

지상파 DMB 전송기술 및 방송망 구축 방안

□ 임중곤* / *TU Media Corp. 기술본부장/상무

I. 들어가는 말

개인휴대통신 기술과 무선데이터전송 기술이 최근 몇 년 사이에 괄목할 만한 기술혁신을 달성함에 따라 일반인들의 이동멀티미디어 서비스에 대한 욕구도 함께 증대되고 있다. 그러나 기존의 음성위주 또는 저 비트율의 데이터 서비스 정도의 데이터 전송 시스템으로는 대용량의 이동멀티미디어 콘텐츠를 저렴한 가격으로의 공급이 불가능하다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 우선 이동 수신국에 안정적으로 정보를 전달할 수 있는 디지털 전송기술과 대용량의 막대한 디지털 콘텐츠 데이터를 효과적으로 압축하고 신장시킬 수 있는 디지털 신호처리기술 등이 필요하다. 그러한 의미에서 MPEG-4 비디오 서비스, 오디오 서비스, 데이터 서비스 등 다양한 서비스의 다중화가 가능하고, 대용량의 디지털 데이터를 가우시안 채널 뿐만 아니라

다중 경로 및 이동채널에 대해서도 강한 특성을 갖는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)을 사용한 지상파 DMB 시스템은 이러한 사회적인 요구를 충분히 만족시킬 수 있는 뉴미디어 시스템이라고 할 수 있다.

이 글에서는 OFDM 방식의 지상파 DMB 시스템의 개요와 전송 및 방송구역 확대 방안과 여러 가지 서비스를 다중화하여 송출하는 시스템에 대하여 기술하고자 한다.

II. 지상파 DMB 시스템 개요

우리 나라의 지상파 DMB는 유럽의 DAB 즉, Eureka-147 DAB 시스템을 기반으로 설계되었다. 그러므로 서비스 다중화, 변조, 전송 등의 기술은 Eureka-147 DAB 시스템을 사용하고 DMB의 핵심

〈표 1〉 DMB/DAB 시스템의 전송 파라미터

파라미터	Mode I(DMB)	Mode IV	Mode II	Mode III
서브캐리어 수	1,536	768	384	192
서브캐리어 간격	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
전송프레임지속시간	96ms	48ms	24ms	24ms
심볼지속시간	124 μ sec	623 μ sec	312 μ sec	156 μ sec
가드인터벌지속시간	246 μ sec	123 μ sec	62 μ sec	31 μ sec
날심볼 지속시간	1,297 μ sec	648 μ sec	324 μ sec	168 μ sec
전송프레임 당 OFDM심볼 수	76	76	76	153
OFDM심볼당비트수	3,072kbit	1,536kbit	96kbit	0,384kbit
FIC 데이터율	96kbps	96kbps	96kbps	128kbps
MSC 데이터율	2,304Mbps	2,304Mbps	2,304Mbps	2,304Mbps
최대Echo지연	300 μ sec	150 μ sec	75 μ sec	37,5 μ sec
최대송신기간격	74km	37km	18km	9km
심볼 매핑	DQPSK	DQPSK	DQPSK	DQPSK

- ▶ FIC : 고속정보채널(Fast Information Channel)로 DMB/DAB의 시스템 정보 전달 채널
- ▶ MSC : 주서비스채널(Main Service Channel)로 DMB/DAB의 서비스 정보 전달 채널
- ▶ 최대송신기간격은 단일주파수방송망(SFN) 설계에 사용되는 파라미터

〈표 2〉 DMB 비디오 서비스 파라미터

비디오 부호화방식	MPEG-4 AVC/H.264
오디오 부호화방식	MPEG-4 ER-BSAC
각 ES에 대한 패킷화	MPEG-4 SyncLayer
다중화	MPEG-2 TS
시스템의 동기화	PCR 사용(OCR, CTS, DTS → ES동기화를 위해 사용)
Eureka-147 시스템과의 정합	DAB Stream Mode Data 사용
외부 부호화기(Outer Coder)	Reed-Solomon (204,188)
외부 인터리버	Convolutional Interleaver

기술인 비디오 서비스의 비디오 압축, 오디오 압축, MPEG-4 다중화, MPEG-2 TS 다중화 등은 한국에서 고유하게 발전시킨 기술이라 할 수 있다.

