

## 위성 DMB System E용 Gap Filler 개발

\*이학용, \*이홍배, \*\*이영수  
\*씨앤드에스마이크로웨이브, \*\*SK Telecom

### Development of Gap Filler for Satellite DMB System E

\*Hak Yong Lee, \*Hong Bae Lee, \*\*Young Su Lee  
\*C&S Microwave Co. Ltd., \*\*SK Telecom

**Abstract** - 위성 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)는 위성을 통하여 이동 혹은 고정 무선 가입자 수신기에 비디오 방송 및 정지화상, CD 음질의 오디오 방송과 각종 데이터 서비스와 같은 Multimedia 서비스를 제공하는 서비스이다. 향후 새로운 사업으로 다양한 부가가치를 이끌어 낼 것으로 기대를 받고 있다.

우리나라의 경우 위성 DMB기술기준으로 System E방식이 선정되었다. 본 논문에서는 위성DMB 서비스의 음영지역을 해소하기 위해 사용되는 재생중계방식의 중계기인 Gap Filler 개발에 대해 기술한다. System E용 Gap Filler용 보조 방송의 전송 방식 선정과 보조방송에서 주 방송으로의 변환 기법, Gap Filler 망설계시에 고려해야 할 사항 등에 대해 기술한다.

## 1. 서론

DMB(디지털 멀티미디어방송)는 이동 혹은 고정 가입자 수신기에 비디오 방송, CD음질의 오디오 방송 및 각종 데이터 서비스와 같은 멀티미디어를 제공하는 것을 목표로 하는 서비스이다. 현재 위성을 이용하여 DMB서비스를 제공하려는 위성 DMB와 지상과 방송국을 이용한 지상과 DMB의 국내 규격이 결정되어 서비스 개시를 눈앞에 두고 있다.

DMB의 국제적인 기술기준은 ITU-R에 소개되어 있는 여러 가지 기술 방식으로 제안되고 있고<sup>(1)(2)</sup> 국내의 경우 위성 DMB기술기준으로 코드분할다중(CDM, Code Division Multiplexing)기술을 기반

으로 한 Digital System E가 채택되어 있다.

System E를 기반으로 하는 위성 DMB는 위성을 통하여 CDM규격의 S-band신호를 송출하여 단말기가 수신함으로써 멀티미디어 방송서비스를 하는 것을 기본으로 한다. 그러나, 도심지역과 같이 위성 신호를 직접 수신할 수 없는 음영지역의 서비스 품질 개선을 위하여 그림 1과 같이 지상의 보조중계장비를 이용하여 본방송과 같은 방송신호를 송출하는 구성을 갖추고 있다.

본 논문에서는 System E기반의 위성 DMB용 지상 보조 중계수단인 Gap Filler의 개발에 고려된 각종 규격 등과 구현사례 등에 대해 설명한다.

## 2. 보조중계방식

도심환경과 같은 방송 음영지역을 해소하기 위한 중계방식으로는 재생중계방식(Regenerative type)과 비재생중계방식(Nonregenerative type)으로 크게 구분할 수 있다. 각각의 장단점에 대해 살펴보도록 하자.

### 2.1 비재생중계방식

먼저 비재생중계방식의 중계기로는 본방송과 동일한 방송신호를 동일한 주파수대역으로 전송받아 대역통과 필터와 증폭기를 이용하여 신호를 증폭해 중계하는 동일 채널 재생 중계기(OCR, On Channel Repeater)를 고려할 수 있다. 이러한 OCR은 입력 안테나와 출력 안테나 사이의 격리도를 충분히 확보하지 않으면 중계기를 통한 출력신호가 다시 입력안

