

I. 서론

기존의 아나로그 방송은 다중 경로 페이딩(Multi-path fading)과 이동 수신 시 발생하는 반송파의 도플러 효과 등등의 영향으로 방송 품질의 열화가 심한 것은 널리 알려진 사실이다. 또한 많은 방송사들의 출현으로 주파수 자원이 고갈된 상태이며, 반송파 간의 간섭이 심화되고 있다.

이에 따라 디지털 방송 기술이 필요하게 되었다. 디지털 신호는 아나로그 신호보다 잡음 및 다중 경로 방해 등에 강하며 CD 수준의 고품질 방송이 가능하고, 주파수를 효율적으로 사용할 수 있기 때문이다. 아울러 디지털 방송은 부가의 데이터 서비스가 가능하여 다양한 멀티 미디어 서비스를 통한 새로운 산업과 시장을 창출할 수 있다.

DAB(Digital Audio Broadcasting)의 여러 장점에도 불구하고, 영국에서는 90년대 초부터 Eureka-

147 기준에 의거한 디지털 방송을 실시하고 있으나, 관련된 산업 및 시장의 전개는 기대와는 달리 저조한 편이었다. 여러 원인 중, 대중들이 쉽게 DAB 신호를 청취할 수 있는 수신기를 보급하지 못한 것이 한가지 이유가 될 것이다. DAB에 사용된 기술들이 고 난이도의 최근 기술들을 채용하여야 하므로 수신기 개발이 어렵고 제품 가격이 비싸기 때문이다. 또한 디지털 시대에 따른 대중들의 다양한 욕구를 만족시키는 적절한 기능을 제공하지 못하고 있기 때문에 기존의 FM 방송과의 차이를 못 느끼기 때문으로 분석된다.

본고에서는 DAB의 활성화를 위해 요구되는 성능 및 기능들을 예측하고, 이들을 만족하기 위해 필요한 디지털 라디오 방송 수신기 기술들을 고찰하여 보고자 한다. 한국의 지상파 디지털 라디오 방식이 Eureka-147이라 불리는 유럽의 표준규격인 ETS 300 401로 결정 되었기에 이를 위한 수신기를 중점으로 살펴 보기로 한다.

II . DAB 수신기 발전 방향

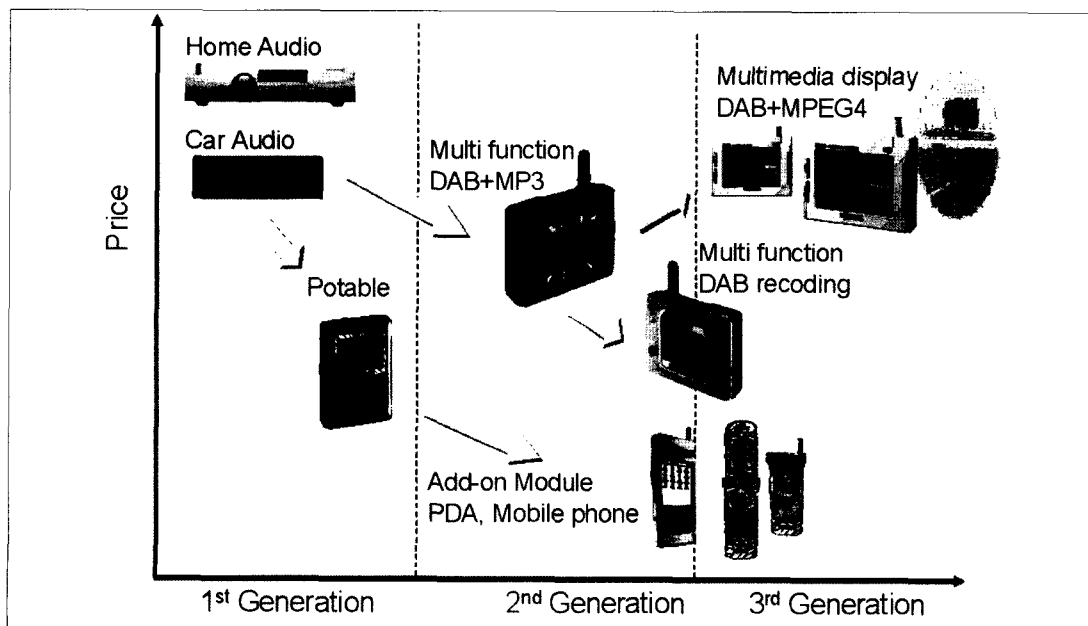
1990년대 하반기부터 독일의 BOCOSH사 영국의 PURE Digital사 및 일본의 Panasonic 그리고 SONY사들이 출시하기 시작한 DAB 수신기들은 대부분 Home Audio 형태이거나 차량용으로 크기가 컸고, 가격 또한 높아 초기 DAB 수신기는 1,000파운드에 달했었다. 초기 제품들은 상용 chip의 부재로 각 제조사 나름대로 다수개의 chip set으로 제작한 custom VLSI들에 의존하였기 때문에 크기 및 전류 소모가 크고, 모든 DAB 기능을 지원 못하는 등 성능 또한 나빴었다.

