

主 題

디지털 오디오 방송(DAB)

연세대학교 기계 전자공학부 교수 서 종 수

차 례

1. 서 론
2. DAB 방식의 분류
3. 결 론

I. 서론

디지털 오디오 방송 (DAB: Digital Audio Broadcasting) 시스템은 현재의 AM 방송이나 FM 방송과는 전혀 다른 기술을 이용하여 고품질의 음질을 제공할 수 있으며, 이동체에서도 수신 능력이 강하고, 영상이나 문자와 같은 디지털 데이터를 고속으로 송신할 수 있는 특성을 가지고 있다. 이에 따른 DAB의 장점은 다음과 같다.

- 1) DAB의 오디오 주파수 대역은 20~22kHz로서 FM 방송의 15kHz보다 넓으며, FM 방송에서 문제 시되는 잡음과 간섭에 의한 수신음질의 열화를 최소화할 수 있으며 CD급 음질을 제공할 수 있다.
- 2) DAB는 OFDM과 같은 multi-carrier 디지털 전송방식을 사용함으로써 다중경로 환경에 강하며 이동 수신음질이 우수하다.
- 3) DAB는 FM 송신출력의 수십 분의 일이 되는 저출력을 사용하여 FM 방송과 동일한 가청범위를 제공할 수 있다.
- 4) DAB는 FM 방송과 비교하여 주파수 사용효

율이 4배 정도 우수하며 SFN(단일 주파수 방송망)을 이용할 경우 그 이상으로 개선된다.

- 5) DAB는 On-channel 중계기를 사용하여 매우 효율적으로 난청지역을 해소할 수 있다.
- 6) DAB는 뉴스, 음악 방송뿐만 아니라 전자 신문, 지리/교통/기상 정보방송, 무선 호출, 데이터, S/W 및 image 방송등 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다.

DAB의 우수성에서 보는 바와 같이 DAB는 기존의 아날로그 AM, FM 방송의 단점을 해소하고 고품질과 새로운 형태의 고부가 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 차세대 방송방식으로 인정되고 있으며 DAB의 범세계적 실용화 시기가 임박함에 따라 국내에서도 DAB 실용화를 위한 연구개발이 시급한 형편이다. 한편 국내 지상파 디지털 방송은 기존의 아날로그 방송 주파수 대역 내에서 전환할 예정으로 DAB는 기존의 FM 또는 TV 방송 채널을 사용할 계획이다. 본 논문은 DAB의 대표적인 두가지 전송방식으로 미국의 In-Band 방식과 유럽

의 New-Band 방식 즉, Eureka-147의 동작원리, 구성과 특성을 비교분석한다.

II. DAB 방식의 분류

디지털 오디오 방송(DAB)은 사용 주파수 대역에 따라 New-Band (또는 Out-of-Band) 방식, In-Band 방식과 Band-Split 방식으로 분류할 수 있으며 표 1은 사용 주파수 대역에 따른 DAB의 방식을 비교한다.

1. In-Band 방식 DAB

In-Band 방식은 FM (또는 AM) 신호와 같은 주파수 대역을 공유하며, 기존 방식과 동시에 방송되는 Simulcast 시스템이다. 이 방식은 주로 지상계 방송에 사용되며 기존의 FM 신호와 동일한 주파수 대역을 공유하므로 서로간의 간섭에 주의하여야 한다. In-Band 방식은 다시 In-Band On-Channel (IBOC) 방식과 In-Band Adjacent-Channel (IBAC) 방식으로 나눌 수 있다. IBOC 방식은 디지털 오디오 신호를 기존 FM 신호에 실어 보내는 것으로 FM과 똑같은 채널을 공유하게 되므로, 상호 간섭이 가장 중요한 요인이 된다. IBAC 방식은 기존 FM 대역에서 FM 신호와 인접하는 디지털 신호를 전송하는 방식으로서 FM 방송에서 사용하는 채널 사이의 Guard 주파수 대역을 이용하게 되므로 상호 간섭에 대처하기가 비교적 쉽다. FM 대역에서

IBAC와 IBOC 방식의 DAB 채널 배치는 그림 1과 같다. IBAC 방식 DAB 신호의 중간 주파수는 FM 신호의 중간 주파수로부터 400kHz 분리되며, IBOC 신호는 중간 주파수가 800kHz 분리된 인접하는 FM 신호에 중첩하여 전송된다. IBOC DAB 신호를 FM 신호보다 25dB 이상 낮은 레벨로 전송할 때 사용 가능한 주파수 대역은 400kHz 이상이다. 미국의 경우, FM 방송과 주파수는 200kHz 간격으로 할당되나 일반적으로 인접 지역의 두 방송국은 최소 400kHz 간격으로 할당되어 있음을 고려할 때 FM In-Band 방식의 DAB 시스템에서 요구되는 사항은 다음과 같다.

- 1) 다중경로 페이딩 환경에서 DAB는 기존 FM 보다 수신성능이 우수해야 한다.
- 2) DAB 신호는 FM 신호에 영향을 주어서도 또는 받아서도 안된다.
- 3) DAB와 FM 수신기는 인접채널 간섭환경에서 우수하게 작동해야 한다.
- 4) DAB/FM 복합신호는 FCC가 규정하는 전력 스펙트럼 밀도를 만족해야 한다.

표 2는 현재 개발된 미국 3개사의 FM In-Band 방식 DAB 시스템의 특성을 비교한다.

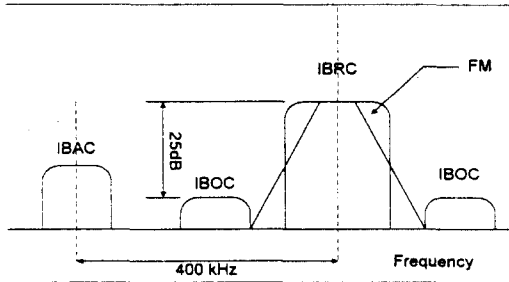
2. New-Band 방식 DAB

New-Band 방식은 유럽의 Eureka-147 프로젝트

(표 1) 사용 주파수 대역에 따른 DAB의 방식 비교

방 식	Band	구 분
Eureka 147	1452 - 1492 MHz	New Band (NB)
AT&T	88 - 108 MHz	In-Band/Adjacent Channel (FM IBAC)
USADR-AM	0.54 - 1.7 MHz	In-Band/On-Channel (AM IBOC)
AT&T/Amati	88 - 108 MHz	In-Band/On-Channel (FM IBOC)
USADR-FM	88 - 108 MHz	In-Band/On-Channel (FM IBOC)
VOA/JPL	2310 - 2360 MHz	Direct Broadcast Satellite (DBS)

(그림 1) FM 주파수 대역을 이용한 In-Band 디지털 오디오 방송 (DAB)



에서 개발한 방식으로 30MHz부터 3GHz의 새로운 주파수 대역을 사용한다. 따라서 적절한 주파수 할당에 대한 동의가 New-Band 시스템의 구현에 주된 장애물이다. 현재 상용되는 AM과 FM 라디오와 같은 수준의 서비스를 수용하기 위해서는 20~60MHz 정도의 주파수 대역이 필요할 것으로 보고 되었는데, 미국에서 New-Band 시스템의 구현은 주파수 대역과 미국 방송업자의 지지 부족으로 인해 결과적으로 폐지되었다. 유럽에서는 New-Band 방식의 DAB 용도로 Band-I (47~68MHz), Band-III (174~240MHz) 및 L-Band (1452~1492MHz)의 3개의 주파수 대역을 할당하고 있다. Eureka 147 시스템은 New-Band 방식의 대표적인 시스템으로서 현재 50, 80, 100, 210~240, 600, 800, 1452~1492MHz 대역에서 동작하는 시스템이 개발되어 있다.