Eureka-147 DAB 시스템의 전송 파라미터는 〈표 1〉과 같다[1,2]. DAB의 경우에는 VHF, 위성 링크, L-Band 등의 전송을 고려하여 모드 I, II, III 및 IV의 4가지 모드로 설계되었지만, 한국의 DMB의 경우에는 VHF 대역만을 고려하고 있으므로 모드 I만 사용한다.

DMB의 비디오 서비스 관련 파라미터는 〈표 2〉에 나타내었다[3].

III. OFDM 전송기술

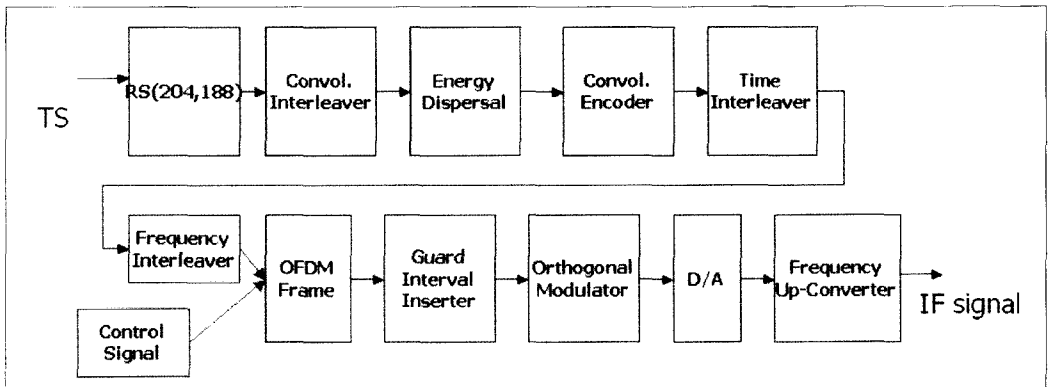
이동 수신을 고려하지 않은 기존의 방송용 전송 방식으로 주로 단일 캐리어 방식을 사용하였다. TV는 물론 AM 및 FM도 단일 캐리어 방식이

다. 그러나 디지털 신호를 이동 채널로 전송하기 위해서는 동일 출력을 기준으로, 진폭이 작고 심볼 지속시간이 다소 길더라도 다중경로 환경 및 도플러 효과에 내성이 강한 다중 캐리어 방식이 유리하다.

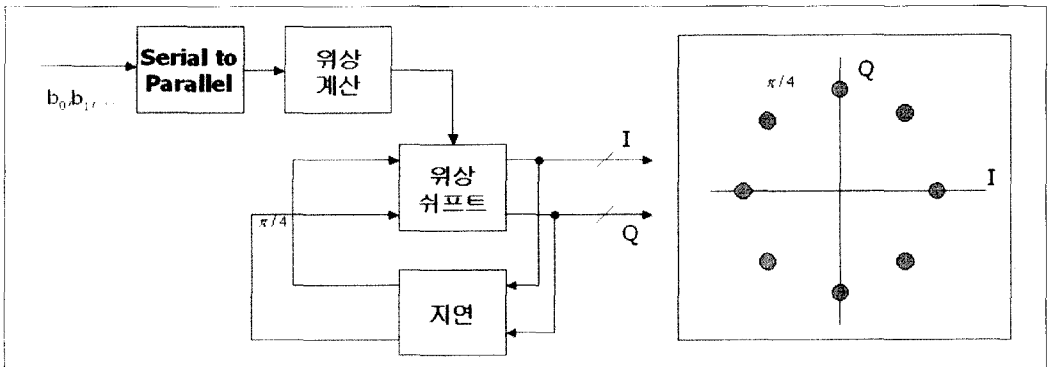
그러한 의미에서 OFDM 변조 및 캐리어 다중화 방식은 디지털 변조 캐리어를 적어도 1천 개 이상 다중화한 형태로, 이동 채널의 복잡한 잡음 환경에 적합한 방식이다. OFDM 방식을 사용하는 방송 시스템으로는 DVB-T, DVB-H, ISDB-T, DAB,

IBOC(디지털캐리어) 등이 있고, 그 내용은 다음과 같다.

