



I. 서론

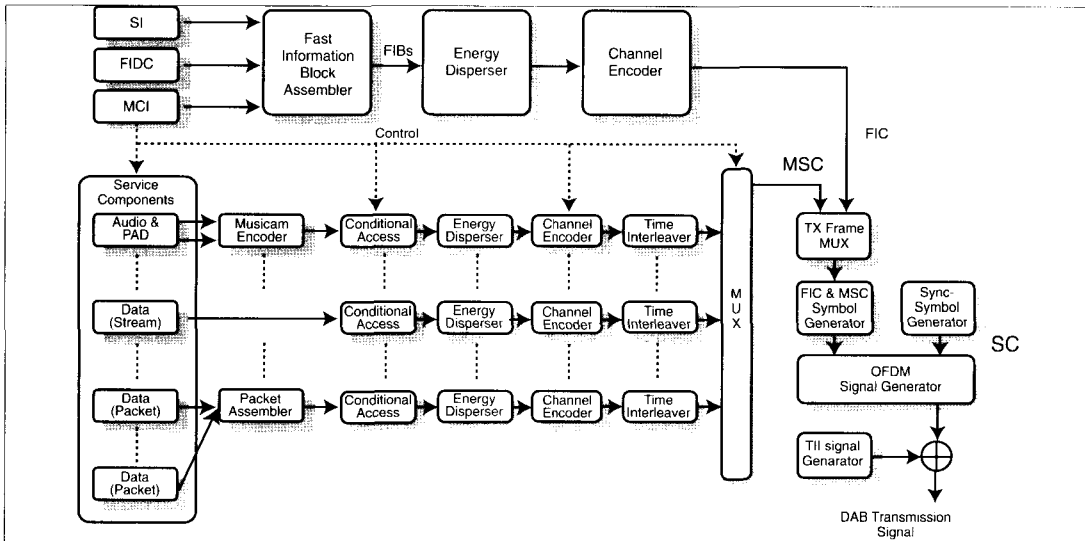
디지털 오디오 방송 (DAB)은 compact disk (CD) 수준의 고품질 오디오 방송과 부가 데이터 서비스가 가능한 라디오 방송 시스템으로, 현재 우리나라는 Eureka-147을 기반으로 하여 시험 방송을 마친 상태이고 곧 상용화 예정에 있다. Eureka-147 DAB는 1987년부터 유럽에서 추진한 디지털 오디오 방송 표준으로서 자동차와 같은 이동 수신을 주요 서비스 대상으로 하고 있으며, 디지털 변조 기술인 부호화된 직교 주파수 분할 방식(Coded OFDM)을 사용하여, 이동 수신 시에 문제가 되는 다중 경로 왜곡이나 페이딩 환경에 강인한 성능을 보여 준다. DAB는 자동차용 오디오, 휴대용 라디오, 하이파이 오디오 등에서 고품질의 음악, 교통 정보, 뉴스 등을 가능하게 하며, DMB(Digital Multimedia Broadcasting)의 개념을 이용하여 영

상 서비스도 제공할 수 있다. 1994년 1월에 표준안 초안이 작성되었으며 1997년 2월에 2nd edition이 발표되었고, 2001년 5월에 최종 표준안이 완성되었다. 본 고에서는 Eureka-147 DAB 표준안에서 제시하고 있는 전송 구조와 Eureka-147 DAB Demodulator에서 요구되는 변복조 기술 및 동기 기술에 대해서 설명한다.

II. DAB Transmission Frame

1. DAB Transport Mechanism

Eureka-147 DAB에서는 Audio Service, Data Service 그리고 각각의 서비스에 대한 정보가 프레임 단위로 전송되는데 전송 프레임은 SC (Synchronization Channel), FIC(Fast Information



〈그림 1〉 Eureka-147 방식 송신 블록도

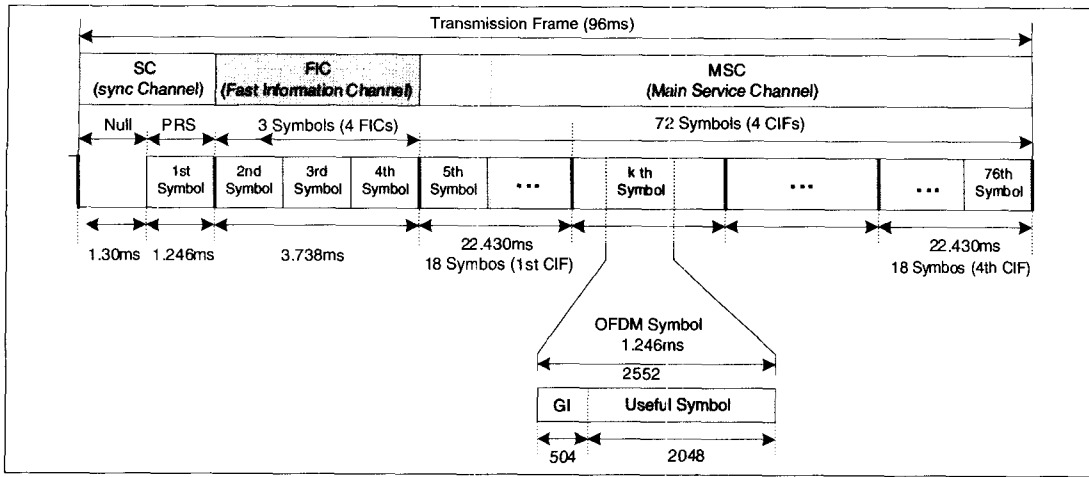
Channel), MSC(Main Service Channel)로 구성되어 있다. 〈그림 1〉에 Eureka-147 DAB의 송신 시스템 블록이 나타나 있다. SC는 Null Symbol과 Sync Symbol Generator에서 생성된 PRS(Phase Reference Symbol: 위상기준심볼)로 구성되며 TII(Transmitter Identification Information) Signal이 Null Symbol에 부가된다. SC에는 전송모드와 OFDM 심볼 및 주파수 동기에 필요한 정보들이 포함되어 있다. FIC는 SI(Service Information), FIDC(Fast Information Data Channel), MCI(Multiplex Configuration Information), CA(Conditional Access)로 구성되어 있다.