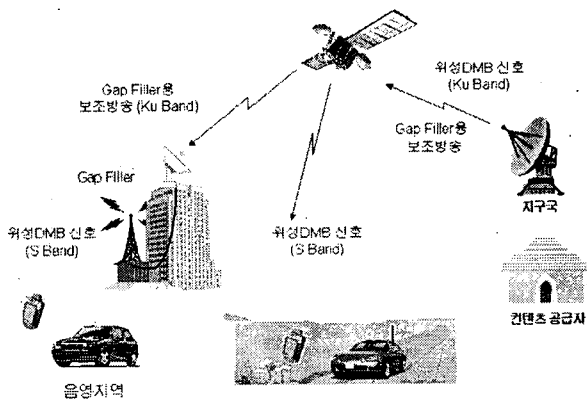


그림 1. 위성 DMB서비스 개요도

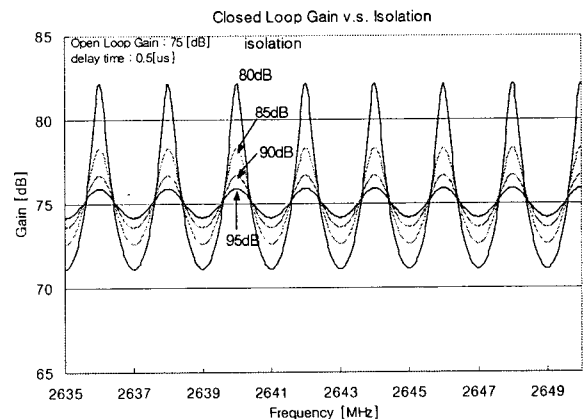


그림 2. OCR의 안테나간 격리도에 따른 발진 파형

테나로 유입되는 발전문제를 내포하게 된다. 위성으로부터 전송되는 신호가 미약하기 때문에 이러한 방식은 극소 출력에만 사용 가능하게 된다. 그림 2에 Gain 75dB, 지연시간이 0.5μs인 중계기에서 단일 경로로 안테나 궤환신호를 고려하였을 때 안테나 격리도에 따른 중계기의 발전 파형을 나타내었다. 안테나 간 격리도를 중계기 이득보다 20dB이상 확보하여야 하는 것을 예측할 수 있다.

OCR의 발전 문제를 해결하기 위한 방식으로는 본 방송을 동일 주파수가 아닌 다른 주파수 대역으로 전송받아 주파수 변환 후 증폭하는 중계기를 고려할 수 있다. 이 방식을 이용하면 재생 중계기 보다 저렴한 가격에 고출력의 장비를 개발할 수 있다.

이러한 단순 증폭 방식은 구현이 용이하나 전송채널에서 발생하는 신호의 왜곡을 보정할 수 없이 신호의 세기만 증폭해서 송출하므로 중계 방송의 품질이 본방송에 비해 떨어지게 된다.

### 2.2 재생중계방식

재생중계방식은 본방송과 동일한 내용의 신호를 다른 형식의 방송신호로 전송받아 Digital Domain까지 복조하여 본방송과 동일한 변조방식으로 재구성하여 송출하는 방식을 의미한다. 이러한 재생중계기는 본방송과 동일한 error-free한 품질의 방송신호를 넓은 영역에 송출할 수 있는 우수한 방식의 중계기이다. 본 논문에서는 재생중계방식의 중계기인 Gap Filler에 대해 기술한다.

## 3. 방송방식

Gap Filler를 이용한 음영지역 해소를 위해서는 먼저 Gap Filler용 보조방송의 방식이 고려되어야 한다. 보조방송방식의 선정에 중요하게 고려되어야 할 것은 방송송출을 위한 장비의 가용성과 구축비용, 위성 채널에 대한 안정성, Gap Filler구현의 용이성 등이다. 이러한 관점에서 현재 위성 DMB의 보조방송으로는 디지털위성방송에서 전세계적으로 검증되어 있고 개발된 장비가 충분히 확보되어 있는 DVB-S 방식이 효과적이다<sup>[3]</sup>.

먼저 시스템 E의 전송 규격을 간략히 살펴보고 Gap Filler용 보조방송 생성방식에 대해 기술한다.

