

DVB-T, DVB-S, 지상파 DAB, 위성 DAB 등 디지털 방송기술에 대하여 학계 및 산업계의 관심이 모아지고 있으며, 이동수신 시 고품질의 디지털 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 많은 연구들이 진행되고 있다. 본고는 이러한 여러 분야의 디지털 방송기술 중 국내에서 상용 서비스 제공을 목표로 추진중인 위성 DAB 시스템의 Digital System E에 대한 전반적인 시스템 구조와 시험시스템을 이용한 필드테스트 결과를 기술하고자 한다.

1. Introduction

최근 CD, DVD 등 뛰어난 음질의 디지털 오디오 기기가 급격히 보급되어 보편화 되면서 고급 음질을 요구하는 디지털 방송에 대한 청취자의 요구가 날로 증가하고 있으며, 이에 따라 기존의 FM 방송이 제공할 수 있는 음질의 한계를 극복하기 위해 유럽, 캐나다, 미국 등에서 디지털 오디오 방송(DAB

: Digital Audio Broadcasting)을 시행하고 있다. 디지털 오디오 방송 시스템은 현재의 AM 방송이나 FM 방송과는 전혀 다른 기술을 이용해 고품질의 음질 뿐만 아니라, 이동중에도 뛰어난 수신 능력을 보여 주며 영상이나 문자와 같은 디지털 데이터도 고속으로 송신할 수 있는 특성을 가지고 있다. 최근에는 오디오 방송보다는 영상을 포함한 멀티미디어 서비스를 강조하여 디지털 멀티미디어 방송(DMB: Digital Multimedia Broadcasting)이라 부르기도 한다.

위성 디지털 오디오 방송은 위성을 통해 고정, 이동, 휴대용 수신기에 오디오, 영상 및 부가 데이터를 제공할 수 있고, 기존 방송의 가청범위를 획기적으로 확대함으로써, 다양한 품질의 오디오 서비스를 저 비용으로 제공할 수 있다. 또한, 지상파 DAB가 넓은 지역을 경제적으로 서비스하기 어려운 반

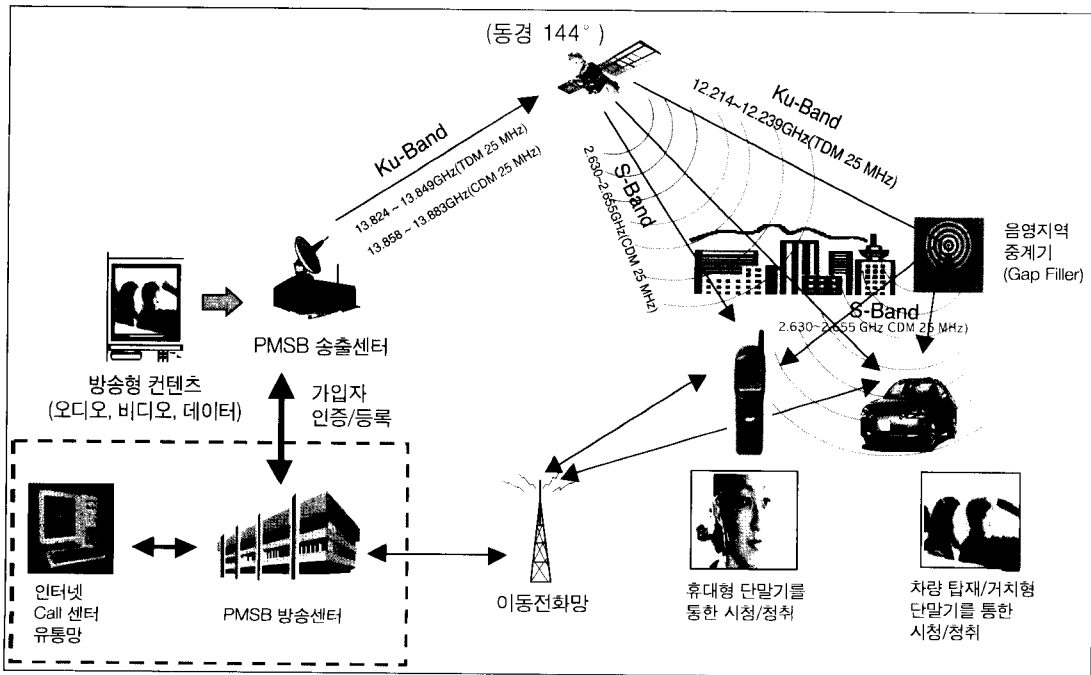
면, 위성 DAB는 위성을 이용하여 넓은 지역을 서비스할 수 있는 장점을 가지고 있다.