MSC에는 문자, 영상 및 음성 등 실제 데이터가 전송된다. 음성 서비스 신호는 다수의 CD 음질 오디오 서비스가 가능하도록 MPEG Audio Layer II에 기반한 고품질 오디오 압축(MUSICAM) 기술을 사용한다.

오디오 서비스 신호는 개별적으로 Audio Encoder를 거친 후 오류방지를 위해 부호화 된 후

시간 영역에서 인터리버를 거친다. 데이터 서비스 신호도 개별적으로 채널 부호화되고 시간 영역 인터리버를 거친다. 이러한 인터리빙된 각각의 오디오와 데이터 서비스 신호들은 FIC에 정의된 제어 신호에 따라 다중화되어 MSC로 합쳐진다. FIC로 전송되는 정보는 시간 지연을 허용하지 않기 때문에 시간 영역 인터리버를 통과하지 않는다. 다중화된 MSC 신호는 FIC 신호와 함께 OFDM Signal Generator에서 주파수 인터리빙되고 $\pi/4$ -DQPSK로 변조된 후 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 통해 OFDM 심볼이 생성되어 하나의 DAB 전송 프레임이 구성된다.

Eureka-147 DAB는 약 2MHz의 대역폭을 사용하며, 이동체 수신에서 다중 경로 페이딩 및 도플러 확산에 대처하기 위해 COFDM 전송 방식을 사용한다. 변조방식으로는 $\pi/4$ -DQPSK를 사용하며 오류 정정 부호화 방식으로는 부호율1/4의 길쌈부호(convolutional code)를 기반으로 한 RCPC(Rate Compatible Punctured Code)를 사용하고, 또한 오



〈그림 2〉 DAB Transmission Frame

〈표 1〉 COFDM parameters for different transmission modes

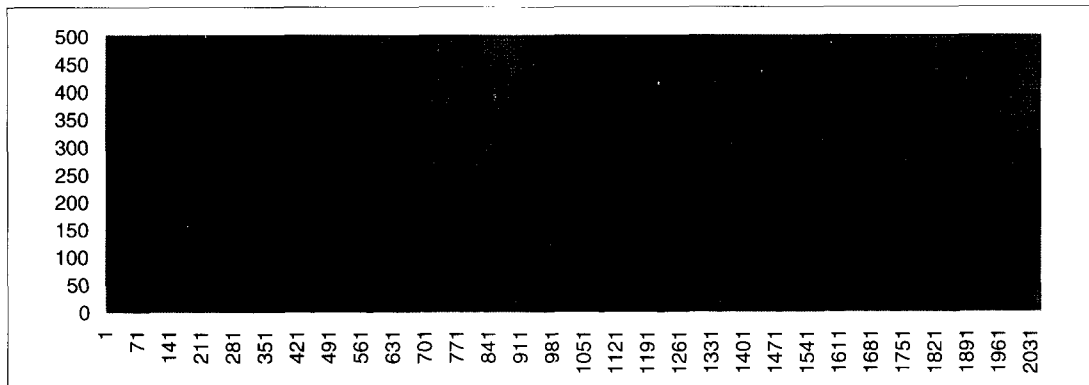
COFDM Parameters		DAB Transmission Modes			
Service	Terrestrial SFN	Terrestrial Local	Satellite/Cable Transmission	Hybrid	
Nominal Freq. Range	≤ 375 MHz	≤ 1.5 GHz	≤ 3 GHz	≤ 1.5 GHz	
Subcarrier Number (N)/ Subcarrier Spacing (f _c)	1,536 / 1kHz	384 / 4kHz	192 / 8kHz	768 / 2kHz	
Guard Interval (Δ)	246 μs	62 μs	31 μs	123 μs	
OFDM Symbol	1 ms	250 μs	125 μs	500 μs	
Symbol	1.246 ms	312 μs	156 μs	623 μs	
Null Symbol	1.297 ms	324 μs	168 μs	648 μs	
Symbols / Frame (P.Ref+FIC+MSC)	76 (1+3+72)	76 (1+3+72)	153 (1+8+144)	76 (1+3+72)	
Transmit. Frame	96 ms	24 ms	24 ms	48 ms	
Bit-Rate	2.4 Mbps				
Bandwidth	1.536 MHz				
Source Coding:	ISO/MPEG1 layer-2 (MUSICAM)				
Channel Coding:	COFDM (Coded OFDM)				
Subcarrier Modulation	π/4 shift DQPSK				
Convolutional Code	(n, k, K) = (4, 1, 7) Variable rate				
Time interleaving depth	384 ms				
Frequency interleaving	1.536 MHz				
Available Data Rate	0.8 ~ 1.7 Mbps				

채널 환경에서 여러 개의 오디오 및 데이터를 최적 데이터 속도로 전송하기 위해 오디오 데이터의 경우 오류의 민감성에 따른 UEP(Unequal Error Protection)을 사용한다. 전송 규격은 지상 단일 주파수망 (SFN)의 밴드 I, II, III의 지역방송에는 전송모드 I, 밴드 I, II, III, IV, V와 L 밴드에는 전송모드 II, 그리고 IV 그리고 3GHz 이하의 지상방송, 위성방송, 케이블, 지상 및 위성방송에는 전송 모드 III의 4가지 전송모드를 정의하고 있다. 〈표 1〉은 각 모드에

디오 및 데이터의 연접 오류를 방지하기 위해 인터리빙 기술을 사용한다. 또한, 제한된 대역폭과 주어진

다른 전송 파라미터를 나타내고 있다.