2000년대에 들어서면서부터 TI, ATMEL, HITACHI, Frontier Silicon 등등의 회사에서 상용 chip 들을 발표하기 시작하여 DAB 수신기 제품의 개발에 활력을 받기 시작하였다. 본사 퍼스널텔레콤(주)에서는 최초로 휴대형 DAB 수신기를 상용화하

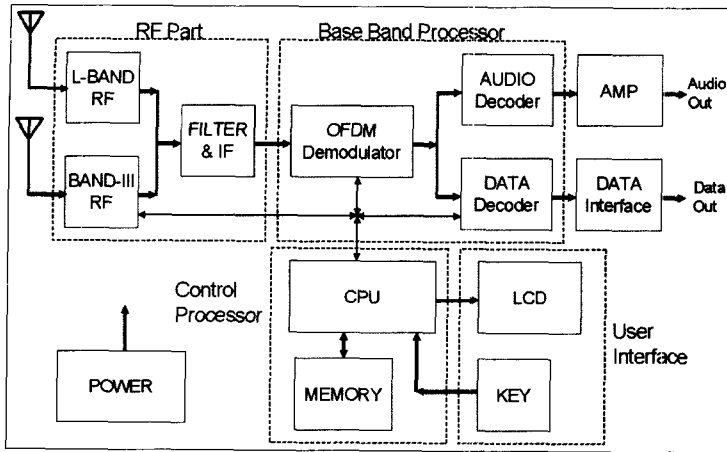
여 시장에 소개하였으며, 가격 또한 급격히 줄어 약 150 파운드대를 형성하고 있고, PURE Logic 사에서는 99 파운드의 수신기를 소개하기도 하였다.

현재의 제품들을 DAB 수신기 제1세대라고 정의한다면, 제2세대 DAB 수신기들은 <그림 1>과 같이 MP3 Player, Data decoding 그리고 DAB 신호 recording 등등의 기능이 복합된 다 기능화가 될 것이고 그 가격은 더욱 낮아져 복합화 제품의 가격이 현재 시장에서 요구되는 DAB 수신기의 판매 가격인 100 파운드 이내로 형성 될 것으로 예측된다.

또한 제3세대로 넘어가는 분기점에 휴대폰이나 PDA와 결합하여 다양한 서비스를 제공하는 형태의 DAB 수신기가 출현할 것이다. 제3세대 DAB 수신기에서는 가격이 다소 높아지겠지만 DAB 수신기를 이용하여 동영상 등의 멀티미디어 서비스를 지원하는 형태로, DAB 수신기가 아닌 멀티미디어 단말기가 출현될 것으로 예측된다.



<그림 1> DAB Receiver Road Map



〈그림 2〉 DAB 수신기의 기본 구성

Ⅲ. DAB 수신기 성능을 위한 기술

DAB 수신기의 기본적인 구조는 〈그림 2〉와 같이, 안테나, 수신 신호를 증폭하고 원하는 대역 신호만을 filtering 하는 RF 부, OFDM demodulation을 통하여 전송된 데이터를 추출하고 Audio decoding 동작을 수행하는 Baseband 신호 처리부 그리고 수신기 전체의 동작을 감시하고 제어하며, LCD 및 KEY를 통하여 사용자의 조작을 인터페이스 하는 Control Processor 부로 나누어 진다.