New-Band 방식 DAB의 전송 모드는 네가지가 있으며 Mode-I 은 300MHz 이하 대역에서 동작하는 SFN(Single Frequency Network)으로 적합하며, Mode-II 은 1.5GHz 이하 대역에서 지역 서비스로 적합하며, Mode-III 은 3GHz 이하 대역에서의 위성 방송으로 사용하며, Mode-IV 은 L-band에서 SFN을 사용하는 광역 서비스 용도로 적합하다.

SFN은 New-Band 방식의 장점으로서 지상망 DAB SFN을 구성하기 위해서는 50 ~ 250MHz 대역이 가장 적합하다. 이 경우 주파수 대역의 상한치는 차량의 속도와 COFDM 신호의 guard interval에 따라 결정된다. Eureka-147은 1.5MHz 대

(표 2) FM In-Band 방식 DAB 시스템의 특성 비교

	ISADR	Armit Corbett	AT&T
Sound Coding	MUSICAM (192kbps joint stereo)	PAC (128 or 160kbps)	PAC (128kbps joint stereo)
변신 기술	Coded Polyvector Digital Modulation	Discrete Multitone	Single Carrier Modulation
Carrier 수	21	32	1
Carrier 간격	9.5kHz	4kHz	X
Freq. Diversity	Yes	Yes	No
Time Interleaving	No	No	Yes
변복조	BPSK	QPSK & 8PSK	QPSK
Data Rate/Carrier	10kbps	15kbps	360kbps
에러정정코드	1/2 rate error correction	(32,20) RS code	(32,n) RS code (n=12~20)
Guard interval	X	14.5 μsec	X
Channel Quantization	Yes	No	Yes

역폭을 차지하므로 기존 FM 대역에서 이를 위한 주파수 대역할당이 불가능하며, VHF/TV 대역 역시 전국적으로 사용되지 않는 TV 채널이 없으므로 전국 단위의 SFN을 구성하기 위해서는 VHF/TV 채널의 재배치가 필요하다.

지상망 다중경로 전파 환경에서 광대역 신호를 전송할 때 주파수 선택적 페이딩과 ISI(InterSymbol Interference)의 영향을 받게 되므로 이를 해결하기 위하여 New-band 방식 DAB은 OFDM과 같은 multi-carrier 전송방식을 사용한다.

III. 지상망 DAB

국내에서 고려하고 있는 지상망 DAB의 요구사항은 다음과 같다.

1) AM, FM, TV, S-band(2.5GHz)의 국내 가용한 주파수 대역중 기존의 아날로그 방송대역을 포함.

2) 기존 아날로그 방송채널과 DAB 채널의 공존에 따른 간섭을 최소화 함.

3) 아날로그 방송 채널 재배치에 따른 DAB 전용대역의 확보를 고려함.

- 4) 음성, 데이터, 영상 등 멀티미디어 서비스를 제공함.
- 5) 이동 및 휴대 수신시 CD급 음질을 보장함.
- 6) 기존 아날로그 방송 서비스와 호환성을 가짐.
- 7) 아날로그 방송 대비 최소 4배의 주파수 사용 효율을 가짐.
- 8) 아날로그 방송 대비 고품질, 광역 서비스를 보장함.

지상망 DAB에 사용할 수 있는 주파수 대역의 하한치는 수신 안테나의 실효구경과 송신 출력에 의해 제한되며 상한치는 주파수 증가에 따른 artificial noise의 증가에 따라 제한된다. 기술상으로 지상망 DAB 용도로 적합한 주파수 대역은 50MHz ~ 1.5GHz 이며, 규정상으로는 기존 아날로그 방송 대역과 WARC-92에서 DAB 용도로 할당한 대역이다. 그러나 VHF, UHF 대역은 기존 FM 또는 TV 방송과의 상호간섭을 최소화할 수 있도록 채널을 재배치해야 하는 문제가 있으며 신호대 간섭에 대한 요구 CIR (Carrier-to-Interference Ratio)은 ITU-R 보고서 1203을 만족하여야 한다. 또한 WARC-

(표 3) 지상망 DAB 용 주파수 대역의 고려사항

주파수 대역	고려 사항
밴드 I (VHF TV 채널 6 이하)	<ul style="list-style-type: none"> • LMS (Land Mobile Service)와 대역 공유 문제 • 상의대역 유리 • 기존 TV 방송 대역 이전
밴드 II (FM 대역)	<ul style="list-style-type: none"> • 기술적으로 가장 적합 • 대역 재구성 필요
밴드 III (VHF TV 채널 7 이상)	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 TV 방송 대역 이전
밴드 IV 와 V (LHF)	<ul style="list-style-type: none"> • VHF 대역보다 여유 • 대역 이전문제 없음 • SFN 구성시 많은 송신기 및 고출력 필요 • 지형에 따른 영향이 큼 • Local coverage에 적합함
L 밴드	<ul style="list-style-type: none"> • 지상계 단독으로 고려되지 않음 • Mixed 위성/지상계 개념으로 사용 • 대역 이전문제 없음 • 대역폭이 넓어 방송망 계획이 용이
S 밴드	<ul style="list-style-type: none"> • 지상계 방송에 사용 불가

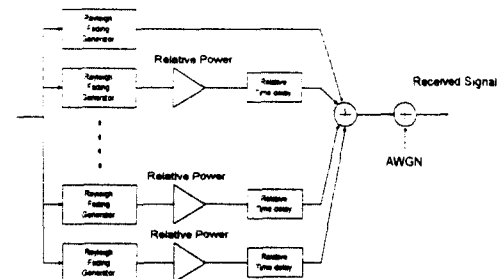
92에서 할당한 S-band는 지상망 방송으로 적합하지 않은 주파수 대역이므로 이를 제외하여야 한다. VHF, UHF, L, S 밴드 주파수 대역을 지상망 DAB 용도로 사용코자 할 때 고려되어야 할 사항은 표 3과 같다.

국내 지형조건과 빌딩내 전파전파의 특성상 VHF 대역이 UHF와 L-band 보다 우수하며 기존의 송신소를 이용하여 매우 경제적으로 SFN을 구성할 수 있다. 기술적인 측면에서 지상망 DAB를 구현하기 위한 가장 적합한 주파수 대역은 FM, VHF/TV 채널 7~13, VHF/TV 채널 2~6, UHF/TV 대역 및 L-band의 순이다.

IV. 지상망 DAB의 전송 채널 모델링

DAB는 기존의 AM 방송이나 FM 방송과 달리 이동체 수신 성능이 우수해야 한다. 즉, 기존 아날로그 방송보다 다중 경로 반사파에 의한 수신 품질 저하의 영향을 개선하여 고정, 차량, 휴대용 수신기에서 모두 CD 음질의 서비스를 제공해야 한다. 이에 따라 DAB 시스템의 전송 채널은 고정된 무선 전파 환경과 이동 전파 환경을 모두 포함하고 있으며, 이는 그림 2와 같이 일정한 시간 지연과 전력 감쇠를 갖는 다중 경로의 Rayleigh 페이딩과 AWGN (Additive White Gaussian Noise)의 합으로

(그림 2) DAB의 12 path 지상망 전송 채널모델



구성될 수 있다. EIA가 모델링하는 도심지와 교외 구릉지대에서 DAB의 12 path 전송 채널 모델에 사용되는 파라미터는 표 4, 5와 같다.