〈그림 2〉에는 Eureka-147 DAB의 전송 모드 중



〈그림 3〉 Amplitude of PRS in Time Domain

전송 모드 I에 대한 전송 프레임 구조를 보여주고 있다. 전송 프레임의 시작 부분은 SC로 Null Symbol과 $\pi/4$ -DQPSK 변복조를 위한 PRS가 할당된다. SC 다음에는 FIC가 이어지고 그 뒤 부분에는 오디오 서비스와 데이터 서비스를 전송하는 MSC가 할당된다. OFDM 심볼은 1ms의 유효 구간과 0.246ms의 보호 구간으로 구성되어 있다. 전송모드 I의 전송 프레임은 Null Symbol, PRS, FIC용 심볼 3개, MSC용 심볼 72개로 구성되며, 전체 길이는 96ms가 된다. MSC는 CIF(Common Interleaved Frames)의 열로 이루어져 있고, 하나의 CIF는 55296비트로 구성되며, 오디오 프레임을 위해서 24ms 마다 전송된다. MSC에 4개의 CIF가 포함되어 있듯이, 3개의 FIC용 심볼에는 4개의 FIC가 포함되어 있다. CIF의 최소 단위는 64비트로 이를 CU(Capacity Unit)라고 한다. 서브채널은 CU의 정수배로 구성되며 MSC의 기본 전송단위가 된다.

2. Synchronization Channel

동기화 채널은 프레임 동기, 반송 주파수 동기,

채널 상태 추정, 기본적인 복조 기능 등을 위해 사용된다. Null 심볼은 수신기에서 대략적인 프레임의 위치를 찾을 때 사용된다. PRS의 자기상관함수 (autocorrelation) 성질은 임펄스(impulse)와 가까운 특성을 가지므로, power spectrum은 백색잡음 (white noise)과 비슷한 성질을 가지고 있다. 그러므로 수신된 PRS와 미리 정해진 PRS심볼과의 상관값을 이용하여 OFDM Demodulator에서 필요한 동기 기능을 수행할 수 있게 한다. 〈그림 3〉에서 PRS 심볼에 대한 시간 영역에서의 크기 특성을 보여주고 있다.

3. Fast Information Channel

FIC의 구성요소인 MCI는 MSC의 서비스 종류, 위치, 형태 등의 정보로서 수신단에 전달되어 MSC를 해석하는데 쓰인다. SI는 서비스 제목, 채널 정보 등을 포함한다. FIDC는 Paging, TMC(Traffic message Channel), EWS(Emergency Warning Systems)와 같은 긴급을 요하는 데이터 서비스를 위해 쓰인다. CA는 특정 서비스를 인증된 가입자에게만 제공하기 위하여 정보열을 암호화한다. FIC는

〈표 2〉 FIB's & CIF's of Transmission Frame

Transmission mode	Duration of transmission frame	Number of FIBs per Transmission frame	Number of CIFs per Transmission frame
I	96ms	12	4
II	24ms	3	1
III	24ms	4	1
IV	48ms	6	2

이러한 정보를 보다 빨리 접근할 수 있도록 고정된 EEP(Equal Error Protection)를 가지고 time-interleaving을 사용하지 않는다. 각각의 FIC는 3개의 FIB(Fast Information Block)로 구성되어 있으며 각각의 FIB는 32Byte 단위이고, 각각의 FIB는 표준안[1]에서 정의하고 FIG(Fast Information Group)들로 구성된다. 전송되는 FIB는 전송 Frame에 따라 달라지는데, 전송프레임에 따른 FIB 개수를 〈표 2〉에서 보여주고 있다.

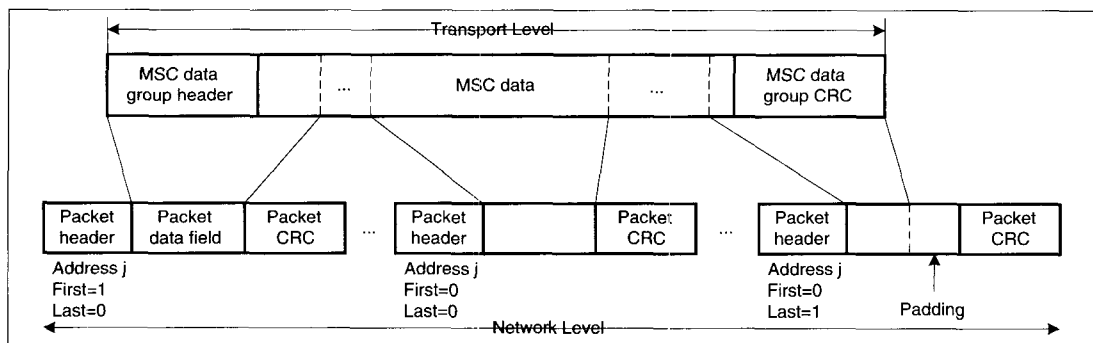
4. Main Service Channel

MSC는 오디오와 데이터 서비스를 전송하는데 사용한다. MSC는 앞에서 언급했듯이 CIF들로 구성되어 있는데, 〈표 2〉에서 볼 수 있듯이 전송 프