1. 안테나(Antenna)

DAB를 위한 BAND-III 주파수 대역은 174MHz ~ 240MHz으로 파장은 다음과 같다.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m / sec}}{174 \text{ MHz} \sim 240 \text{ MHz}} \quad (1)$$

$$= 1.274 \text{ m} \sim 1.25 \text{ m}$$

ETSI의 권고에 의하면 0dBd의 안테나가 요구된다. 이를 만족하기 위하여 $\lambda/4$ Vertical 안테나를

사용할 경우 약 43cm ~ 31cm의 물리적 길이가 요구된다. 자동차용 DAB 수신기의 경우 외부에 안테나를 설치하므로 크기에 관계가 없으나, 휴대형 수신기의 경우 안테나의 크기가 커서 휴대가 불편할 수 있다.

이를 극복할 수 있는 방법으로는 Helical Type 혹은 Loading coil을 사용

하여 그 물리적 크기를 줄일 수 있다. 이는 안테나의 상대적 이득이 떨어지는 단점이 있다. 또 다른 방법으로는 기존의 FM radio와 같이 Earphone 선을 이용하여 안테나를 대치하는 방법이 있으나 이는 Body effect로 인하여 움직임에 따라 신호가 끊어지는 현상이 있을 수 있다.

VHF 대역에서 약 64MHz 범위의 모든 주파수 대역을 cover 해야 하므로 광대역 안테나가 필요하고, RF부와 정합시 광대역 매칭을 해야 한다. 일례로 $5/8 \lambda$ 길이의 안테나에 안테나 tuner를 설치하는 방법이 있다.

초기의 DAB 신호들은 대부분 그 전력이 작거나, Gap filler 등의 인프라 구축이 덜 되어있어, 수신신호의 크기가 작기 마련이다. 이런 환경에서 안테나에 의한 전력 손실은 소비자들에게 DAB에 대한 나쁜 인식을 줄 수 있으므로 주의 깊은 설계가 필요하다.

2. RF 부

EN50248에 의하면 Band-III용 수신기의 감도 (sensitivity)는 $BER = 1 \times 10^{-4}$ 일때 -96dBm 이하

이어야 한다. 이때 요구되는 수신기 전체 Noise figure를 구해보면 다음과 같다.

$$NF = N_{out} - 10 \log_{10} KTB \quad (2)$$

여기서 K 는 Boltzman의 상수이고, T는 절대온도이며, B는 system 대역폭으로 DAB의 경우 약 1.7MHz이다. N_{out} 은 system의 noise floor로, OFDM Modem에서 BER= 1×10^{-4} 을 얻기 위한 C/N은 약12dB 이므로

$$N_{out} = -96 \text{ dBm} - \left(\frac{C}{N} \right) = -108 \text{ dBm} \quad (3)$$

이다. 따라서 상온 20° C (T=293° F)의 경우

$$\begin{aligned} NF &= -108 \text{ dBm} \\ &- 10 \log_{10} (1.38 \times 10^{-23} \times 293 \times 1.7 \text{ MHz} / 0.001) \quad (4) \\ &= 3.628 \text{ dB} \end{aligned}$$

이다. 즉 수신기 전체 noise figure는 약 3.6dB 보다 작아야 한다.

Band-III의 주파수 대역은 TV용 주파수와 혼용되고, FM 방송의 2 고조파 주파수에 해당된다. 따라서 인접채널 및 동일 채널에 강한 신호가 존재할 확률이 높다. 또한 방송국 근처에 수신기가 접근하였을 경우 큰 신호가 입력될 수 있다. 이러한 신호들에 의하여 LNA가 포화 되거나 inter modulation product 성분을 발생하여 수신 데이터의 오류 확률을 높일 수 있다.