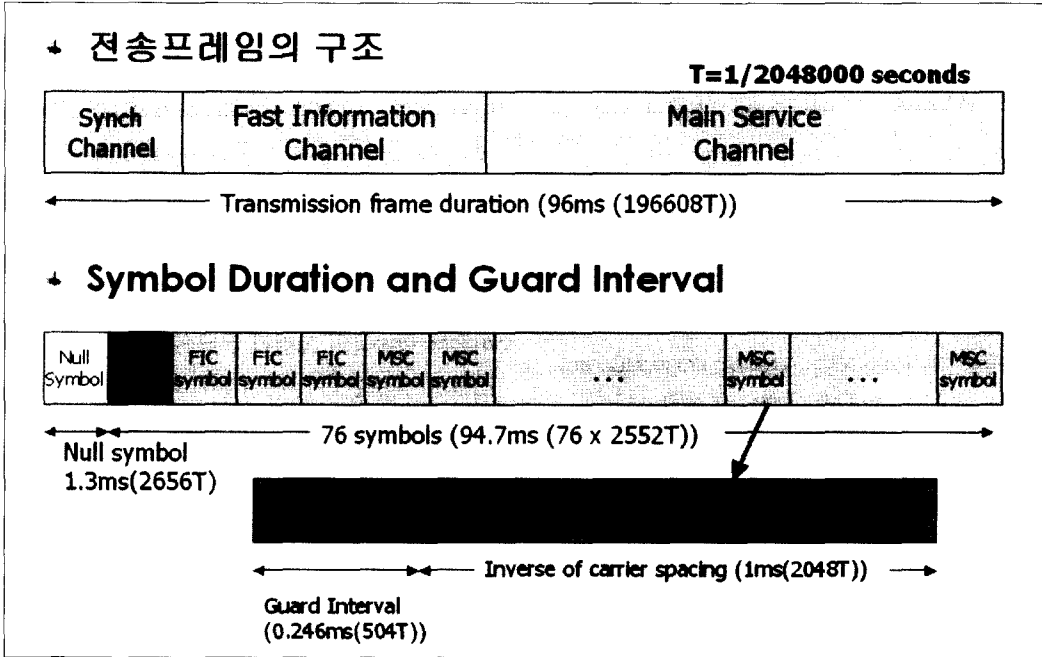
OFDM 방식은 캐리어 수를 증가시키는 대신 심볼의 지속시간을 증가시켜서 다중경로 환경에 대한 내성을 증가시킨다. 또한 가드 인터벌을 삽입하여 지연수신에 대한 내성을 증가시켜 다중경로 현상을 극복할 수 있다. 파일럿 신호 또는 기준 캐리어를 사용하여 도플러 효과 등을 극복할 수 있도록 한다. DMB의 비디오 신호에 대한 OFDM의 전송로 부호화는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> DMB 비디오 서비스의 OFDM 전송로 부호화 계통



<그림 2> $\pi/4$ -shift DQPSK 매핑 및 성상도



〈그림 3〉 DMB 전송프레임의 구조

또한 채널의 잡음 조건에 따라서 DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM 등의 심볼 매핑 방법을 사용하여 채널의 Throughput을 조절한다. 지상파 DMB는 $\pi/4$ -shift DQPSK를 사용한다. DQPSK를 사용하는 시스템은 일반적으로 $\pi/4$ -shift DQPSK를 사용하는데 이는, 디지털 심볼이 바뀔 때 마다 $\pi/4$ 만큼씩 위상을 이동하여 마치 성상도에서 8가지의 위상을 사용하는 것과 같은 효과를 낼 수 있다. (〈그림 2〉 참조)