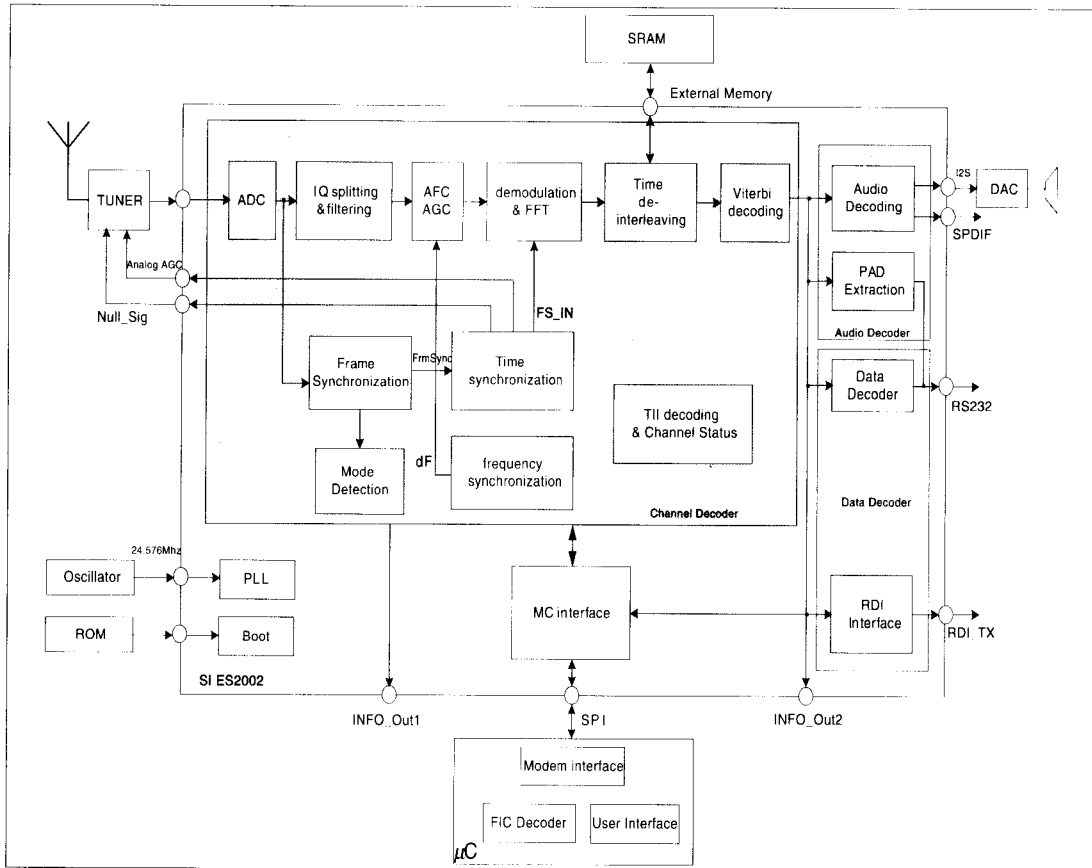
레이미에 따라 전송되는 CIF의 수가 다르다. CIF는 55296비트 크기이며, CIF의 가장 작은 구성 단위는 CU(Capacity Unit, 64-bit)이고 하나의 CIF는 864개의 CU들을 갖고 있다. CIF는 부채널(Subchannel)로 나누어지는데 각 sub-channel은 연속된 여러 개의 CU들을 차지할 수 있다. MSC는 stream 모드와 packet 모드로 두 개의 전송 모드를 갖는다. stream 모드에서는 부채널에 하나의 서비스 성분만이 전달되어야 하므로, 서비스가 투명하게 송수신 될 수 있어야 한다. Packet 모드는 하나의 부채널 안에 다른 서비스 성분들이 전달될 수 있다. 각 packet들은 주소에 의해 구분된다. 하나의 sub-channel의 안에서는 다른 주소의 packet들이 순서에 상관없이 전달할 수 있다. 그러나 같은 주소의 packet 순서는 유지되어야 한다. Packet 모드는 network 레벨과 transport 레벨, 두 개의 레벨을 갖는데 〈그림 4〉와 같은 관계를 갖고 있다.

III . Eureka-147 DAB Demodulator

Eureka-147 DAB는 전송방식으로 COFDM방



〈그림 4〉 Structure of Packet Mode



〈그림 5〉 Block diagram of DAB prototype receiver

식을 사용하고 있으며 〈그림 5〉에서 OFDM Demodulator의 구성을 보여주고 있다. RF tuner 를 통해 원하는 DAB 방송신호를 선택하고, On-Chip ADC에서 아날로그-디지털 변환기를 사용하여 디지털 신호를 생성한다. 이 신호는 I/Q Demodulation되어 FFT와 차분 복조기를 통과한 후 주파수 역인터리빙 된다. 동기부에서는 프레임 동기, OFDM 심볼 동기와 반송과 주파수 동기를 수행하고 있다. 심볼 동기는 정확한 복조를 위해 OFDM 심볼의 시작위치를 검출하는 것이며, 반송 과 주파수 동기는 송신단의 반송과 주파수와 수신 단의 주파수를 일치하는 것으로 OFDM 기반의 통

신시스템에서는 데이터를 수신하기 이전에 반드시 수행해야 할 요소 기술이다. 시간 역인터리빙의 깊 이는 16 Logic frame으로 384ms 전송지연을 갖고 있으며, Viterbi Decoding은 송신단의 구조장 길이 7인 모부호 (Mother Code)를 복조한다. Audio Decoder는 오디오 서비스 신호를 디코딩하여 I2S 인터페이스를 통해 DAC로 출력하며, 데이터 서비 스를 위해서 Data Decoding을 수행한다. Viterbi Decoded된 모든 부채널들은 RDI interface를 통해 외부로 출력된다. Eureka-147 DAB의 FIC 정보를 디코딩하기 위해서 micom interface를 SPI로 정의 하고 있다. Micro controller는 SPI를 통해 받은

FIC를 디코딩하는 FIC Decoder부와 User Interface를 지원하고 있다. 본 절에서는 FFT부, OFDM 동기부, Channel Decoder부를 설명한다.