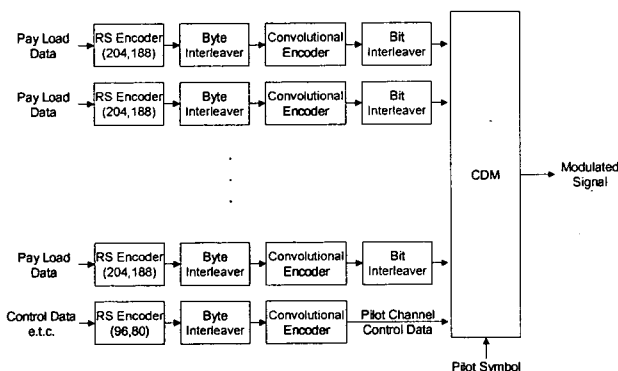


그림 3. Digital System E 송신 시스템 블록도

### 3.1 System E 전송방식

그림 3은 Digital System E의 방송 시스템 블록도이다. Multimedia컨텐츠 채널별로 에러정정코드로 부호장 7인 컨벌루션코드를 외부호로, 단축 RS(204,188)코드를 외부호로 사용한다. Byte-wise convolutional interleaving이 외부호와 내부호 사이에 사용되고 내부호 이후에 Bit-wise convolutional interleaving을 사용한다.

그림 4는 CDM부의 세부 블록도이다. 64비트의 왈쉬코드와 2048chip길이의 PN코드로 대역 확산하여 멀티플렉싱하는 구조이다. Payload채널은 QPSK변조를 하지만 Pilot 채널은 BPSK로 변조하게 된다. 왈쉬코드와 PN코드의 Chip Rate는 16.384MH이고 대역제한 필터는 롤오프율 0.22의 Root Raised Cosine 필터를 사용한다.

### 3.2 보조방송 구성

CDM방식의 본 방송을 TDM(Time Division Multiplexing)방식으로 변환하는 방식에는 여러 가지 방법론이 있을 수 있다. 변환 방식을 결정하는 요소는 Gap Filler에서 신호처리애 소용되는 시간, 하드웨어 구현성, 주파수 효율성 등을 꼽을 수 있다.

먼저 System E의 송신시스템을 고려하였을 때 보조방송은 채널코딩 이전의 데이터를 보조 방송으로 만들고 Gap Filler에서 이를 복조하여 채널코딩을 수행하고 CDM변조 과정을 처리하여 본 방송과 동일한 신호를 송출하는 방법을 고려해 볼 수 있다. 이 방법은 주파수 효율면에서는 우수하다고 볼 수 있다. System E의 채널코딩을 처리하면 데이터율은 처리전의 두배가 되기 때문에 채널코딩 된 데이터를 이용하여 보조 방송을 구성하는 것 보다 50%정도의 주파수 효율을 얻을 수 있다. 그러나 Gap Filler에서 채널코딩을 수행하여야 하므로 Gap Filler의 복잡도를 증가시키게 된다.

또 한가지 방법은 채널코딩된 데이터를 이용하여 보조 방송을 구현하는 방법이다. 앞서 설명한 방법에 비해 주파수 효율은 떨어지지만 Gap Filler에서 보조방송 복조후에 데이터 재배열을 통하여 CDM변조 과정만 거치면 되므로 장비의 복잡도를 줄이고 장비의 시간지연을 적게 유지할 수 있는 방식이다.

현재 제안되어 있는 위성 DMB의 Gap Filler용 보조 방송의 보조방송은 채널코딩 이후의 데이터를 이용하여 보조방송을 구성하는 방식이다. 보조방송 구성의 개략도를 그림 5에 나타내었다. 25.5ms시간

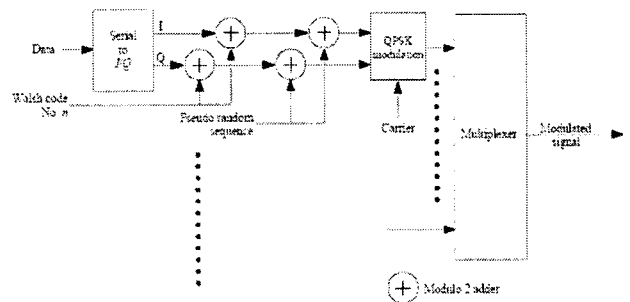


그림 4. CDM부 상세 블록도

동안의 32채널의 CDM채널 데이터를 TDM방식으로 변환하는 방법을 채택하고 있다.