OFDM의 경우 대부분 전송 심볼 앞에 잡음 조건에 따라서 가드 인터벌 또는 보호 구간을 설정한다. DMB의 경우 멀티미디어 이동채널의 조건을 상정하였기 때문에 〈표 1〉과 같이 가드 인터벌 길이 246 μ sec를 사용한다. 이는 심볼지속시간의 약 1/4에 해당한다. DMB의 전송프레임 구조는

〈그림 3〉과 같다. 이 가드 인터벌은 다중경로현상 내성 뿐만 아니라 단일주파수 방송망 설계에도 송신국 간의 거리를 지정하는 중요한 파라미터로 사용된다.

하나의 전송프레임은 하나의 널심볼을 포함해서 77개의 심볼로 구성된다. 하나의 심볼은 가드 인터벌과 1ms의 심볼 지속시간으로 구성된다. 심볼 지속 시간과 캐리어 간격 사이에는 역수 관계가 성립한다.

IV. DMB 송출시스템 계통

2005년 초 DMB 방송을 개시하기 위해서는 〈그림 4〉와 같이 DMB 제작 및 데이터 저작 시스템, 송

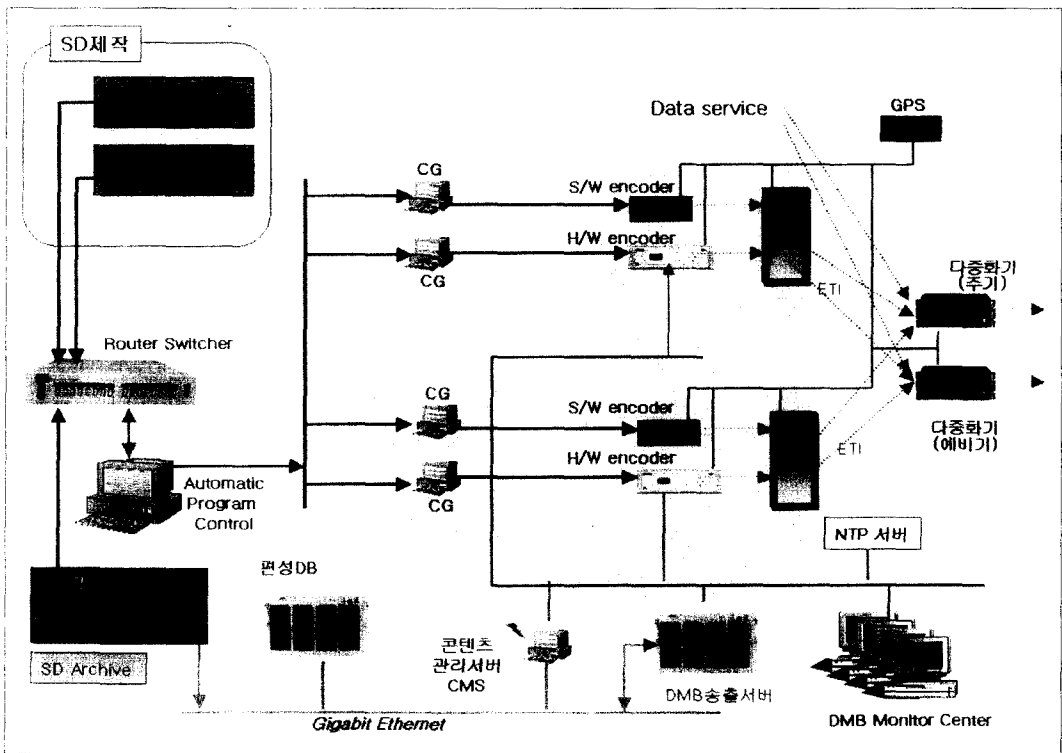
출 시스템 및 아카이브 시스템 그리고 송출-송신 링크, 송신 시스템 등이 구축되어야 한다. 우선 연구소의 주조정실에 구성하는 송출 시스템의 주요 사항은 다음과 같다.