1. OFDM Synchronization 부

DAB 시스템에서 동기는 프레임과 심볼에 대한 시간 동기부와 정수배 및 소수배 주파수 동기부로 나눌 수 있다. 원하는 DAB 수신기의 성능을 유지하기 위해서, 시간 동기부에서 프레임과 심볼 시간 동기는 각각 ± 20 과 $1/2$ 샘플링 오차 이내로, 그리고 주파수 동기부에서 정수배와 소수배 주파수 동기는 각각 부반송파의 주파수 간격과 그 1% 이내로 동기를 이루어야 한다.

1.1 Frame Synchronization

DAB 시스템은 프레임 단위로 정보를 전송하기 때문에 프레임 동기가 우선적으로 이루어져야 한다. 이 때, 프레임 동기는 정확한 프레임의 위치를 찾기 보다는 최대 ± 20 의 샘플링 오차 이내로 프레임의 시작 위치를 찾아서 다른 동기 알고리즘들이 안정적으로 동작할 수 있도록 도와주는 역할을 한다.

Eureka-147 DAB 시스템에서 전송프레임들 사이에는 null symbol이 존재하는데 이 null symbol 구간에서는 데이터 전송이 없기 때문에, 일정 구간의 윈도우를 설정하여 구간별 에너지 비를 계산하면 식 (1)과 같이 프레임 동기를 이룰 수 있다.

$$\text{Frame Start} = \text{Max}_i \left\{ \frac{\text{energy2}(i)}{\text{energy1}(i)} \right\} - L \quad (1)$$

여기서, $\text{energy2}(i)$ 와 $\text{energy1}(i)$ 는 각각 i 번째 구간에서 앞부분과 뒷부분 윈도우 영역에서의 에너지

이며, L 은 윈도우 영역의 크기를 나타낸다. 위와 같은 방식에서는 윈도우의 크기에 따라서 성능이 달라지는데, 보통 심볼 구간의 $1/2$ 인 윈도우를 사용한다. 일반적으로, DAB 시스템에서 OFDM 변조된 신호는 시간상에서 거의 가우시안 분포를 갖기 때문에 정확한 프레임의 시작 위치를 찾기가 어렵다. 그래서, 실제로 프레임 동기 알고리즘은 ± 20 샘플 이내의 샘플 동기 오차를 허용한다.

1.2 Coarse Frequency Synchronization

수신된 OFDM 신호에서 발생된 주파수 오프셋에서 부반송파의 정수배에 해당하는 주파수 오프셋을 추정하고 보상하는 동기를 정수배 주파수 동기 (Coarse Frequency Synchronization)라 한다. OFDM 방식을 사용하는 DAB 시스템에서는 정수배 주파수 오차로 인해 FFT 출력에서 수신된 신호가 그 오차 만큼 밀리게 된다. 앞에서 설명한 것처럼, PRS는 주파수 영역에서 랜덤한 특성을 나타내므로 주파수 동기에 사용될 수 있다.

정수배 주파수 오차를 추정하기 위한 기본적인 알고리즘은 수신된 PRS와 알고 있는 PRS를 순차적으로 회전시키면서 상관 값을 구하여 상관 값이 최대가 되는 회전량을 정수배 오차 값으로 결정하는 것이다. 이 방법은 시간 동기가 정확히 이루어진 경우에만 그 성능을 보장할 수 있다. 다음으로, 채널의 단위 응답을 이용하는 방법이 있다. 수신된 PRS와 기준 PRS를 곱한 후 IFFT를 취하면, 채널의 단위 응답을 얻을 수 있다. 따라서, PRS를 회전시키면서 IFFT를 취했을 때, 그 값이 최대가 되는 회전량이 바로 정수배 주파수 오차가 된다. 하지만, 이 방법은 계산량이 너무 많다. 계산량을 줄이기 위해 일정한 적분 구간을 두어 수신된 PRS와 기준 PRS 사이의 부분 상관 값을 이용하는 방법이 있는데, 시간 동기

오차 값에 따라 in-phase 상관 값이 거의 0에 가까운 값을 갖게 되어, 정수배 주파수 오차 추정에 실패하는 경우가 발생한다. PRS는 적분 구간과 시간 동기 오차에 따라 부분 상호 상관 값이 0이 되는 특성을 나타내는데, 프레임 동기에서 보장할 수 있는 시간 동기 오차 범위에 대해서 강한 상호 상관 관계를 보장할 수 있는 적분 구간을 위상 상관 대역폭이라 한다[2]. 위상 상관 대역폭을 이용하면 in-phase 상호 상관 값을 구하는데 있어서, 시간 동기 오차의 영향을 최소화 할 수 있다. 전체 시스템 대역 N을 위상 상관 대역폭보다 작은 적분구간을 갖는 K 개의 작은 블록으로 나눈 다음, 각 블록에서의 상호 상관 값의 평균을 구함으로써 정수배 주파수 오차는 식 (2)와 같이 같이 구할 수 있다.

$$\hat{\Delta f}_i = \underset{d}{\text{Max}} \left\{ \sum_{m=0}^{K-1} \sum_{k=mN/K}^{(m+1)N/K-1} Z_{n,k}^* Y_{n,k-d} \right\} \quad (2)$$

여기서, d 는 회전량을 나타내고, $Z_{n,k}$ 와 $Y_{n,k-d}$ 는 각각 기준 PRS와 수신된 PRS를 의미한다.