코딩된 CDM채널의 데이터율은 512kbps로 25.5ms동안의 데이터량은 1632Byte가 된다. 이 데이터를 DVB-S규격의 채널코딩 방식을 이용하기 위해서는 187byte 단위로 나누어야 하는데 9개의 187 byte 블록에 136byte가 남게 된다. 이때 51개의 dummy byte를 추가하여 187 byte 9단위로 채널을 구성한다. 채널당 추가된 51byte를 포함하여 32개의 채널을 TDM구성하고 내부호화율 1/2을 포함한 채널코딩을 거치게 되면  $204 \times 9 \times 8 \times 32 / 25.5ms = 18.432sps$ 가 된다.

DVB-S의 채널코딩방식은 그림 6에 나타내었다. 외부호로 RS(204,188)부호를 사용하고 내부호로 Convolutional code를 사용한다. 외부호와 내부호 사이에 Convolutional interleaver를 적용한다.

보조방송의 전송방식이 결정되었으므로 Gap Filler의 신호처리부에서는 TDM복조후에 채널코딩의 역순으로 신호처리를 수행하면 된다. 그림 7에 Gap Filler 신호처리부의 블록도를 나타내었다.

#### 4. Gap Filler 설계 및 구현

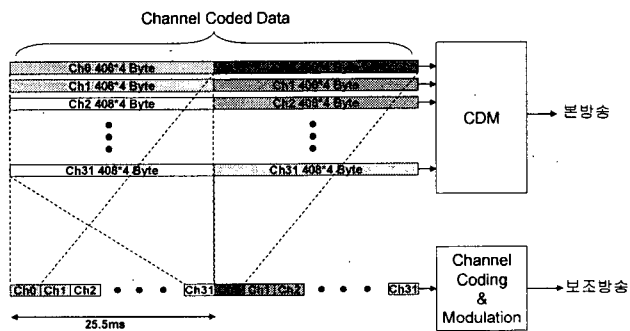


그림 5. 보조방송 구성방식

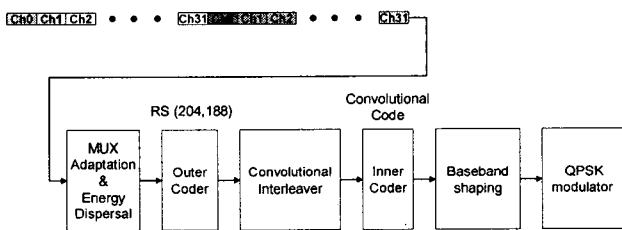


그림 6. 보조방송의 채널 코딩과 모듈레이션

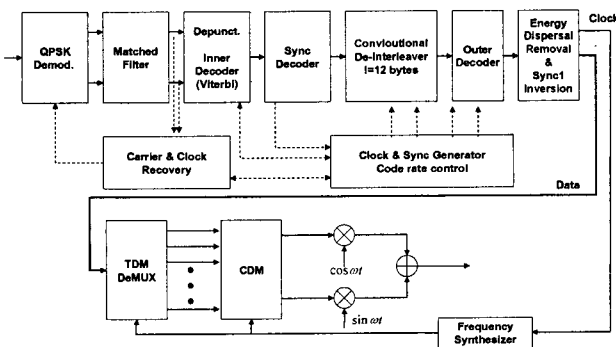


그림 7. Gap Filler 신호처리 블록도

위성신호와 지상의 보조 중계기를 동시에 이용하여 서비스를 하고자 할 때 지상의 보조중계장비에 요구되는 주요 성능은 다음과 같은 항목들로 정리될 수 있다. 송신기 선형성, Out-of-band emission, Gap Filler ID, 송신안테나의 위치·높이·방향성, 주파수 안정도, 시간지연, Spectrum mask등이다.

Gap Filler장비에 요구되는 규격을 정리하고 이의 구현방식에 대해 기술한다.