- SD(표준해상도)급의 제작 시스템
- SD 아카이브
- 자동제작제어시스템(APC : Automatic Program Control)
- DMB 송출서버(DB, CMS, Scheduler 포함)
- Transcoder(SD를DMB로 변환) 및 저작편집 시스템,
- DMB 인코더 시스템,
- DMB 다중화시스템
- 모니터링 시스템

자동제작제어시스템 APC는 기존의 방송국에서 고화질 고용량으로 제작되는 정규방송용 소스 즉, SD급 프로그램 콘텐츠와 SD 아카이브의 콘텐츠를 직접 DMB로 송출하기 위한 시스템이다. 이는 SD 소스를 직접 DMB 인코더 시스템에 자동으로 연결하는 기능을 갖는다.

DMB를 위하여 SD 소스와 DMB 소스가 필요한 이유는 방송국의 고화질 콘텐츠를 DMB 서비스를 위하여 고효율 및 고압축 콘텐츠로 변환하여야 하기 때문이다. 모니터링 시스템은 DMB 송출 시스템의 각종 데이터 및 제어 신호의 흐름을 감시하는 기능을 갖는다. 또한 인코더의 출력과 최종 다중화의 출력은 직접 송신신호와 관련되어 있으므로 특



(그림 4) DMB 송출계통도

별히 DMB의 ETI(Ensemble Transfer Interface) 신호를 감시하기 위한 별도의 모니터링 시스템도 요구된다.

DMB 송출서버는 송출용 DB, CMS(콘텐츠관리시스템 : Contents Management System) 및 스케줄러로 구성된다. CMS 시스템은 DMB 서버의 콘텐츠의 등록, 검색, 입출력, 관리 기능을 갖고, 스케줄러는 편성 및 송출과 관련된 기능을 갖는다.

V. 단일주파수방송망의 개요

단일주파수방송망(SFN : Single Frequency Network)은 동일한 신호를 송신하는 다수의 송신기가 동일한 주파수를 사용하여 공동의 방송구역에 서비스하는 방송망의 구조를 말한다. 일반적으로 기존의 방송 시스템 즉, 아날로그 TV 및 라디오 방송에서는 주파수의 혼신을 회피하기 위하여 복수의

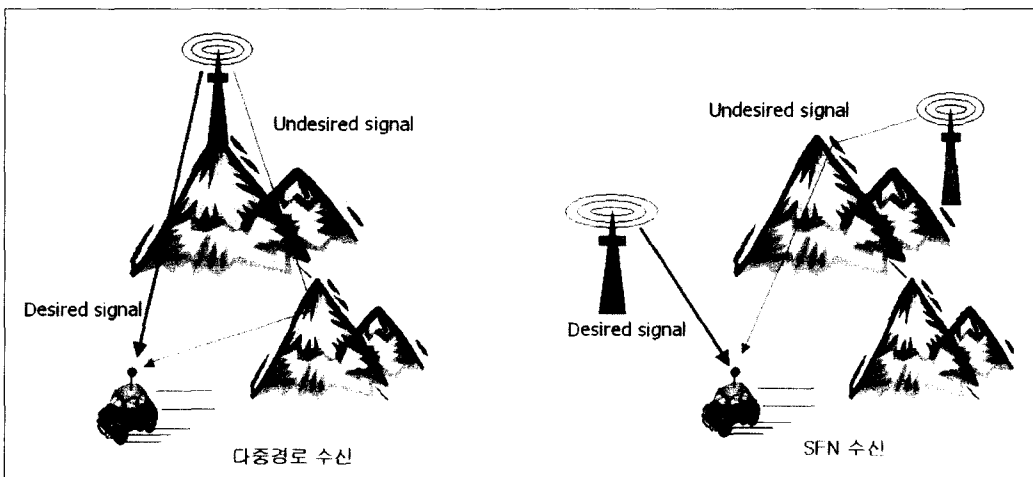
송신기를 동일 주파수에서 사용하는 것이 불가하였다. 하지만 OFDM 방식의 전송방식의 경우에는 다수의 저출력 송신기를 사용하여 방송구역을 확장하고, 안정된 방송서비스가 가능하게 되었다.