1.3 Symbol Synchronization

FFT에서 데이터가 정확히 복원되기 위해서는 심볼 동기가 필수적인데, 이는 프레임 동기에 대한 미세 시간 동기로서 생각할 수 있다[3][4]. Eureka-147 DAB 시스템에서는 채널 지연에 따른 ISI를 방지하기 위해 유효심볼 구간의 25%에 해당하는 보호 구간을 사용한다. 보호 구간은 순환 확장에 따라서 OFDM 심볼의 끝 부분을 그대로 복사해서 만들어지는데, 심볼 동기가 이루어졌을 경우에는 보호 구간과 심볼 끝 구간 사이의 상호 상관 값이 최대가 되므로 이를 이용하여 심볼 시간 오차를 추정할 수 있다. 하지만 보호 구간을 이용하는 심볼 동기는

AWGN 채널에서는 안정적으로 동작할 수 있으나, 다중 경로 페이딩 채널에서는 동기 오차가 1 샘플을 넘게 되어 사용할 수 없게 된다. 그래서 PRS를 이용하여 CIR(Channel Impulse Response)을 구하고, 채널의 단위 응답이 최대가 되는 지점이 심볼 동기 오차 값이 되므로 정확한 심볼 동기를 이룰 수 있다. CIR을 구하기 위해서 IFFT를 해야 하므로 계산량이 많아지는 단점이 있다. 식 (3)에서 채널 단위 응답에 대한 계산식을 보여주고 있는데, 여기서 Z_k 는 알고 있는 PRS 신호이고 $X_{k,w}$ 는 시간오프셋이 w 만큼 부가되어 있는 수신된 PRS 신호인데, 미리 추정된 정수배 주파수 오프셋이 보상된 신호이다.

$$\hat{\tau} = \max[\text{IFFT} \{ X_{k,w} Z_k^* \}] \quad (3)$$

1.4 Fine Frequency Synchronization

수신된 OFDM 신호에서 발생된 주파수 오프셋에서 부반송파의 소수배에 해당하는 주파수 오프셋을 추정하고 보상하는 동기를 소수배 주파수 동기(Fractional Frequency Synchronization)라 한다. OFDM 부반송파 간격보다 작은 소수배 주파수 오차는 차량 이동에 따른 도플러 효과 및 발진기의 특성에 따라 수시로 변할 수 있기 때문에 OFDM 심볼마다 그 값을 추정해야 한다. 또한, 현재 OFDM 심볼에 대해 추정한 소수배 주파수 오프셋은 다음 OFDM 심볼에서의 소수배 주파수 동기에 사용된다. 소수배 주파수 오차 추정은 시간 영역에서 이루어지는데, 주파수 영역에서는 FFT 누설 현상에 따라 그 값을 추정하는데 정확도가 떨어질 뿐만 아니라 추정 범위도 작아지기 때문이다. 일반적으로 소수배 주파수 동기에는 보호 구간을 이용한다. 주파수 오차가 없을 경우, 보호 구간의 신호는 OFDM 심볼의 끝 부분의 신호와 위상이 동일하지만, 그렇

〈표 3〉 FFT 내부 레지스터의 bit-width별 성능(SNR)

bit-width	10 bit	11 bit	12 bit	13 bit	14 bit	15 bit	16 bit
±32	15.50dB	22.87dB	28.01dB	31.40dB	32.93dB	33.43dB	33.43dB
-128~127	-3.43dB	22.60dB	34.09dB	38.77dB	40.25dB	40.38dB	40.35dB

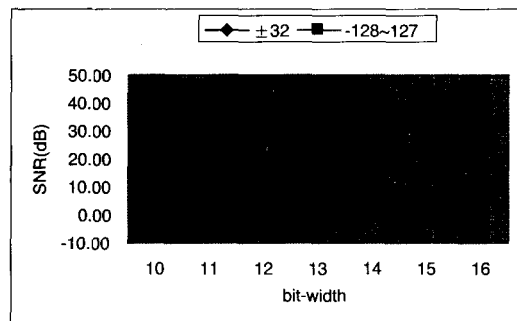
지 않을 경우에는 서로 다른 위상을 갖게 된다. 따라서, 소수배 주파수 오프셋이 존재하는 경우, 그 위상차만 구하게 되면 주파수 오차를 보정할 수 있게 된다. 이 때 정확한 위상 값을 구하기 위해, 다중 경로 채널의 영향을 받지 않은 보호 구간 신호를 이용해야 한다. 식 (4)에서 소수배 주파수 오프셋을 구하는 계산식을 보여주고 있는데, L은 보호구간에서 채널의 영향을 받은 신호길이를 제외한 길이이다.

$$\Delta f_i = \frac{1}{2\pi} \angle \left(\sum_{n=0}^{L-1} x_{n+L} x_n^* \right) \quad (4)$$

2. FFT부

Eureak-147 DAB에서 FFT를 구현하는데 있어서 고려해야 할 점은 FFT 입력개수가 256, 512, 1024, 2048개로 다양하다는 것이다. 즉 FFT부에서 이 4가지 입력모드에 대해 처리할 수 있어야 한다. 일반적으로 Radix-2를 사용하여 FFT를 구현하는데, 연산량이나 연산속도가 중요시 될 경우에는 Radix-4와 Radix-2 구조가 섞여있는 Mixed-Radix 구조로 구현할 수 있다. 본 고에서는 Radix-2 구조로 적용하여 FFT를 구현하고 있다. 또한 Eureak-147 DAB용 FFT를 설계할 때, Forward FFT와 Inverse FFT를 지원할 수 있어야 하며 이를 위해서는 입력 bit-width와 출력 bit-width를 같게 하여 전력을 배분화 하여야 한다.