따라서 수신기의 Dynamic range가 커야 하고, ACI(Adjacent Channel Interference) 특성이 좋아야 한다. Dynamic range를 크게 하기 위하여서는

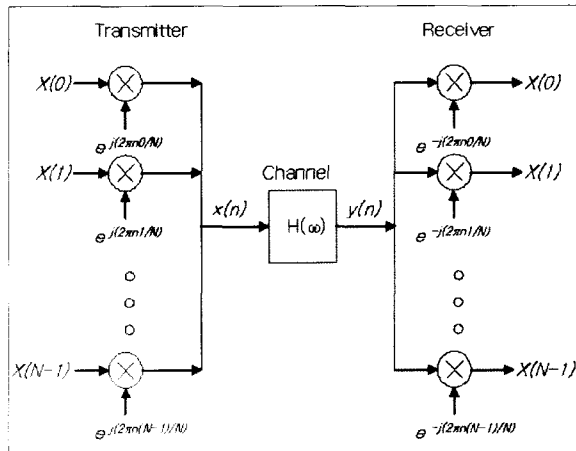
LNA 및 IF amplifier에 적절한 AGC 설계가 필요하며, 약 0dBm 의 신호에서도 오류확률 변화가 없어야 한다. ACI 특성 개선을 위하여서는 sharp 한 cut-off 특성을 갖는 SAW filter를 사용하여 개선시킬 수 있다.

3. Baseband 신호 처리부

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex) 신호에서 데이터를 추출하기 위하여서는 <그림 3>과 같이 sub-carrier 수 N 만큼의 demodulator 가 필요하다. DAB의 Mode-I의 경우 sub-carrier N=1536 이므로 이를 discrete 하게 구현하면 크기가 매우 커진다.

이 문제를 DSP 기술을 이용하여 해결하는 방법이 있다. 즉, <그림 3>의 OFDM 송신 신호의 구성을 보면,

$$\begin{aligned} x(n) &= X(0)e^{j\frac{2\pi n \cdot 0}{N}} + X(1)e^{j\frac{2\pi n \cdot 1}{N}} + \dots + X(N-1)e^{j\frac{2\pi n \cdot (N-1)}{N}} \\ &= \sum_{k=0}^{N-1} X(k)e^{j\frac{2\pi nk}{N}} \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (5) \end{aligned}$$



<그림 3> OFDM Modem

으로, IFFT(Inverse Fourier Transform)과 같은 식으로 정의될 수 있기 때문에 수신측에서는 FFT로 OFDM의 신호에서 sub-carrier의 추출이 가능해진다.

DAB는 이동성을 보장 하여야 하므로 이동중에 doppler shift 등에 의한 수신 주파수 변형이 있을 수 있다. OFDM system에서 송신기와 수신기와의 주파수 mismatch는 inter-subcarrier interference를 유발시킬 뿐만 아니라, frequency domain 샘플링 시점에서 유용한 신호 진폭을 다음과 같은 비율로 저하시킨다.

$$f(\delta f) = \sin c(\delta f / \Delta f) \quad (6)$$

여기서 δf 는 주파수 오류이고, Δf 는 주파수 간격이다. 주파수 오류에 의한 영향을 variance σ^2 의 white Gaussian noise로 가정할 때 SNR의 변화는

$$\gamma' = \frac{f(\delta f) \cdot \sigma_a^2}{\sigma^2 + \sigma_a^2 / \gamma} \quad (7)$$

이다. 여기서 σ_a^2 는 평균 심볼 전력이고, γ 는 real channel SNR이다. 즉, 주파수 오류에 의해 오류 확률 성능을 낮추는 결과가 되므로, AFC에 의한 지속적인 주파수 오류 보정이 필요하다.

OFDM Modem에서 중요한 factor는 새로운 Ensemble을 선택하였을 때 FFT, DQPSK demodulation, Viterbi Decoding, 그리고 Frequency, Symbol 및 Frame 동기를 맞추어 방송국 정보 및 main service 데이터를 추출하는데 까지 걸리는 시간이다. 이 모든 과정은 2초 이내에 이루어져야 한다.