#### 4.1 규격

위성을 통해 수신되는 CDM신호 대비 주파수 편차가 크게 되면 단말기의 수신에 문제가 되기 때문에 TDM신호에서 timing정보를 추출하여 clock을 복원하는 방식으로 주파수 안정도는 0.1ppm이내의 규격을 요구하였고 타대역 신호 억압도로 ACPR 45dBc의 규격을 선정하였다. 개발된 Gap Filler의 주요 규격은 표 1과 같다.

#### 4.2 Gap Filler 출력

앞서 언급한 대로 재생형 중계기는 발진 문제가 없기 때문에 출력을 높여 넓은 영역을 서비스 할 수도 있다. 그러나 위성신호가 중첩되는 영역에서의 문제 때문에 Gap Filler의 출력에는 제한이 있게 된다. 그림 8에 Gap Filler 출력을 제한해야 하는 원인에 대한 개념도를 나타내었다. Gap Filler에서는 위성으로부터 수신되는 방송신호와 시간동기를 맞추어 중

표 1. Gap Filler 주요 규격

항목	값
입력주파수	12.214~12.239 [GHz]
입력신호규격	QPSK, DVB-S
입력신호 Symbol Rate	18.432 [Msps]
출력주파수	2630~2655 [MHz]
출력 Bandwidth	25 [MHz]
출력 변조방식	CDM
chip rate	16.384 Mcps
Frequency Error	0.1ppm
ACPR	45dBc Min
Occupied BW	20MHz Max
EVM	7% Max
Sysbol Error Rate	0%
System Delay	26.709±1[μs]
Delay Resolution	1 chip
ID Insertion	Using D51

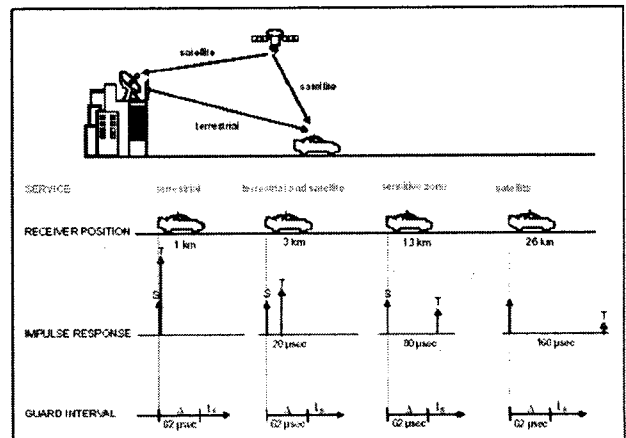


그림 8. Gap Filler e.r.p. 제한 설명도<sup>[1]</sup>

계 신호를 송출하게 된다. 이때 Gap Filler부근에서는 Gap Filler의 신호가 크기가 크고 시간동기도 맞기 때문에 수신기에서 신호를 복조하는데 문제가 없다. 그러나 Gap Filler에서 멀어져 가면서 위성에서 수신된 신호의 세기와 Gap Filler로부터 수신된 신호의 세기가 비슷한 지점에서 두 신호간의 지연시간이 수신기가 감당하지 못할 수준이 되면 수신기에서 원활하게 복조를 해 낼 수가 없다.

이 전파지연시간이 System A의 경우 Guard Interval보다 큰 경우, System E의 경우 Rake Receiver의 Time Window보다 크게 되면 서비스가 단절되는 영역이 존재할 수 있다. 따라서 Gap Filler의 송출세기는 Gap Filler와 위성으로부터 수신된 신호의 전파지연이 적당히 벌어지면 Gap Filler로부터 수신된 신호의 세기가 위성신호보다 작아질 정도로 송출전력을 제한할 필요가 있다. 이러한 문제는 실제 Gap Filler신호의 세기를 제한하던지 아니면 열린공간으로 신호가 강하게 송출되지 않도록 안테나 방사 방향을 잘 설정하는 방법으로 해결이 가능하다.

Gap Filler 출력에 따른 서비스 범위는 DSB Handbook<sup>(1)</sup>의 한 사례를 표 2에 나타내었다. 도심 지역에서 60.7dBm의 e.i.r.p.로 반경 약 3km정도를 서비스 할 수 있을 것으로 예상된다.