DAB 신호의 이동 수신채널 특성은 다음과 같다.

- 1) Line-of-sight 경로에서 신호의 전력은 거리(d)에 대하여 $1/d^3 \sim 1/d^6$ 비율로 감쇠하며 건물 등에 의하여 Shadowing 또는 Slow fading 영향을 받는다.
- 2) 다중경로 전파시 신호의 지연 확산(delay spread)에 따라 심벌간 간섭(ISI)이 발생한다.
- 3) 수신기의 이동에 따라 수신신호가 주파수 영역에서 확산한다. (Doppler 효과)
- 4) 도심지는 slow Rayleigh fading, 교외는 fast Doppler shift 전송 특성을 가진다.

(표 4) Bed Urban에서 DAB 전송채널 모델 파라미터

경로 번호	지연 (μs)	전력 (dB)	도플러 스펙트럼	Delay spread (μs)
1	0	-7.0	CLASSIC	9.953
2	0.8	-3.0	CLASSIC	
3	1.6	-1.0	CLASSIC	
4	3.2	0.0	CLASSIC	
5	6.4	-2.0	CLASSIC	
6	8.8	-6.0	CLASSIC	
7	12.8	-7.0	CLASSIC	
8	20	-1.0	CLASSIC	
9	24	-2.0	CLASSIC	
10	28.8	-7.0	CLASSIC	
11	32.8	-10.0	CLASSIC	
12	40	-15.0	CLASSIC	

(표 5) Hilly Terrain에서 DAB 전송채널 모델 파라미터

경로 번호	지연 (μs)	전력 (dB)	도플러 스펙트럼	Delay spread (μs)
1	0	-17.0	CLASSIC	7.741
2	1.4	-8.0	CLASSIC	
3	2.8	-6.0	CLASSIC	
4	4.2	-4.0	CLASSIC	
5	5.6	0.0	CLASSIC	
6	14	0.0	CLASSIC	
7	15	-8.0	CLASSIC	
8	16.4	-9.0	CLASSIC	
9	16.8	-4.0	CLASSIC	
10	20.6	-10.0	CLASSIC	
11	30.4	-12.0	CLASSIC	
12	50	-14.0	CLASSIC	

V. FM IBOC DAB

사용 주파수 대역에 따른 3가지의 DAB 방식 중 IBOC 방식은 기존 방송체제를 그대로 유지하면서 CD 음질의 방송서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대되며 다음과 같은 장점을 가진다.

- 1) 가용 스펙트럼 : 주파수 스펙트럼은 제한된 자원중의 하나로서 New-Band 방식의 경우 스펙트럼 확보가 첫째 문제로 대두되나 IBOC 방식의 경우에는 가용 스펙트럼의 확보가 문제시 되지 않는다.
- 2) 추가 투자 : IBOC 방식은 기존 방송업자가 투자한 방송시설과 확보한 가입자를 그대로 유지할 수 있으며, 따라서 IBOC 방식을 구현하기 위해 소요되는 추가 투자는 New-Band 방식에 비해 훨씬 작으므로 매우 경제적인 방식이다.
- 3) 방송업자의 독립성 : New-Band 방식의 Eureka-147 시스템은 방송 프로그램이 어느 시점에서 한곳에 모아져서 다중화되어야 하나 IBOC 방식은 서로 독립적으로 프로그램을 전송할 수 있다.

따라서 IBOC 방식은 기존 아날로그 방송에서 디지털 방송으로 가장 원활하게 전환 가능하다. 반면에 IBOC 방식의 단점으로는 New-Band 방식은 In-Band 간섭이 없으나 IBOC 방식은 동일 주파수의 기존 아날로그 AM 또는 FM 신호와 서로 간섭하는 것이다. 그러므로 DAB 신호를 전송할 때 기존 FM 신호보다 25dB 정도 낮은 레벨로 전송해야 하며 FM 수신기에서 FM 방송 신호를 재생할 때에 DAB 신호의 영향을 받지 않도록 주의해야 한다. IBOC 시스템은 다중경로 전파 문제를 극복하기 위해 Eureka-147 방식에서 사용되고 있는 OFDM의 다중반송파 변조 방식을 기본으로 하고 있다. 반면에 IBAC 방식은 단일 반송파를 사용하고 다중경로 페이딩 영향을 보상하기 위하여 채널

등화 기술을 채용하고 있다.

Eureka-147 시스템의 도입 가능성을 검토할 때 문제시되는 것은 방송국의 증설에 따른 새로운 스펙트럼의 확보로서, 국가별로 주파수 사용형편에 따라 거의 불가능한 경우가 많다. 더구나 New-Band 시스템을 구축하는데 소요되는 경비는 In-Band 시스템보다 훨씬 크므로 IBOC 시스템이 훨씬 경제적이다. IBAC 방식은 이론상 기존 FM 방송업자에게 FM 대역에서 새로운 DAB 대역을 제공하므로 IBOC 방식보다 기존 FM 신호와 DAB 신호간의 간섭 문제가 심각하지 않으나, 반면에 기존 AM 방송사업자에 대한 DAB 대역 제공의 배려가 없다는 사실과, 기존의 모든 방송국에 각각 200kHz의 새로운 DAB 대역을 제공하기에는 기존 FM 대역의 여유 스펙트럼이 충분하지 않다는 단점이 있다.

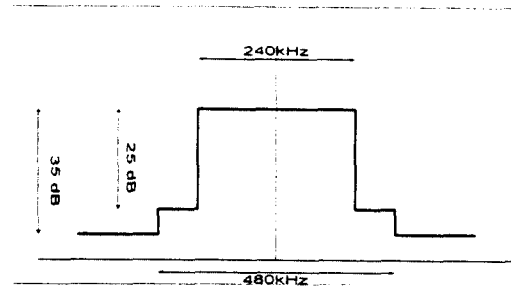
FM IBOC DAB 시스템은 기존의 FM 방송 라디오 신호와 같은 채널에서 동작할 수 있는 DAB 시스템으로 DAB 신호는 동일 채널 아날로그 신호보다 30dB 낮은 전력에서도 디지털 수신이 가능하다. 물론, 이것은 IBOC 시스템의 구현에서 강한 동일 채널의 간섭신호로부터 미약한 전력의 원하는 신호를 추출해내야 하는 수신기의 기술적 문제 (전력이 1000배 되는 동일 주파수의 아날로그 신호에서 디지털 신호를 복원하는 것)로 대두된다. 그러나 IBOC DAB에서 간섭신호는 아날로그 신호로서 이것은 DAB 송신시에 이미 알고 있는 신호이므로 수신기에서 쉽게 찾아내어 제거할 수 있다. 한편 DAB 신호는 아날로그 신호보다 30dB 낮지만 여전히 아날로그 신호에 간섭을 야기할 수 있다. 실험에 의하면 FM 수신 열화를 방지하기 위해서 FM 주파수대의 On-Channel 디지털 신호는 FM 신호보다 45~50dB 낮아야 한다. 이를 위하여 USADR사는 FM 수신시 보다 투명한 새로운 DAB 파형을 개발하였다.