DAB는 CD 수준의 음질을 추구하고 있으므로 최종 MUSICAM audio decoder 출력의

performance 또한 중요하다. Audio 출력의 대역폭은 20Hz~20KHz가 필요하고, distortion은 0.1% 이내이어야 하며, S/N은 90dB 이상이 요구된다. 이러한 성능을 위하여서는 44.1KHz 또는 48KHz의 sampling rate를 사용하며, 12bit 이상의 D/A converter 및 Low distortion power amplifier가 필요하고, 채널 separation 등을 위하여 적절한 PCB 설계가 요구된다.

TI, Atmel, Frontier Silicon, Panasonic사 등에서 Baseband processor chip을 제조하여 시판하고 있으며, 국내에서는 삼성전자에서 개발 중에 있다. Chip 선정시 고려하여야 할 사항으로는, 가격, 전류소모, 성능 그리고 up-grade가 쉽게 되는 등의 flexibility 등등이 있겠다.

IV. DAB 활성화를 위한 기술

향후 DAB 시장의 전개가 활발히 되기 위해서 풀어야 할 몇 가지 과제가 있다. 사용자가 쉽게 구매할 수 있고, 사용하였을 때 만족한 기능을 제공해야 한다.

1. 저 가격화(Cost saving)

수신기 가격을 낮추기 위한 간단한 방법은 시장의 규모가 크면 가능하다. 즉 부품의 가격이 낮아지고 생산 비용이 낮아져 전체적인 생산 단가가 내려가기 때문이다. 그러나 시장에서는 역으로 수신기 가격이 낮아야 시장 규모가 커진다는 논리도 성립될 수 있다. 문제는 초창기 시장에서 고가의 부품값에도 불구하고 수신기 가격을 최소화 하여야 한다는 점이다.

이러한 상황을 극복하기 위한 방안 중 한 가지로 복합화가 있다. 즉 한 개의 단말기에 DAB 수신기

에 국한하지 않고, MP3 Player 등등 다른 기능을 추가하는 것이다. 단, 복합 단말기 개발시 구성 부품의 증가를 최소화 하여 단말기 가격이 복합된 기능의 단말기를 각각 구입하였을 때의 합 보다 작은 가격이 되게 하는 방안이다.

복합 단말기의 가격을 낮추는 기술의 일례로 Dynamic loading 기술이 있다. 이는 전제 조건으로 DAB 수신기의 OFDM mode 및 audio decoder를 DSP 기반의 SDR(Software defined Radio)로 구현하여야 한다. 수신기 basband processor에서는 DSP 한 개만을 사용하여 구성하고, DAB 수신기로 사용할 때는 OFDM modem 및 audio decoder를 위한 program을 올려서 동작 시킨다. MP3 player와 같은 부가의 기능을 사용할 때는 DSP에 존재하는 DAB program을 삭제하고 MP3 player program을 DSP에 up-load 하여 동작 시킨다.

Dynamic loading 기술을 사용하게 되면 부가의 기능들을 위한 별도의 decoder chip들이 필요없게 되므로 전체 단말기의 가격이 낮아지게 된다. 일례로 DAB 와 MP3 player 그리고 Voice recorder 등의 세가지 기능을 Dynamic loading 기술을 사용하여 구현하면, 기본 DAB 구성을 위하여 필요한 부품들에 단지 NAND flash memory 등의 저장 매체만이 추가되게 되므로 상대적으로 매우 큰 가격 절감 효과를 가져온다.

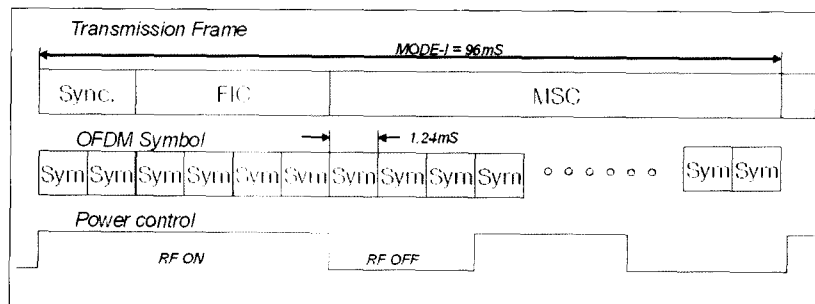
한편 DAB 수신기는 VHF 대역의 RF 회로가 필요하다. 대개의 제품에 RF 회로가 포함되면 생산시 정교하고

복잡한 조정들이 필요하기 마련이다. 또한 이들 조정을 위하여 비싼 장비들의 투자가 요구된다. 이러한 조정점들을 최소화 시키거나 조정이 쉽게 되도록 설계하는 것 또한 생산 공정을 간략화하여 제품의 가격 절감 효과를 가져올 수 있다.