OFDM 시스템의 가드 인터벌 길이에 따라 송신국간의 이격 거리를 산정할 수 있다. 가드 인터벌이 길수록 페이로드 손실이 있지만 다중경로현상에 강하고 SFN을 위한 송신기 이격 거리가 길어지게 된다.

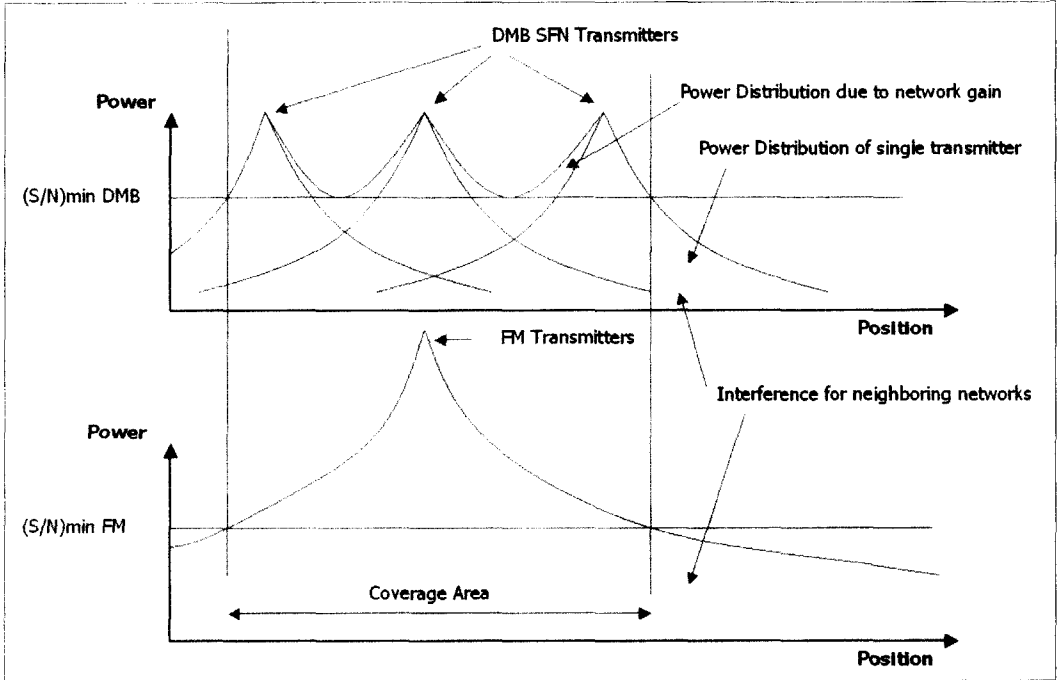
SFN의 경우 전국을 하나의 주파수로 구성하는 것 보다는 특정 방송구역에 대하여 소수의 송신기로 안정적인 서비스가 가능하도록 구성하는 방안이 일반적이라고 할 수 있다. SFN을 구축하기 위해서는 다음과 같은 조건이 필요하다.



- 동일한 콘텐츠, 동일한 송신신호
- 동일 주파수
- 동일한 전송 시간



〈그림 5〉 단일주파수방송망의 원리



〈그림 6〉 단일주파수방송망의 효율

일반적으로 다중경로에 의하여 지연시간을 갖고 수신되는 OFDM 신호 중 가드 인터벌 보다 작은 지연시간의 신호는 방해파로 작용하지 않는다. 이와 같은 원리로 복수의 송신기로부터 전달되는 신호에는 상호 지연시간이 있는데 그 지연 시간이 가드 인터벌 보다 작다면 방해파로 작용하지 않는 원리로 단일주파수방송망을 구성할 수 있다.