위성 디지털 오디오 방송에 대한 국제 표준규격은 ITU-R(Recommendation Study Group of International Telecommunication Union)에서 승인한 권고 안 BO.1130-4에서 Digital System A, B, D_s, D_H, E로 분류하고 있다. 국내에서는 ARIB(Association of Radio Industries and Business in Japan)에서 제안한 Digital System E를 기반으로 2004년 상반기 상용 서비스를 목표로 사업을 추진중이며, 공청회 등을 통해 국내 기술 표준화가 진행중이다. 본 고에서는 위성 DAB의 Digital System E 규격에 대한 이해를 돕기 위하여 전반적인 시스템 구조를 설명하고 시험 시스템을 이용한 필드테스트 결과를 기술한다.

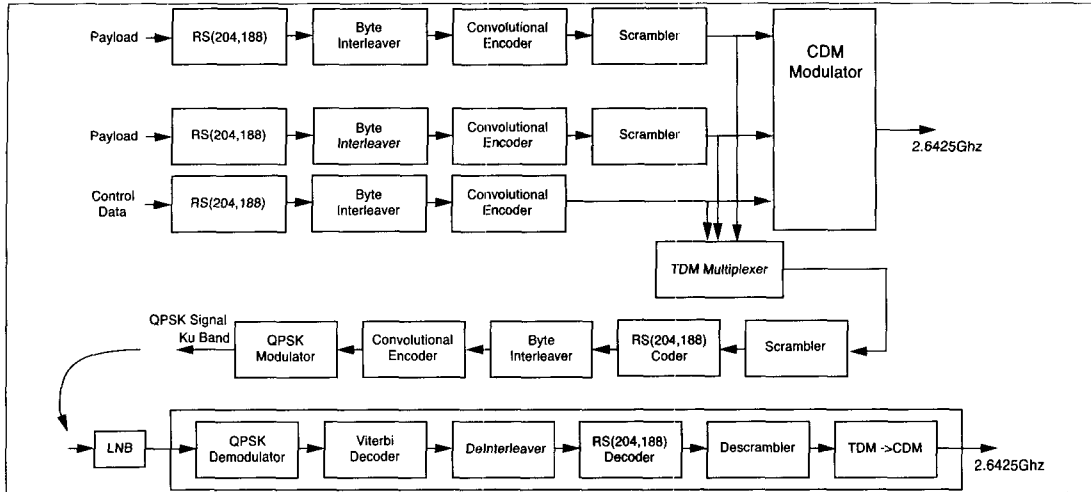
2. 시스템 개요

본 시스템은 가입자 인증 및 과금을 담당하는 정보센터, 콘텐츠를 제공하는 Program Provider, 콘텐츠를 코딩하고 다중화하는 방송센터, 가공된 콘텐츠를 변조하여 송출하는 위성송출센터, 송출센터로부터 수신된 신호를 Gap Filler라는 지상 중계기와 수신기로 재송신하는 위성체, 위성체로부터 수신된 신호를 수신기로 재송신하는 Gap Filler, 수신기 등으로 구성된다.