IBOC의 또 다른 문제는 다중경로 감쇄이다. VHF 신호는 300kHz 또는 그 이상의 다중경로 페이딩을 받는다. DAB 수신기가 이동체에 있을 때는

time interleaving을 사용하여 다중경로 문제를 해결할 수 있다. 그러나 수신기가 정지해 있으면 깊은 페이딩을 보상하는 것이 어렵다. space diversity는 다중경로 영향을 효과적으로 해결할 수 있으나 자동차 제조업자는 자동차에 여러개의 안테나를 설치하는 것을 원치 않는다.

그림 3은 현 FCC 규정에서 인정한 FM 스펙트럼 마스크이다. DAB 신호가 FM 신호보다 30dB 낮을 때 DAB 신호의 대역폭은 480kHz로 확장되며 이것은 다중경로를 극복하는데 도움을 줄 것이다. 다중경로 페이딩이 심하여 수신기가 DAB 신호를 놓칠 때 수신기는 아날로그 신호를 디폴트로 수신하게 된다.

(그림 3) FCC 규정의 FM 스펙트럼 마스크

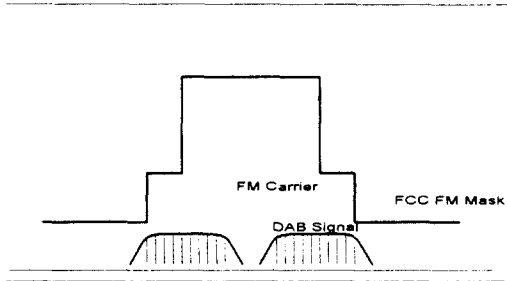


1. USA Digital Radio사의 FM IBOC DAB 시스템

USADR사의 FM IBOC DAB 시스템은 오디오 소스 압축 방식으로 MUSICAM 방식을 사용하며 스테레오 채널당 192kbps의 전송 속도를 가진다. USADR사는 Eureka-147의 OFDM 방식처럼 부호화된 다벡터 디지털 변조 (CPVDM)라 불리는 다중반송파 변조방식을 사용한다. 따라서 각각의 반송파는 비교적 낮은 데이터율로 변조되며, 긴 비트 주기를 가짐으로써 다중경로 반사에 대응하여 개선된 성능을 지닌다. USADR의 FM IBOC DAB 파형은 아날로그 FM 반송파로부터 약 9.5kHz 떨어진 양변에 21개의 BPSK 변조된 반송파로 구성된다. 그림 4는 USADR의 IBOC DAB 신호와 아날

로그 FM 신호와의 관계를 도시한다. FM 신호의 양편에 있는 각 반송파들은 1/2비 오류정정 부호화되며 10kbps의 동일한 데이터 속도로 변조된다.

(그림 4) USADR사의 FM IBOC DAB 신호 스펙트럼

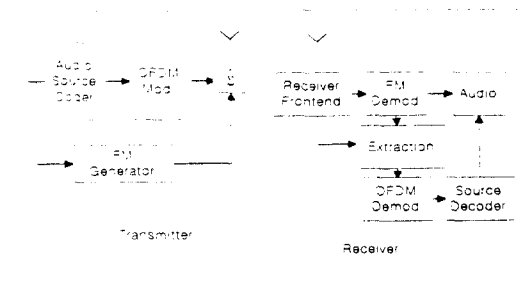


USADR은 DAB 신호가 동일 채널 FM 신호를 간섭하는 것을 방지하기 위해서 진폭 천이키잉 (ASK) 과 같이 FM 수신기에 투명한 DAB 신호 파형을 개발하였으며, 디지털 반송파와 아날로그 FM 신호간의 관계를 이용하여 기존 FM 수신기에서 FM 신호를 수신할 때 DAB 신호의 간섭을 방지한다. IBOC DAB 시스템에서 중요한 수신기능은 동일 주파수이며 전력 레벨이 30dB 더 큰 FM 신호로부터 낮은 레벨의 디지털 신호를 추출해 내는 것이다. IBOC DAB 신호에 의한 기존 FM 방송 수신에 간섭을 방지하기 위하여 USADR사의 FM IBOC 파형은 FM 신호가 $\pm 75\text{kHz}$ 의 편차를 가지고 움직일 때 모든 디지털 반송파는 lock 스템으로 움직이도록 설계된다. 또한 동일 채널에서 DAB 신호와 FM 신호 사이에는 항상 5~30kHz의 고정된 주파수 보호대역을 둬으로써 두 신호를 분리하고 DAB 신호를 그대로 둔 상태에서 FM 신호 제거가 가능하다.

USADR사는 다중경로 영향을 보상하기 위하여 디지털 오디오 신호를 Interleaving함으로써 전송 비트 스트림에서 시간 다이버시티 효과를 주며, DAB 파형에 다음 두가지 방식의 주파수 다이버시티를 사용한다. 첫째, DAB 파형은 FM 신호의 양 측면에 대칭적으로 2개의 동일한 신호를 전송하며 둘째, DAB 파형은 주파수축에서 FM 신호를 따라

배열되고 약 400kHz의 주파수 대역을 차지한다. 이것은 DAB 신호가 FM 신호보다 훨씬 낮은 전력 레벨에서 동작하고 FCC의 FM 스펙트럼 마스크내에 들기 때문에 가능하다. 또한 USADR사는 자사 고유의 적응 등화기술을 사용하여 전송채널의 다중경로 문제를 보상한다. 그림 5는 USADR사의 FM IBOC DAB 시스템 동작구성도를 보여준다.

(그림 5) USADR사의 FM IBOC DAB 시스템 동작 구성도



2. Amati Communications사의 FM IBOC DAB 시스템

1992년 Amati Communications사는 FM 대역의 IBOC DAB 시스템을 개발하기 위해 AT&T사와 파트너십을 맺었다. Amati사는 AT&T의 Perceptual Audio Coding (PAC) 방식을 사용하여 오디오 소오스를 128kbps 또는 160kbps의 속도로 압축하고, 에러 정정을 위하여 (32,20) 또는 (24,16) 코드율로 Reed-Solomon 블록 코딩하며 여기에 aux data 채널을 다중화한다. 이 때 음질의 저하, 또는 전송 데이터 속도나 대역폭의 증가없이 전송할 수 있는 aux 채널의 최대 데이터 속도는 15kbps가 된다.

Amati사 IBOC 방식의 핵심은 보조 오버헤드 채널 (AOC : Auxiliary Overhead Channel)을 사용하여 FM 스펙트럼내에 DAB 신호를 삽입하며, 방송업자들이 FM 채널내에서 DAB 신호를 유연하게 구성할 수 있도록 하는 것이다. 따라서 Amati사의 aux. overhead는 어떠한 전송모드가 사용되더라도 수신기가 이를 식별하여 올바르게 재구성할 수 있게 해준다. AOC는 FM 채널 중 하나의 고정된 주

파수의 반송파를 사용하여 전송되므로 수신기는 전송모드에 관계없이 AOC에 동조할 수 있고 채널 내 DAB 신호의 구성 패턴을 찾아낼 수 있다. 또한 AOC는 다중톤 반송파의 위치를 알아내기 위해 필요한 수신기의 DSP 알고리즘을 갱신하는데 사용된다. AOC는 64 비트 프레임의 전송모드 식별 및 수신기 제어 데이터를 반복해서 전송하며, 각 데이터는 8kbps로 전송되기 때문에 각 프레임은 16msec가 된다. AOC는 다중경로에 의한 에러를 방지하기 위하여 에러 정정코드를 사용하며 동시에 같은 정보를 반복적으로 전송한다.