입출력 bit-width와 별도로 연산의 정확도를 위



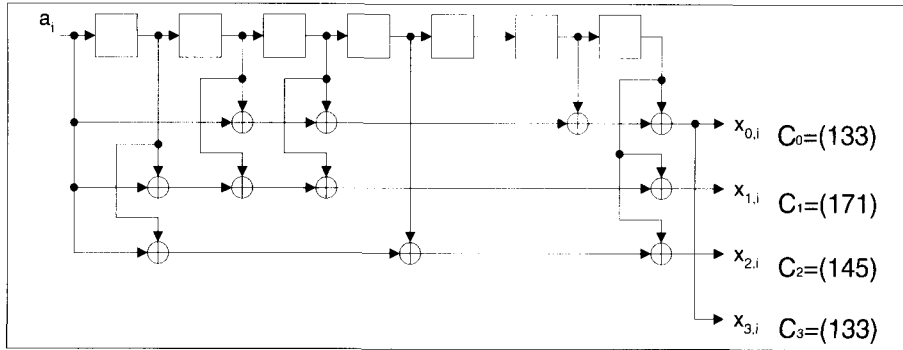
〈그림 6〉 FFT 내부 연산 bit와 SNR의 관계

해서 내부 레지스터의 bit-width를 결정하는데, 내부 레지스터의 bit-width별로 floating-point 연산 결과와 비교하여 결정한다. 〈표 3〉과 〈그림 6〉에서 내부 연산 비트와 SNR 관계를 보여주고 있다. 각각의 경우에 대해서 14-bit에서 SNR의 결과가 saturation되는 것을 볼 수 있다.

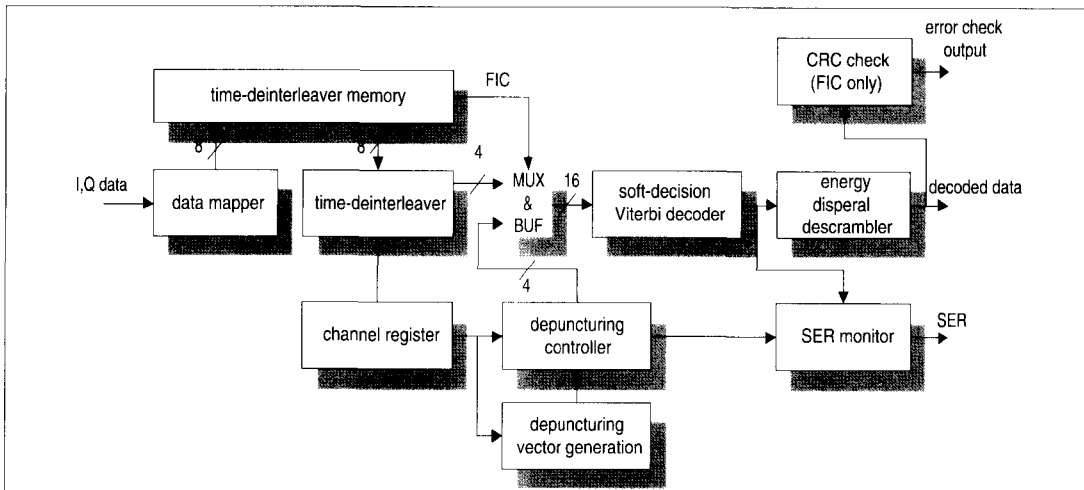
실험 데이터를 ±32값을 랜덤하게 발생시킨 것과 -128에서 127까지의 값을 랜덤하게 발생시킨 것에 대한 실험 결과이다. FFT를 구현하는데 있어서 고려되는 또 다른 사항은 DFT(Discrete Fourier Transform)를 FFT로 전환하는 과정에서 생기는 Digit-Reverse 처리 방법이다(5).

3. Channel Decoder

Eureak-147 DAB 송신단의 채널 부호기는 Convolutional encoder와 time-interleaver로 구성된다. Convolutional encoder는 〈그림 7〉과 같이 부호화율 R=1/4, K=7이며, 생성 다항식은 8진수로



〈그림 7〉 Convolutional Encoder (R=1/4)



〈그림 8〉 Structure of Channel Decoder

133, 171, 145, 133이다. Convolutional encoder 출력은 ETSI EN 300 401에 정의되어 있는 puncturing 벡터에 따른 것이며, 이것을 통해서 부호화율을 8/12에서 8/24까지 가변할 수 있다. 이때, 평균 부호화율은 1/3이다.

〈그림 8〉은 전체 채널 복호기의 구조를 나타내고 있다. 채널 복호기는 time-deinterleaver와 depuncturing 부분, soft-decision Viterbi 복호기, energy dispersal descrambler, CRC 및 SER (Symbol Error Rate) 모니터링 기능 부분으로 크게 5부분으로 나눌 수 있다. 채널 복호부는 송신단

에서의 부호화의 역과정이라고 할 수 있다(6).

