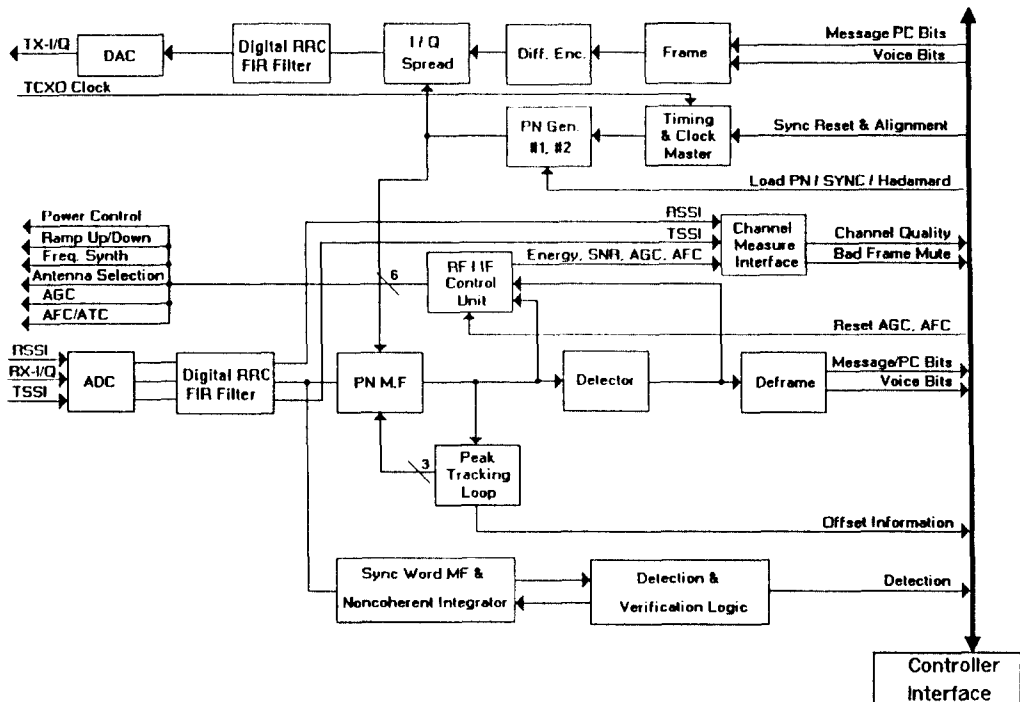


그림 7 : Baseband Modem 블록도

(Steady-State Synchronization)를 위한 Peak Tracking Loop, Digital RRC FIR filter, 채널 측정 블록, RF/IF 단 Controller, Speech FIFO를 갖는 TDD Framer 와 Deframer, Micro Controller Interface.

이러한 블록들은 상호간에 성능에 중요한 신호 처리와 실시간 Control Algorithm을 수행한다.

6. Voice Codec

Voice Codec은 그림 8에 보여진 다음의 블록들로 구성된다.

- Linear codec, ADPCM transcodec, VOX detect, Mute

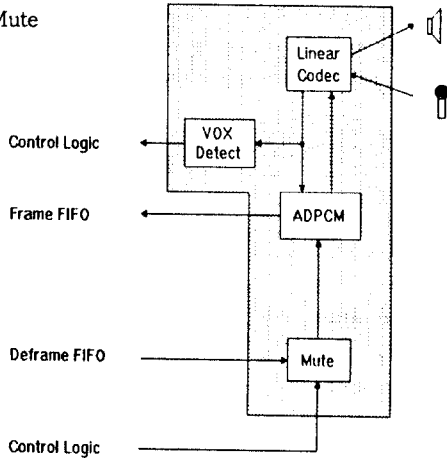


그림 8 : Voice Codec Block Diagram

선형코덱은 음성신호를 디지털화 한다. 선형 A/D 와 D/A 컨버터로써 8KHz로 동작된다. 또한 sampling

과 reconstruction filter를 포함한다. 선형코덱은 또한 side-tone 발생기, speaker gain control과 microphone mute와 같은 추가 기능이 주어진다. Speech sample은 ADPCM encoder에 입력된다. ADPCM encoder의 출력 ADPCM 코드워드는 무선채널을 통한 전송을 위해 baseband module에 Frame FIFO로 보내진다. Speech sample은 또한 VOX detection 알고리즘으로 입력된다. 이 알고리즘은 대화중 talk spurt와 silence periods로 정의된다. Silence periods 동안 제어로직은 사용되고 ADPCM 코드워드의 전송은 일시 정지된다. 이러한 결과는 interference를 감소하고 system capacity를 증가시킨다.

무선채널을 통해 수신된 ADPCM 코드워드는 Mute function으로 보내진다. 만일 제어로직이 ADPCM 코드워드가 심각한 에러가 있다고 나타내면 Mute function은 ADPCM 코드워드를 null 코드워드로 정의한다. 그렇지 않으면 ADPCM 코드워드는 ADPCM decoder로 변화되지 않은 코드워드를 보낸다.

7. Micro-controller

1) S/W 구축모델

BS & HS에서 마이크로 컨트롤러는 시스템 운용 절차를 수행함에 있어서 핵심부이며, 각각의 마이크로 컨트롤러의 운용은 3개의 계층으로 나뉜다. 그림 9은 계층 1, 2, 3를 보이며, 각각의 계층은 FSM으로 구성된다.