무선신호의 다중경로전파는 크게 다음 두 가지의 특성을 가진다.

첫째, 지연확산(delay spread)과 대역폭의 곱이 0.5 보다 크면, 채널의 신호감쇠와 지연반응이 주파수에 따라 크게 변하며 심볼간 간섭(ISI)이 발생한다. 둘째, 위의 곱이 0.25 보다 작으면 신호감쇠와 지연반응이 전체 주파수 대역에 걸쳐 일정하며 분산된 경로에서 오는 신호는 더욱 강해지거나 또는 광대역 페이딩을 유발한다. 지연확산이 클 때 발생하는 ISI 문제는 단일 반송파변조와 수신신호의 등화로써 해결할 수 있으나 이동수신기를 추적할 수 있을 정도로 빠른 적응등화를 위해서는 엄청난 계산량이 요구된다. 이에 대한 다른 해결 방법은 길이가 지연확산의 최대값보다 큰 guard 주기를 가지는 다중 반송파 변조 방식을 사용하는 것이다. 반면에 지연 확산이 작을 때 발생하는 광대역 fade 문제는 해결하기 어려우며 이에 대한 최선의 해결 방법은 안테나를 두 개 이상 사용하는 space diversity 이나 이는 자동차 업계가 선호하는 방법이 아니다. 차선의 방법은 주파수 interleaving, trellis coding과 FEC를 결합함으로써 frequency diversity 효과를 얻는 것이다. 그러나 최소 1.5MHz의 광대역을 사용하는 Eureka 시스템과 비교하여 IBOC 시스템은 400kHz 이하의 협대역을 사용하므로 frequency diversity 효과가 작다. 사실상 DAB 시스템에서 다중 반송파 방식을 사용하는 주된 이유는 성능상의

장점보다는 데이터 속도와 주파수 대역을 다양하게 선택할 수 있다는 것이다.

Eureka나 USADR과 유사하게 Amati는 Discrete Multitone (DMT)이라고 부르는 다중반송파 변조 방식을 사용함으로써 다중경로반사에 의한 성능저하를 방지한다. 다중 톤 반송파는 개개의 변조 발진기 대신에 DSP에 의해 디지털적으로 만들어지기 때문에 DSP 알고리즘을 바꿈으로서 소프트웨어적으로 만들어진다. 이중측파대 (DSB) 모드에서는 (32,20) RS 코드를 사용하고 약 32개의 QPSK와 8-PSK 변조된 부반송파들의 조합을 사용하며 이 부반송파들은 128개의 가능한 주파수에서 약 4kHz 간격으로 배치된다. 단일측파대(SSB) 모드에서 RS 코딩율은 (24,16)이며 부반송파는 18개로 된다. Amati 방식은 3개의 IBOC와 2개의 IBAC 신호를 전송할 수 있으며 심볼 간격은 250 μ s, guard interval은 14.5 μ s로서 이것은 다중경로에 의한 지연확산을 보상한다. DMT나 COFDM과 같은 일반적인 다중반송파 신호의 스펙트럼은 대역폭의 가장 자리에서 전력이 천천히 떨어지므로 기존 FM 신호와의 간섭을 줄이기 위해서는 강력한 필터링이 요구된다. Amati는 guard 신호의 포락선을 raised-cosine 파형으로 대역 제한함으로써 송신 필터를 사용하지 않고도 FM 대역에서 DAB 신호를 25dB 이상 억제할 수 있다. 각 sidelobe에서 하나의 부반송파는 데이터 전송용으로 사용하지 않고 수신기에서 동기를 용이하게 하기 위한 pilot 신호 전송이나 저속의 AOC 전송용으로 사용한다.

초기의 Amati 수신기는 차동복조방식을 사용하였으나 동기복조방식도 가능하다. 수신기의 FEC decoder에서 데이터를 hard decoding할 경우 각 블록에서 6 byte 에러를 수정할 수 있으며 수신 FFT의 출력 즉, 복조된 부반송파로부터 각 신호에 대한 신뢰도 (즉, FEC 블록의 신뢰도)를 산출하여 그것이 임계치 이하이면 그 블록을 제거함으로써 각 블록별로 12 byte 에러를 수정할 수 있다. FEC decoder가 어느 블록에서 발생하는 에러를 완전히 수정할 수 없을 경우에는, 복조기에서 flag 신호를

발생하여 오디오 Decoder가 은폐 알고리즘을 작동케 함으로써 복호되는 오디오 신호의 음질을 개선할 수 있다.

3. IBOC DAB의 성능

표 6은 IBOC DAB 시스템의 오디오 Codec 데이터 속도를 보인다. 지난 수년간 IBOC 시스템의 성능은 크게 향상되었으며, 실험실 시험 결과는 IBOC 신호의 음질이 기존 AM, FM 신호보다 월등하며 기존 아날로그 수신기로 수신된 아날로그 신호와 호환적임을 보여준다. 캐나다 통신연구소(CRC)의 전문가들은 DAB 시스템의 음질평가를 5점 만점의 등급으로 다음과 같이 표기한다.

- 5점: 음질저하를 느낄 수 없음.
- 4점: 음질저하를 느끼나 귀에 거슬리지 않음.
- 3점: 귀에 약간 거슬림.
- 2점: 귀에 거슬림.
- 1점: 귀에 몹시 거슬림.

IBOC 방식중 USA Digital Radio FM 방식은 224kbps의 Eureka-147 방식과 음질이 동일하며, 160kbps의 AT&T/Amati Dual Sideband 방식은 192kbps의 Eureka-147 방식보다 음질이 우수하다. 대체적으로 FM 밴드 IBOC 시스템은 음질시험에서 매우 우수한 성능을 보였으며, 완벽한 CD 음질 기준과 비교하여 4점 (음질저하를 느끼나 귀에 거슬리지 않음)을 기록하였다. 결론적으로, IBOC 방식은 기존 방송체제를 그대로 유지하면서 디지털 음질을 제공할 수 있는 가능성을 가지므로 방송업자들이 가장 선호하는 방식이다. 반면에 New-Band 방식이 DAB의 요구성능을 모두 만족할 수 있는 유일한 방식이라는 판단아래 IBOC 방식을 비판하는 사람들은 IBOC 방식이 여전히 개발도중에 있으며 이에 대한 비판이 아직은 시기상조이므로, 현시점에서 IBOC 방식의 가능성을 완전히 배제할 수는 없는 입장이다. 더구나, 미국에서는 지상파 DAB 방송을 위해 새로운 스펙트럼을 할당할 가능

성이 거의 없다는 사실을 간과할 수 없는 실정이다.

(표 6) IBOC 시스템의 Audio Codec 데이터 속도

SYSTEM	BIT RATE (kbps)
Compact disc (source)	1,411
USA Digital Radio FM	256
AT&T/Amati FM Dual Sideband	160
AT&T/Amati FM Lower Sideband	128
USA Digital Radio AM	96

VI. FM IBAC DAB

FM IBAC DAB 시스템은 88~108MHz 지상파 FM 라디오 밴드에서 동작하며 필요한 RF 대역폭은 200kHz이며 Source 코딩 방식으로 Perceptual Audio Coder (PAC)를 사용하여 128~160kbps 전송속도로 CD 음질의 stereo 방송이 가능하다. 4상 PSK 변복조, 적응 채널동화와 3단계에 걸친 에러 방지기능을 채택함으로써 차량의 고속 주행시에 발생하는 다중경로 페이딩과 Doppler 주파수변이와 같은 전송 채널환경에서도 CD 음질을 유지할 수 있다. IBAC는 간섭과 서비스 커버리지 특성에서 IBOC보다 우수하다.