단일주파수 방송망은 우리나라와 같이 산악과 고층빌딩이 많은 도시 지형에 대하여 음영지역에 대한 방송망 설계가 자유롭고, 저출력으로 동일한 또는 그 이상의 안정된 방송구역을 획득할 수 있는 장점이 있다(그림 6) 참조. 단점으로는 다수의 송신기를 치국하기 위한 새로운 장소가 추가로 필요하다는 점이 있다.

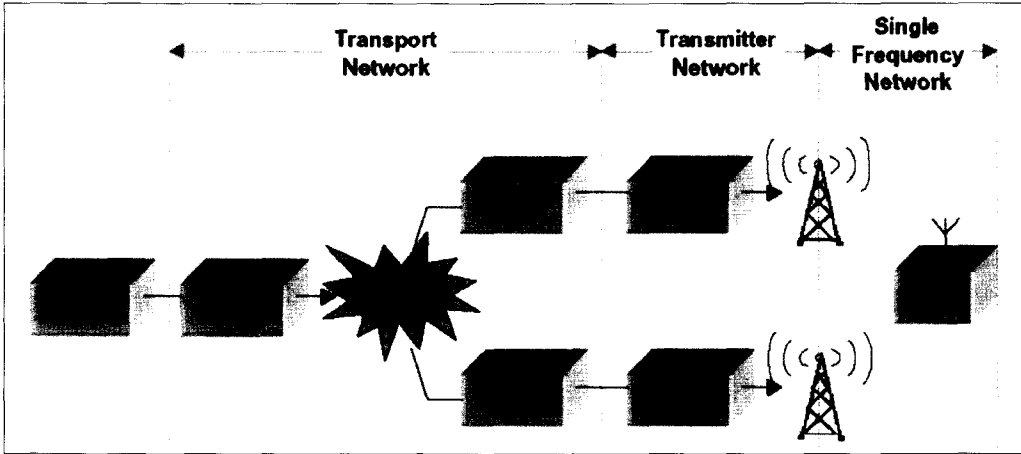
VI. 단일주파수방송망의 구성

단일주파수방송망은 하나의 앙상블 출력을 방송 구역내의 다수의 송신기에 동시에 전송하고 각 송신기는 기준 시각에 동기 되어 동일한 지연 시간 지연을 갖도록 지연 보정 후 송신하게 된다. 이러한 경우 전송네트워크 및 송신네트워크 사이에서 동일한 지연을 갖도록 각각에 대하여 지연 보정에 관한 정의를 해주어야 한다.

단일주파수방송망에서 고려할 지연 시간의 종류는 다음과 같다.