2. 저 전력화(Power Saving)

특히 휴대용을 위해서는 저 전력화가 필수적이다. 이동성 보장을 위하여 배터리 전원으로 동작하여야 하므로 오랜 배터리 사용 시간을 위하여서는 전류 소모를 줄여야 하기 때문이다. 최근에 개발되고 있는 baseband processor chip 들은 반도체 기술의 발전으로 그 전류 소모가 매우 작아졌다. 문제는 RF부의 전류 소모에 있다. 대부분의 시간을 대기 모드에 있다가 통화시에만 연속 모드로 전환하는 휴대폰과는 달리, DAB 수신기는 항상 원하는 주파수 대역의 신호를 수신하여야 하므로 연속적인 전원 공급이 필요하기 때문이다.

DAB 는 다중구조로 되어 있어, 한 개의 frame 내에 여러 개의 방송 서비스가 혼합되어 제공되고 있다. 따라서 frame 내에 목적의 서비스와 관련된 데이터를 decoding 하면 전류 소모를 줄일 수 있다. 즉, <그림 4>와 같이 Ensemble frame내에



<그림 4> Power management

synchronization 및 FIC와 관련된 OFDM symbol 들은 필수 데이터이므로 RF를 ON 시켜 수신한다. FIC 데이터를 분석하면 MSC 내에 목적의 서비스를 위한 OFDM symbol의 위치를 알아낼 수 있다. 따라서 MSC 내에 수신하고자 하는 service에 해당하는 OFDM symbol 시간에만 RF에 전원을 공급하여 신호를 수신하고, 그 외의 시간에는 RF를 OFF 시켜 전류 소모를 줄인다.

3. 디지털 멀티미디어 방송(DMB)

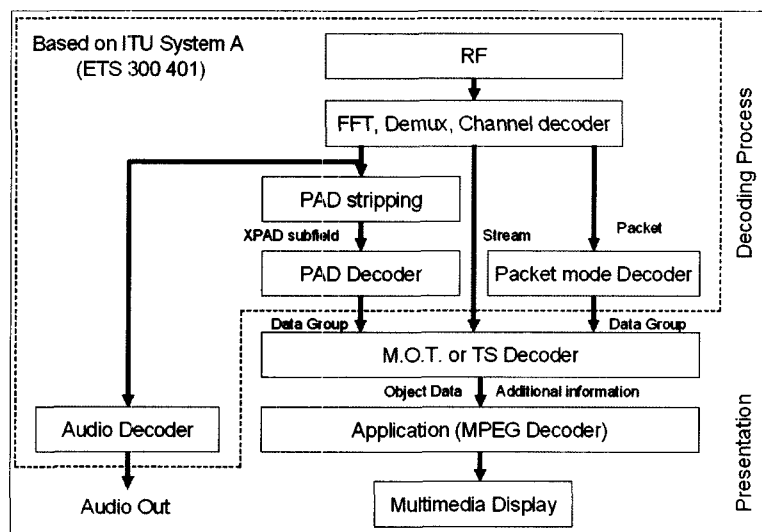
Internet의 발달로 인하여 소비자의 욕구가 발전하고 있다. 따라서 DAB에서 audio 서비스만을 가지고는 시장이 한계가 있고, 이제는 보고 듣는 새로운 개념의 라디오 서비스가 필요하다. 이러한 추세를 반영하여 최근 정보통신부에서는 한국의 지상파 DAB 시스템의 명칭을 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)로 변경하였으며, audio 서비스에만 국한하지 않고, 동영상, 정지 영상 및 데이터 등의 multimedia 서비스를 활성화 하겠다고 발표하였다. 아울러 DMB를 위한 국내 표준화 작업이 진행 중에 있다.