AT&T사는 88~108MHz의 FM 방송대역에서 유용한 guard band 또는 인접 채널 주파수에서 동작하는 DAB 시스템을 개발했다. 대부분의 경우 FM 송신기의 인접 채널간에는 상당한 공간이 있으며 IBAC 시스템은 이와 같은 스펙트럼상의 공간을 이용하여 낮은 레벨의 디지털 오디오 신호를 전송한다. IBAC 시스템은 IBOC 시스템처럼 제한된 주파수 다이버시티를 사용하여 다중경로 간섭을 보상해야 하는 문제점을 안고 있다. 그러나, IBAC 시스템은 IBOC 시스템과는 달리 점유되지 않은 스펙트럼을 이용하여 DAB 신호를 전송하기 때문에 복잡한 신호추출 과정이 필요없다.

AT&T의 IBAC DAB 시스템은 소오스 압축 코딩방식으로 PAC 방식을 사용한다. 인간의 청각시스템은 어떤 신호가 주파수 또는 시간상에서 다른 신호보다 훨씬 강할 때 미약한 신호를 완전히 덮어 쓰는 특성을 가진다. 즉 우리가 원하는 오디오 신호는 강하므로 코딩에서 발생하는 미약한 찌그러짐을 masking하게 된다. 이와 같은 masking-to-masked 신호의 요구 전력비는, CD 또는 DAT와 같이 16-bit PCM 코딩을 사용할 경우, 96dB 보다 훨씬 작다. AM, FM 및 위성방송 주파수 대역에서 DAB용으로 적합한 PAC 코딩된 스테레오 신호의 전송속도는 96~160kbps이며 초창기에 AT&T DAB용으로 사용된 전송속도는 152kbps였다.

DAB 시스템에서 부가 데이터 전송은 PAC encoder를 이용하는 비동기식 데이터 전송과 PAC 출력단을 이용하는 동기식 데이터 전송이 있으며 유효 데이터 throughput은 10~20kbps가 된다. 1차 모드 DAB 시스템은 PAC bit rate가 160kbps, 내부 RS 코드의 코드률이 1/2이며 다중경로 에러를 줄이기 위한 time interleaver의 depth는 640μs 이다. 2차 모드 DAB 시스템은 PAC bit rate가 128kbps 또는 192kbps이며 따라서 RS 코드율이 1차 모드와 다르다.

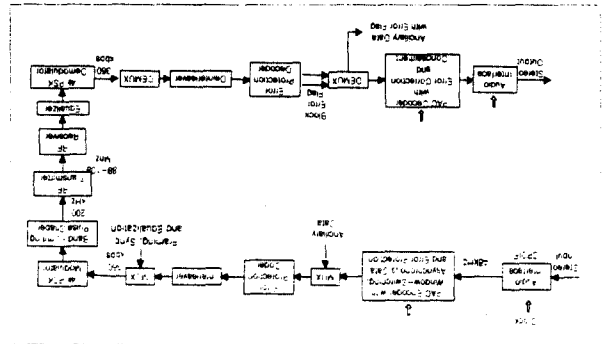
주행중인 차량의 DAB 수신 환경은 다중경로 페이딩과 차량의 속도에 따른 영향 즉, 고속 주행시 Doppler 효과와 저속주행 또는 정차시 deep fade와 null 효과등을 들 수 있다. IBAC DAB 시스템에서는 주파수 선택적 채널 페이딩을 보상하기 위하여 적응 등화를 사용하고, slow fading에 따른 bursty error를 줄이고 bit error 성능을 향상하기 위하여 다음과 같은 3단계의 에러 방지기법을 사용한다.

- 1) 외부 코드 : 전송 bit stream 중 가장 중요한 정보(전체 160kbps 중 8kbps 정도)를 보호한다.
- 2) 내부 코드 : 코드률이 약 1/2인 단축된 Reed-Solomon 코드를 사용하여 오디오와 부가데이터를 보호한다.
- 3) 에러 감춤 : Reed-Solomon decoder가 원래 정보의 복호를 할 수 없을 때 block-error flag을 발생

하여 PAC decoder에 입력되는 error를 차단한다. 이것은 기존의 muting 방식보다 재생음질이 뛰어나다.

AT&T사의 IBAC DAB용 Modem은 이동체 수신에 적합한 차동 4상 PSK 변복조 방식을 사용하며 변조기의 입력 데이터 속도는 360kbps로서 이것은 200kHz FM 채널에 360kbps 데이터를 전송하므로 대역폭 사용효율은 1.8 b/s/Hz이다. 반송과 복원을 용이하게 하기 위하여 pilot tone을 삽입하고, 채널 등화기는 T/3의 fractional-spacing 알고리즘을 사용하여 매 1700 bit 마다 주기적 적응등화를 수행한다. 채널 등화기의 training sequence 용의 overhead는 100/1800 (즉, 20kbps/360kbps) 으로서 PN sequence를 사용하여 채널 impulse response 평가와 bit 동기여 이용한다. 그림 6은 AT&T사의 IBAC DAB 송수신 장치 동작 구성도를 보인다.

(그림 6) AT&T사의 FM IBAC DAB 송수신 장치 동작 구성도



VII. Eureka-147 DAB

Eureka-147 방식은 New-Band 방식의 대표적인 시스템으로서, New-Band에 적합한 주파수 대역은 30MHz~3GHz이다. New-Band 방식 DAB의 전송 모드는 네 가지가 있으며 표 7은 Eureka-147 시스템의 전송모드 파라미터를 보인다.

(표 7) Eureka-147의 전송모드 파라미터

	Mode-I	Mode-II	Mode-III	Mode-IV
심볼 수	76	76	153	76
반송파 수	1,536	384	192	768
프레임 주기	96ms	24ms	24ms	48ms
널 심볼 길이	1.297ms	324 μ sec	168 μ sec	848 μ sec
유효 심볼 길이	1ms (1kHz)	250 μ sec (4kHz)	125 μ sec (8kHz)	500 μ sec (2kHz)
보호 시간 길이	246 μ sec	62 μ sec	31 μ sec	124 μ sec
사용 주파수	≤ 375 MHz	≤ 1.5 GHz	≤ 3 GHz	≤ 1.5 GHz
주요 용도	지상 SFN	지상/위성 Local SFN	위성/케이블	지상 L Band
SFN 방송국간 거리	96km	24km	12km	48km

(표 8) 음성 모드의 Bit rate

음성모드	Bit rate
single (mono)	32, 48, 56, 64, 80, 95, 112, 128, 160, 192 (kbps/ch)
stereo, dual, intensity stereo	64, 96, 112, 128, 160, 192, 224, 256, 320, 384 (kbps/2ch)

rate로 압축된 오디오 비트 스트림을 받는다. 음성 모드는 표 8과 같이 복수의 bit rate를 갖는다.