### 4.3 Gap Filler 구현

Gap Filler 신호처리부의 설계 블록도는 그림 7과 같다. DVB-S규격의 TDM신호를 복조하는 데는 별도의 복조기 부분을 설계하지 않고 상용 Tuner모듈을 이용하였다. TDM신호를 CDM으로 재배열하

는 모듈에서는 25.5ms분량의 CDM채널 데이터를 저장할 메모리 소자와 왈쉬코드 PN코드 생성 및 CDM복조, Digital Filter블록 등을 FPGA로 구현하고 Quadrature Modulator를 이용하여 Direct Conversion방식으로 설계하였다.

구현된 Gap Filler의 주요 모듈은 신호처리부와 고출력 증폭부, 전원공급기, 대역제한 필터, 제어장치 등이고 NMS를 위한 무선모뎀이 부가되어 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 System E를 이용한 위성 DMB용 재생중계장비인 Gap Filler를 위한 각종 고려 사항 및 규격들에 대해서 기술하고 Gap Filler구현사례에 대해 설명하였다. 현재 Gap Filler는 Lab Test를 마치고 필드 적용시험 중이다.

### [참고 문헌]

- (1) *DSB Handbook - Terrestrial and satellite digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the VHF/UHF bands.* ITU-R, 2002
- (2) ITU-R Recommendations BO. 1130.4, *Systems for digital satellite broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the bands allocated to BSS (sound) in the frequency range 1400-2700 MHz.* ITU-R, 2001
- (3) EN 300.421, *Digital Video Broadcasting (DVB): Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services.* European Telecommunications Standards Institute, 1997

표 2. 도심지역 Gap Filler Link Budget 사례<sup>(1)</sup>

Centre Frequency	MHz	2642.5
e.i.r.p.	dBW	30.7
The Number of Channel	ch	30
Pilot ch power/data ch power	dB	3.0
e.i.r.p./ch	dBW	15.8
Propagation Losses in urban area	dB	154.0
Transmission Antenna Height	m	30.0
Distance	km	3.0
Receiver Input Signal Power	dBW	-138.2
Antenna Gain	dB	0.0
LNA Noise Figure	dB	1.5
Antenna Noise Temperature	K	150.0
System Noise Temperature	K	269.6
System Noise Power Density	dB(W/Hz)	-204.3
G/T	dB/K	-24.3
Receiver C/N <sub>0</sub>	dB(Hz)	66.1
Degradation due to Uplink	dB	0.1
Adjacent Channel System Interference Allowance	dB	0.2
Total C/N <sub>0</sub>	dB(Hz)	65.8
Required C/N <sub>0</sub>	dB(Hz)	60.6
Implementation Losses	dB	2.0
Link Margin	dB	5.2

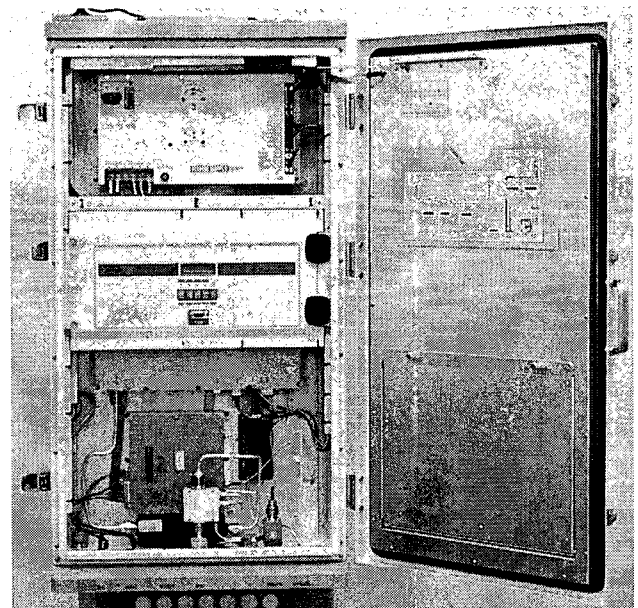


그림 9. 구현된 Gap Filler내부 사진