- Network Padding Delay : 앙상블 다중화기와 ST링크 사이의 지연시간

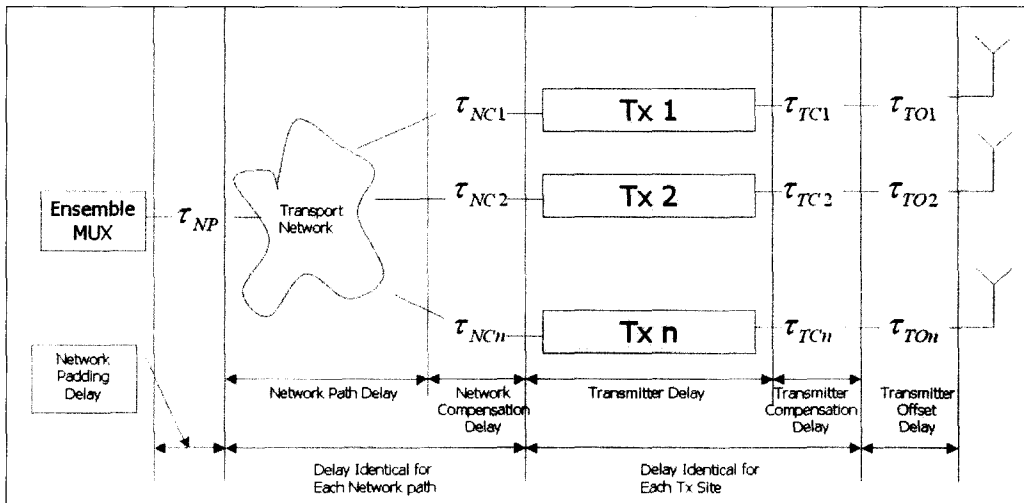


(그림 7) 단일주파수방송망의 구성

- Network Path Delay : ST 링크의 송수신 사이의 지연시간
- Network Compensation Delay : Network Delay 보정용 지연시간
- Transmitter Delay : 송신기 내부의 신호처리 지연
- Transmitter Compensation Delay : Transmitter Delay 보정용 지연시간
- Transmitter Offset Delay : 송신기 사이의 거리에 따른 지연시간

VII. 결론

한국의 지상파 DMB는 세계에서 최초로 한국의 기술로 개발하여 시스템을 구축하게 되었다. 다른 분야보다 방송기술 분야는 시스템의 안정성을 우선으로 하는 특성 때문에 새로운 시스템 도입에 상당



(그림 8) SFN 구성을 위한 지연시간

히 보수적인 입장을 취해 왔다. 지상파 DMB의 경우, 우리 나라의 방송기술분야에도 상당히 모험적인 분야라고 할 수 있다. 우리 나라의 독자적인 기술로 이동멀티미디어 방송을 수행할 수 있는 거의 대부분의 시스템을 개발하고 구축해야 하기 때문이다.

이를 위해서는 비디오 인코더 뿐만 아니라 다중화기 및 송출 서버, 데이터 방송 시스템, 감시 및 모니터링 시스템 등 안정적인 방송 서비스가 가능한 높은 수준의 방송 시스템 개발이 지속적으로 이루어져야 한다.

또한 고정 수신용 방송이 아닌 언제 어디서나 시

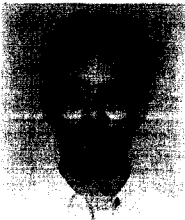
청이 가능한 이동 멀티미디어 방송인 만큼 신호를 찾아서 수신하는 개념이 아니라 수신기가 어디에 위치하든지 신호를 충분히 공급할 수 있도록 방송망의 확장 및 안정성을 위한 기술을 발전시켜야 한다. 다수의 SFN 송신기에 대하여 정밀한 지연 시간 보정을 할 수 있어야 하고, SFN으로도 서비스가 불가능한 지역에 대한 동일채널중계기 기술 개발 연구도 시급하게 진행하여야 할 것이다.

또한 이동멀티미디어 서비스에 적합한 다양한 모바일 콘텐츠를 개발하고 방송과 통신이 융합된 양방향 서비스 및 네트워크 구축에도 투자와 연구를 집중하여야 할 것이다.

● 참고 문헌 ●

- [1] Digital Audio Broadcasting Principles and applications, Edited by Wolfgang Hoeg & Thomas Lauterbach, Wiley 2001
- [2] 초단파 디지털라디오방송 송수신 결합표준 2002
- [3] 초단파 디지털라디오방송 비디오송수신결합표준 2004

필자 소개



임종곤

- 1994년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사
- 1996년 2월 : 인하대학교 전자공학과 석사
- 1996년 : KBS 기술연구소 입사(DAB 연구)
- 2000년~2001년 : NHK 방송기술연구소 초빙연구(디지털네트워크, ISDB-T 연구)
- 1996년~현재 : KBS 방송기술연구팀 연구원(DMB 연구)
- 주관심분야 : DMB 다중화, OFDM 전송, DMB 표준화