1. Eureka-147의 음성 부호화 방식

0~20kHz 대역과 90dB 이상의 다이내믹 영역을 갖는 광대역 고품질 음향 신호를 디지털화하고 신호의 손실을 최소화하여 전송하려면 아날로그 신호를 전송하는 경우에 비해서 상당히 큰 전송용량(음성 1 채널당 700kbps 이상)을 필요로 한다. Eureka-147은 디지털 음성 방송에 수용할 음성부호화 방식을 개선하여 DAB 전송에 맞게 규격화된 MUSICAM 방식 즉, ISO 11172-3 표준 Layer II를 이용한다. 부호화기는 48kHz로 샘플링된 입력 PCM 오디오 신호를 처리하며, 모노의 경우 32kbps~192kbps, 스테레오인 경우 64kbps~384kbps의 bit

MUSICAM 방식은 음성신호를 750kHz의 대역폭을 갖는 필터를 사용해서, 32개 서브밴드로 분할. Scale Factor를 이용하여 데이터를 압축하며, 다른 한편으로 심리 음향특성을 이용하기 위해 고속 푸리에 변환(FFT)후 마스킹 값을 결정하여 각 서브밴드에 적응적으로 비트를 할당하는 방식이다. 음성 신호 대역폭은 20kHz이고 샘플링 주파수는 48kHz, 신호 해상도는 22bit 이하이다. 그리고 음성 신호의 한 프레임 길이는 24ms (1,152 샘플)이다. 각 오디오 프레임은 PAD (Programme Associated Data) 즉, 오디오와 밀접한 정보를 전송하는 많은

바이트를 포함한다. PAD는 2 바이트의 고정된 PAD (F-PAD)와 확장된 PAD (E-PAD)가 있으며 PAD에서 가능한 기능은 DRC (Dynamic Range Control)와 음악/음성 표시, 그리고 프로그램과 관련된 정보 디스플레이 등이다.

2. Eureka-147의 변복조방식

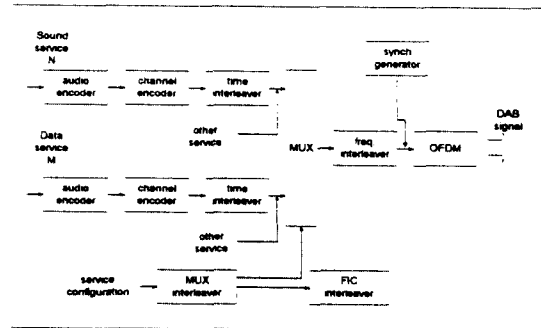
Eureka-147에서 사용하는 COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 전송 방식은 다수의 부반송파를 사용하여 데이터 한 심벌의 지연시간을 길게 함으로써 인접 심벌에 의한 신호 왜곡(ISI) 영향을 최소화할 수 있으므로 주파수 선택적 페이딩 현상을 극복할 수 있다. 또한 이동체에 의한 다중경로 수신 심벌의 왜곡과 시간적 페이딩 현상은 오류정정 부호를 첨가시키는 방법으로 해결할 수 있으며 오류의 패턴이 군집으로 발생하는 문제를 방지하기 위하여 시간 및 주파수 인터리빙을 사용한다. COFDM에서 송신된 디지털 신호의 심벌 시간을 길게 하기 위해서는 직렬로 발생하는 송신 심벌을 병렬로 변환하고, 이들 심벌들이 각각의 Sub-band 반송파들을 변조하고 주파수 다중화할 때 각 반송파들이 직교조건을 만족토록 한다.

COFDM 신호를 전송하는 채널에서 다중경로 반사가 발생하면 신호의 지연 확산으로 인하여 수신측에서 심벌간의 간섭이 발생하므로 반송파들 사이의 직교 조건이 성립하지 않게 된다. 이 문제를 해결하기 위해서 송신기에서 심벌 구간 앞에 보호구간(guard interval)을 추가하고 수신기에서는 수신된 신호중 이 보호구간의 신호는 무시하고 심벌구간의 신호만을 취한다. 만일 다중경로 반사에 의한 인접 심벌의 간섭 범위가 이 보호구간보다 작으면 수신측에서 취한 신호에는 이러한 심벌간섭에 의한 왜곡은 나타나지 않는다. 보호구간의 도입은 인접 심벌 간섭에 의한 왜곡 문제를 해결해 주지만 심벌 자체의 진폭과 위상 왜곡이 남게 된다. 이를 보정하기 위하여 송신측에서 파일럿 신호를 송신하고 수신측에서는 수신된 파일럿 신호를 이용하

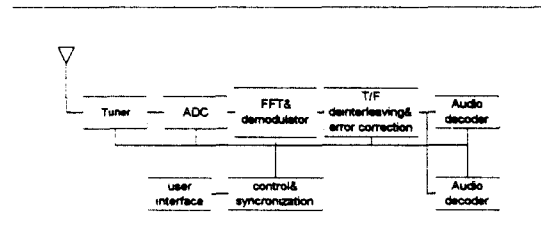
여 전송 채널의 왜곡을 추정하고 보상하며 또한 수신기의 동기 검파를 용이하게 한다. COFDM의 오류 정정부호로는 Code rate을 변화시킬 수 있는 콘볼루션 부호로서 RCPC (Rate Compatible Punctured Convolutional Code)를 사용하여 Mother code를 만든 후 이것에서 실제로 전송할 부분을 선정하는 방법으로 Code rate를 가변할 수 있다.

Eureka-147 DAB 시스템의 송신기와 수신기의 동작 구성도는 각각 그림 7, 8과 같다.

(그림 7) Eureka-147 DAB 송신기의 동작 구성도



(그림 8) Eureka-147 DAB 수신기의 동작 구성도



3. OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)의 원리

OFDM (직교 주파수분할 다중화) 전송은 다중 반송파 전송방식으로서 정보신호를 여러 개의 좁은 전송대역(subchannel)으로 나누어 각각의 부채널을 통하여 동시에 정보를 전송하는 방식이다. 이 방법은 전송대역의 부채널 개수가 많을수록 나누

어진 각각의 전송대역의 신호왜곡 특성이 거의 선형적으로 근사가 가능하므로 전체 대역을 단일 반송파로 전송하는 방식에 비하여 간단한 형태의 채널 등화기를 사용할 수 있다. 일반적인 FDM과 다른 것은 나누어진 채널에 각각의 채널에 적합한 특성의 서로 다른 데이터 전송률을 사용하여 전송이 가능하다는 장점에 있다. OFDM 전송방식은 부채널 각각의 채널간의 직교성을 이용하여 중첩시킴으로써 최소의 주파수 대역을 차지하며 정보의 전송량을 최대화할 수 있다. 따라서 이 방식은 같은 대역폭을 사용하는 단일 반송파 전송방식에 비하여 상대적으로 큰 정보전송 능력을 갖게 된다. OFDM에서 부반송파들은 그림 9와 같이 직교성을 가지는 주파수를 이용하여 전송한다. 부채널의 변조신호가 시간영역에서 주기가 T인 rectangular 함수일 때 주파수 스펙트럼의 형태는 sinc 함수의 제곱형태로 나타내며 1/T의 간격으로 0의 값을 갖게 된다. 따라서 각각의 부채널의 중심주파수를 1/T의 정수배가 되도록 할 때 중첩된 부반송파의 스펙트럼은 각각의 부채널 중심주파수에서 겹치지 않는 즉 간섭이 없는 신호를 얻게 된다. OFDM의 주요 특성은 다음과 같다.