Time-deinterleaver는 무선 페이딩 채널을 통과한 연접 에러를 랜덤하게 분포하도록 해준다. De-interleaving 된 데이터는 전송률을 높이기 위해 puncturing 된 데이터를 de-puncturing 벡터를 생성한 후, de-puncturing 하여 그에 맞게 Viterbi 복호기의 입력으로 제공한다. Viterbi 복호기는 soft-decision된 16비트 데이터를 이용하여 복호 및 에러 정정을 하며, energy dispersal de-scrambler는 송신단의 scrambling 과정을 한번 더 거치게 된다. 마지막으로 de-scrambler의 출력은 FIC의 CRC 검사와

Viterbi 복호기의 성능 측정을 위해 SER을 측정한다. 4bit soft-decision된 신호는 time-deinterleaver의 입력이 되며, FIC 채널을 제외한 모든 MSC 전 채널에 대하여 수행된다. 즉, FIC는 de-interleaver를 거치지 않고, de-puncturing 과정으로 넘어가게 된다. De-interleaver는 16개의 logical frame에 걸쳐 수행되며 이는 16개의 MSC에 대해 de-interleaving 하는 것과 같다. 따라서 하나의 MSC는 55296bit x 4(soft-decision)로 부호화되며 수신단에서는 16개의 MSC를 저장하기 위해서 약 4Mbit의 메모리를 필요로 하게 된다. Time-deinterleaver는 16개의 logical frame에 대하여 수행되고 있으며, De-interleaving 출력은 Viterbi 복호기 입력 전에 depuncturing된다. MSC는 UEP(unequal Error protection)과 EEP(equal error protection)의 경우 다르게 수행되며, 단위는 logical frame 단위이다. Viterbi 복호기는 64 state를 가지며, 입력 비트는 16비트, 출력 비트는 1비트이다.

IV. 결론

개발된 Eureka-147 DAB Demodulator는 송신

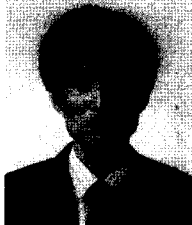
장비 (DAB3801)을 사용하여 테스트 하였으며, Demodulator는 실시간으로 동작하기 위한 조건을 만족시키고 있다. 주파수동기는 부반송파 간격의 1%까지 주파수 오프셋을 보상할 수 있으며 시간동기는 한 샘플 오차만을 허용하고 있다. Viterbi Decoder는 MSC에 실려있는 모든 부채널을 지원하고 있으며, 데이터 서비스도 한 채널을 지원하고 있다. 최대 지원 속도는 UEP인 경우에 384Kbps, EEP인 경우에는 2304Kbps를 지원한다. 개발된 DAB 수신부와 함께 Audio Decoder를 One-chip을 개발 하였으며, 저전력이 가능하도록 추가 연구를 진행할 예정이다.

Eureka-147방식은 국내 지상파 DAB의 표준으로 선정 되었으며, 2003년말부터 방송을 시작할 계획이다. 또한 이를 DMB로 서비스를 확장하여 Mobile DTV에 대응하는 서비스도 준비되고 있어, 음성이나 음악뿐 아니라 동영상 서비스도 가능해지고 있다. 따라서 DAB가 단순히 FM방송을 대체하는 것이 아니라 다양한 서비스를 통한 새로운 방송 개념을 창출하는 것이라 할 수 있다. 이런 디지털 융복합시대에 대응되는 새로운 연구개발이 꾸준히 이루어지길 바란다.

참고 문헌

- (1) ETSI ETS 300 401, "Radio broadcasting systems: Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers", ETSI, May 1997, Second Edition.
- (2) K. J. Wang, N. S. Cho, J. H. and K. C. Kim, "A coarse frequency offset estimation in an OFDM system using the concept of the Cyclic Prefix Extension", IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. 48, NO. 8, PP. 1320-1324, AUGUST 2000.
- (3) F. van de Laar, N. Philips and J. Haissler, "Towards the Next Generation of DAB Receivers", EBU Technical Review, pp. 45-59, Summer 1997.
- (4) M. Sandell, J.-J. van de Beek and P. O. Schnitzler, "Carrier and frequency synchronization in OFDM systems using the cyclic prefix", in Intern. Symp. Spread Spectrum, 1996, Dec. 1996.
- (5) T. C. Chouhski and T. T. Tytkita, "Generation of Optimal Pseudo-Random Sequences for Fast Fourier Transforms", IEEE Transactions on Computers, vol. 40, no. 10, pp. 1091-1097, 1991.
- (6) M. Alard and R. Lassalle, "Principles of Modulation and Channel Coding for digital broadcasting for mobile receivers", EBU Review-Technical, vol. 234, pp. 149-164, Aug. 1987.

필자소개



이재곤

-1991년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 졸업 (공학사)
 -1991년~2001년 : 삼성전자 중앙연구소
 -2001년~현재 : 삼성전자(주) 종합기술원 전문연구원/TL
 -주관심분야 : 디지털 방송/통신 기술, System-On-Chip, Network-On-Chip



김광철

-1993년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 학사 졸업 (공학사)
 -1998년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 대학원 졸업 (공학석사)
 -1998년~2001년 : 삼성전자 중앙연구소
 -2001년~현재 : 삼성전자(주) 종합기술원
 -주관심분야 : 무선 통신 시스템, OFDM Modem...



이정상

-1996년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업 (공학사)
 -1998년 8월 : 연세대학교 전기공학과 대학원 졸업 (공학석사)
 -1998년~2001년 : 삼성전자 중앙연구소
 -2001년~현재 : 삼성전자(주) 종합기술원
 -주관심분야 : 통신 시스템내 신호처리 및 제어



이정택

-1997년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업 (공학사)
 -1999년 2월 : 연세대학교 전기공학과 대학원 졸업 (공학석사)
 -1999년~2001년 : 삼성전자 중앙연구소
 -2001년~현재 : 삼성전자(주) 종합기술원
 -주관심분야 : 통신 관련 chip 설계 및 channel coding



김윤영

-2000년 2월 : 충북대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 -2002년 2월 : 충북대학교 전자공학과 대학원 졸업 (공학석사)
 -2002년~현재 : 삼성전자(주) 종합기술원
 -주관심분야 : CDMA, OFDM, Synchronization