Eureka-147 시스템은 Packet 또는 Stream mode의 transport mode가 있어 멀티미디어 데이터를 전송할 수 있도록 확장 가능한 구조로 되어있다. 따라서 기존 지상파 DAB 시스템을 이용하여 최소한

의 변경으로 멀티미디어 데이터를 전송할 수 있다. 아울러 MOT(multimedia Object Transfer) 및 X-PAD 등의 멀티미디어 데이터 transport protocol이 이미 규정되어 있다. Eureka-147 시스템의 한 개의 ensemble로 전송할 수 있는 전송속도는 약 2Mbps 정도가 된다. 따라서 오류 정정을 위한 부가의 비트들을 포함하였을 때 500Kbps 급의 멀티미디어 데이터를 약 3 채널 전송할 수 있다.

국내 표준화 작업에서는 종래의 Eureka-147 시스템에 멀티미디어를 MPEG-4 압축 방식을 사용하여 stream mode 로 전송하는 방법을 연구중에 있다. 허용 가능한 화상 품질로는 CIF 급 30 frame 이내를 고려하고 있다. 기존의 Eureka-147 시스템에서 채용된 MUSICAM 오디오 압축 방식의 단점을 보상하고자 AAC 압축 방식으로 채용할 예정이며, 동영상 전송중에 데이터의 오류를 최소화 하기 위한 RS 오류 정정 code 및 Convolutional interleaving 기술을 추가 할 예정이다.

DMB 수신기 구조는 <그림 5>와 같다. 종래의



<그림 5> DMB 수신기 구성도

DAB 수신기에서 전달되는 수신 심볼에서 멀티미디어 데이터를 추출하는 transport protocol decoder (or demux)와 멀티미디어로 표현하는 application decoder가 추가되어 구성된다. DAB 수신기에서 상기의 decoder들을 위하여 baseband processor 이외에 추가의 DSP 혹은 processor가 필요하다. 다른 방법으로, 수신된 데이터를 기존의 PC 또는 PDA 등에 전달하여 본 멀티미디어 decoder 기능을 수행하도록 구성한다.

V. 결론

주파수 자원의 고갈로 라디오가 디지털화 되는 것은 필수적이고, 현대적 소비자의 다양한 멀티미디어 서비스의 욕구에 의해 DAB/DMB의 시장이 형성되고 있다. DAB/DMB는 고품질 오디오 뿐만 아니라 다양한 멀티미디어 서비스의 제공이 가능하

므로 소비자의 욕구를 충족할 수 있는 기술이다. 디지털 라디오 방송은 더 이상 라디오가 아니라 멀티미디어 단말기의 일종이 될 것이다.

디지털 라디오 방송 기술이 이제는 차세대 신 기술이 아니라 현재의 필요 불가결한 기술이 되었다. 그러나 DAB/DMB 수신기는 RF, 디지털 통신, 음향 및 영상 기술 등의 첨단 기술들로 이루어져 있다 보니 수신기의 개발이 쉽지 않고 가격이 높은 형편이다. 즉, 소비자의 욕구가 기술을 앞서는 실정이다. 따라서 학계 및 산업계에서는 값싸고 성능 좋으며 다기능을 갖는 디지털 라디오 방송 수신기의 개발에 주력하여야겠다. 좋은 수신기 기술 개발이 결국은 DAB/DMB의 시장 확산에 직접적으로 보탬이 될 것이다.

세계 경제에 있어서 한국은 DRAM, CDMA 그리고 MP3 Player 분야에 중주국으로 인정받고 있다. 이제는 DAB/DMB 차례이다.

필자소개



박 일 근

- 1985년 2월 : 한양대학교 공과대학 전자공학과 졸업 (학사)
- 1998년 2월 : 연세대학교 산업대학원 전자공학과 졸업 (석사)
- 1998년 10월 : 전기 통신 기술사 (55회)
- 1984년 12월~1986년11월 : 삼성 반도체통신 통신연구소
- 1986년 12월~1995년12월 : 삼성 종합기술원 선임연구원
- 1996년 1월~현재 : 퍼스널텔레콤(주) 대표이사
- 주관심분야 : 디지털 통신, 방송 시스템