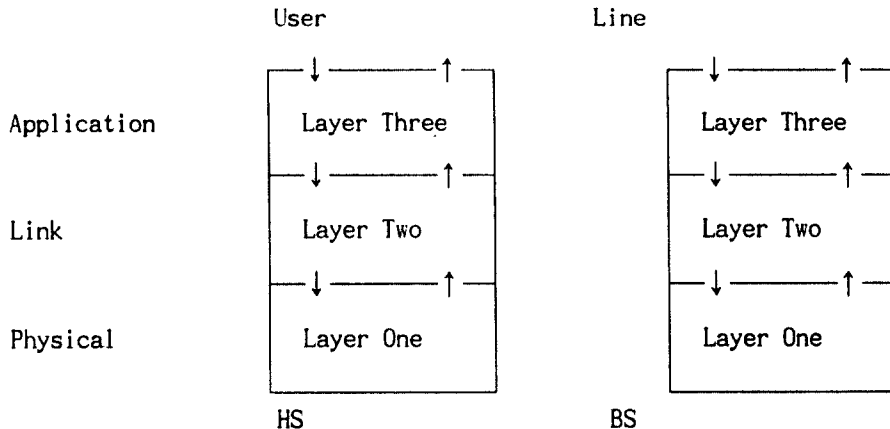


그림 9 : 마이크로 컨트롤러 소프트웨어 모델

S/W : Soft Ware
TCSI : Teknekron Communications Systems
Incorporate
TCXO : Temperature Compensated Crystal
Oscillator
TDD : Time Division Duplexing
TEC : Taihan Electric wire Company
TSSI : Transmit Signal Strength Indicator
TX : Transmission

UBC : User Bearer Channel
UC : User Channel
USC : User Signalling Channel
VOX : Voice Operated Transmission
WPABX : Wireless Private Automatic Branch
Exchange
ZCR : Zero Crossing Rate



정 영

-
- 1954년 5월 5일생
 - 1982년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업
 - 1997년 현재 : 대한전선 정보통신연구소 부장

- | | |
|---|---|
| [11] CCITT Recommendation X.200, "Reference Model of Open System Interconnection for CCITT Applications", 1988. | Keying
DS-SS : Direct Sequence Spread Spectrum
DTMF : Dual Tone Multi Frequency |
| [12] CCITT Recommendation G.721, "32 Kbit/s Adaptive Differential Pulse Code Modulation(ADPCM)", Vol III. 4, November 1988. | FCC : Federal Communications Commission
FIFO : First In First Out
FSM : Finite State Machine |
| [13] Jayant, N.S., P. Noll, Digital Coding of Waveforms, Prentice Hall Englewood Cliffs, NJ 1984. | HS : Hand Set
H/W : Hard Ware |
| [14] Proakis, J., Digital Communications, McGraw Hill, 2nd Edition, 1989. | IEs : Information Elements
ISDN : Integrated Services Digital Network
ISM band : Industrial, Scientific, and Medical band (902-928, 2400-2483.5, 5725-5850 MHz) |
| [15] Chris Bowick, RF Circuit Design, Sams, 1985 | LAN : Local Area Network
LLC : Logical Link Control |
| [16] FCC, Code of Federal Regulations, Part 15, Oct. 1992 | LNA : Low Noise Amplifier
LOS : Line Of Sight |

〈부 록〉

- | | |
|--|--|
| ADC : Analog to Digital Conversion | MMIC : Microwave Monolithic Integrated Circuit |
| ADPCM : Adaptive Differential Pulse Coded Modulation | MMSE : Minimum Mean Square Error |
| AFC : Automatic Frequency Control | MZCR : Modified Zero Crossing Rate |
| AFE : Analog Front End | NPRM : Notice for Proposed Rule Making(for PCS) |
| ARQ : Automatic Repeat reQuest | PA : Power Amplifier |
| ASIC : Application Specific Integrated Circuit | PC : Power Control |
| BOLOS : Body Obstruction Line Of Sight | PCN : Personal Communication Network |
| BPU : Baseband Processing Unit | PCU : Protocol & Control Unit |
| BS : Base Set | PG : Processing Gain : $T_b/T_c = f_c/f_b$, $10 \cdot \log(T_b/T_c)$ [dB] |
| CDMA : Code Division Multiple Access | PGS : Programable Gain Stage |
| CRC : Cyclic Redundancy Check | PN Code : Pseudo-random Noise Code |
| CSC : Common Signalling Channel | POTS : Plain Old Telephone Service |
| DAC : Digital to Analog Conversion | RC : Reconstruction Filter |
| DCP : Digital Cordless Phone | RDCP : Resident Digital Cordless Phone |
| DQPSK : Differentially Quadrature Phase Shift | RF/IF Unit : Radio Frequency/Intermediate Frequency Unit |
| | RSSI : Receive Signal Strength Indicator |
| | RX : Reception |

S/W : Soft Ware
TCSE : Teknekron Communications Systems
Incorporate
TCXO : Temperature Compensated Crystal
Oscillator
TDD : Time Division Duplexing
TEC : Taihan Electric wire Company
TSSI : Transmit Signal Strength Indicator
TX : Transmission



정 영

UBC : User Bearer Channel
UC : User Channel
USC : User Signalling Channel
VOX : Voice Operated Transmission
WPABX : Wireless Private Automatic Branch
Exchange
ZCR : Zero Crossing Rate

- 1954년 5월 5일생
- 1982년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업
- 1997년 현재 : 대한전선 정보통신연구소 부장