1) 다수의 반송파에 정보를 분산시켜 전송하므로 single carrier 전송방식과 비교하여 각 심벌의 지속시간이 길며 심벌 내에 guard interval을 부가함으로써 다중 경로 전파시 반사파의 지연 확산에 따른 ISI 영향을 줄일 수 있으며, 임펄스 잡음과 같은 간섭에 대해서도 전체 신호가 동시에 왜곡을 받지 않는다.

2) 신호 파형이 Gaussian 잡음에 가까우므로 다른 신호와의 간섭이 작다.

3) 데이터 열을 주파수 인터리빙(interleaving)함으로써 주파수 선택적 fading 영향을 줄일 수 있다.

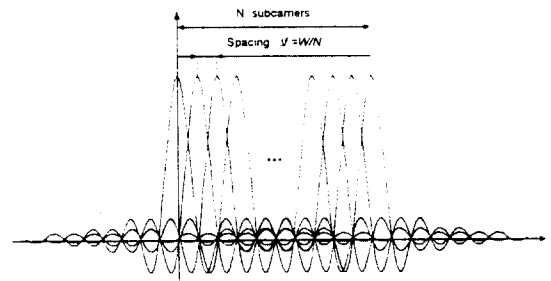
4) 신호간 간섭이 작으므로 동일 주파수의 SFN 구성이 용이하다.

5) 다중반송파 변조신호가 가우시안 분포를 갖기 때문에 단일 반송파 변조 시스템보다 비선형 왜곡에 민감하며 신호들 간의 상호 간섭과 직교성 파괴

에 매우 민감하다.

OFDM은 이산 Fourier 변환(DFT)을 이용하여 기저대역에서 변복조가 가능하며 각각의 부채널에 완벽한 직교성을 줄 수 있다. 그러나, 다중경로 전송환경에서 지연 확산에 의해 발생하는 심볼간 간섭(ISI)과 채널간 간섭(ICI)을 방지하기 위해서 OFDM 심볼간에 Guard interval을 삽입하고 펄스성형을 해 주어야 한다. Guard interval을 삽입하는 방법에는 2가지가 있는데, Zero-insertion 방법과 Cyclic prefix(CP) extension 방법이 있다. Zero-insertion 방법은 신호의 DC 성분을 증가하기 때문에 데이터의 일부를 복사해서 Guard 구간동안 전송하는 CP 방법이 더욱 효율적이다. 각 부채널은 CP 방법의 guard interval을 둬으로써 시분산 채널(time-dispersive channel)을 지나더라도 직교성을 유지할 수 있다. Cyclic prefix로 사용하는 데이터의 길이는 채널의 임펄스 응답 길이보다 커야 하는데 이것은 지연된 신호에 의해 그다음 신호가 영향을 받는 심볼간 간섭(ISI)을 막기 위해서이다.

(그림 9) OFDM에서 부반송파의 전력 스펙트럼



(그림 10) OFDM 시스템의 동작 구성도

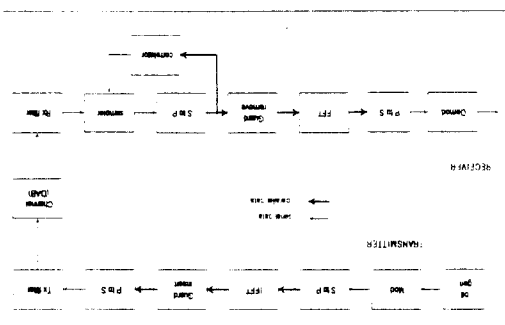


그림 10은 OFDM 송수신 시스템의 동작 구성도를 보인다.

VIII. 결론

디지털 오디오 방송(DAB)은 기존의 아날로그 AM, FM 방송의 단점을 해소하고 고품질(CD급)의 음질과 새로운 형태의 고부가 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 차세대 방송방식으로 인정되고 있으며 DAB의 범세계적 상용화 시기가 임박함에 따라 국내에서도 DAB 실용화를 위한 연구개발이 시급한 형편이다. DAB의 대표적인 전송방식은 미국의 In-Band 방식과 유럽의 New-Band 방식 즉, Eureka-147이 있으며 본 논문에서는 이들 방식에 대한 동작원리, 구성과 특성을 비교분석하였다.

Eureka-147은 넓은 주파수 대역과 다중반송파를 사용하므로 고속 광대역의 멀티미디어 서비스가 가능하고 이동체 수신음질이 우수하다. 영국은 1995년 9월 세계 최초로 Eureka-147 방식의 DAB 방송을 개시하였고 현재 많은 유럽 국가들이 DAB 방송 서비스를 제공하고 있다. In-Band 방식 중 IBOC 방식은 기존 방송체제를 그대로 유지하면서 CD 음질을 제공할 수 있는 가능성을 가지므로 방송업자들이 보다 선호하는 방식으로 미국은 1995년 4월 In-Band 방식 DAB 시험 방송 이후로 현재까지 이의 실용화를 위한 시험평가와 성능개선에 대한 연구를 진행 중에 있다. 한편 국내 지상파 디지털 오디오 방송은 현재까지 전송 방식을 결정하지 못한 상태이며, DAB를 기존의 아날로그 FM 또는 TV 방송 주파수 대역 내에서 전환할 예정이다.

[참고 문헌]

- [1] D.H. Layer, D. Wilson, "IBOC DAB : Its potential for Broadcasters", NAB'96 Broadcast Engineering Conference Proceedings
- [2] T.B. Keller, "Laboratory Testing Digital Audio Radio in the U.S.", 2nd International Symposium on DAB, March 1994
- [3] N.S. Jayant, et al., "The AT&T In-Band Adjacent Channel System for Digital Audio Broadcasting", 2nd International Symposium on DAB, March 1994
- [4] J.A.C. Bingham, "In-Band Digital Audio Radio : An Update on the AT&T/Amati PAC/DMT Solution", 2nd International Symposium on DAB, March 1994
- [5] Understanding DAB : A Guide for Broadcast Managers and Engineers, National Association of Broadcasters, 1992
- [6] B.Le. Floch, et al., "Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex", Proc. IEEE, Vol. 83, No. 6, June 1995
- [7] European Telecommunication Standard Final Draft prETS 300 401, 2nd EBU/CENELEC/ETSI-JTC, February 1997
- [8] European Telecommunication Standard Draft prETS 300 799, EBU/CENELEC/ETSI-JTC, August 1996
- [9] Jan-Jaap Van de Beek, et al., "On Synchronization in OFDM Systems Using the Cyclic Prefix", IEEE VTC 1995
- [10] Leonard J. Cimini, "Analysis and Simulation of a Digital Mobile Channel Using Orthogonal Frequency Division Multiplexing", IEEE Transaction on Communication, vol. COM, 33, No.7, July 1985



서종수

- 1975년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (학사)
 - 1984년 12월 : University of Ottawa, Dept. of Electrical Eng. (석사)
 - 1988년 6월 : University of Ottawa, Dept. of Electrical Eng. (박사)
 - 1975년 4월 - 1981년 12월 : LG 정밀 중앙연구소 (연구원)
 - 1987년 8월 - 1989년 12월 : IDC, Canada (책임연구원)
 - 1990년 1월 - 1992년 3월 : 삼성종합기술원 정보시스템연구소 (수석연구원)
 - 1992년 3월 - 1995년 2월 : Canadian Astronautics Ltd. (책임연구원)
 - 1995년 3월 - 현재 : 연세대학교 기계전자공학부 (부교수)
- ※ 주요연구분야 : 디지털 위성통신, 이동위성통신, 디지털 방송시스템