위성 송출센터는 Ku-band(13.824~13.849 GHz/13.858~13.883 GHz)의 TDM 변조된 신호와 CDM 변조된 신호를 각각 송신한다. 위성체는 이들 신호를 수신한 후 S-band(2.630~2.655 GHz)의 CDM 신호와 Ku-band(12.214~12.239 GHz)의 TDM 신호로 변환하여 지상으로 송신한



〈그림 1〉 시스템 구조도



〈그림 2〉 물리계층의 블록도

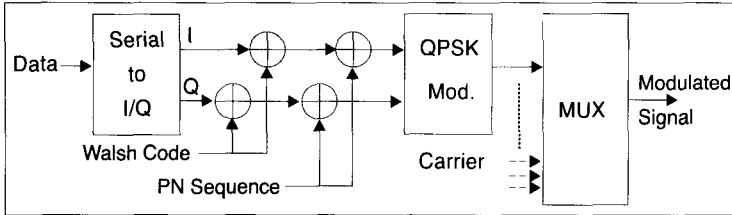
다. Gap Filler는 위성체로부터 수신된 Ku-band TDM 신호를 S-band의 CDM 신호로 변환하여 재 송신하며, 이 신호는 위성체에서 송신한 S-band의 CDM 신호와 함께 지상의 가입자에게 전달된다.

위성 DAB 서비스 단말기는 차량용, DAB 전용, 3G 융합형의 형태로 개발되며, 크기가 작고 지향성이 작은 안테나를 사용하여 위성 신호를 수신한다. 위성체는 이동수신에 필요한 높은 출력을 발생시키기 위하여 고이득의 송신 안테나와 High-power Transponder를 갖추어야 한다. 위성 직접수신과 관련된 중요한 이슈는 이동 수신시에 발생하는 페이딩 현상과 신호차단 현상을 들 수 있다. 본 시스템에서는 이를 극복하기 위하여 크게 인터리빙 기법과 지상의 Gap Filler를 이용한 커버리지 확대기술을 이용하고 있다. 수 초 정도의 페이딩이나 신호 차단은 인터리빙 기법을 통하여 수신특성의 열화를 최소화하고, 빌딩과 같은 구조물에 의해 신호가 차단되는 지역은 Gap Filler를 이용하여 위성으로부터 수신된 신호를 증폭, 재전송하여 서비스를 제공한다. 이 경우 2개 이상의 신호원으로 인한 다중경

로 페이딩이 발생하여 수신특성이 열화될 수 있다. 하지만, 본 시스템은 CDM 기술의 특징인 RAKE 기법을 채용하여 이를 최소화한다. CDM 시스템에서의 방송 프로그램은 직교코드인 왈쉬 코드(Walsh Code)를 이용하여 상호 독립적으로 전송된다. 또한, 25MHz의 광대역으로 확산되어 다중화되므로 단위 주파수 대역 당 PFD(Power flux-density)가 다른 다중화 방식에 비해 상대적으로 낮아지는 장점을 가지고 있다.

3. 물리계층(Physical Layer)

〈그림 2〉의 상단은 CDM 송신부, 중간부분은 TDM 송신부에 해당하며, 하단은 Gap Filler에서 TDM 신호를 CDM 신호로 변환하는 부분에 해당한다. Digital System E는 〈그림 1〉에서 보는 바와 같이 위성체와 지상의 Gap Filler를 통하여 서비스를 제공하며, 주파수는 2.630~2.655GHz 대역을 사용한다. 오류 정정부호는 리드-솔로몬(Reed-Solomon) 코드와 콘볼루션(Convolution) 코드를



〈그림 3〉 CDM 변조 블록도

연접하여 사용한다. CDM 변조는 〈그림 3〉에서 보는 바와 같이 입력 데이터를 I와 Q로 나누어 64비트 길이의 왈쉬코드와 2048비트 길이의 PN코드로 확산하여 다중화한다. 다중화 채널 수는 64비트 길이의 왈쉬코드에 의하여 이론적으로 64개까지 가능하나 다중경로 수신시 왈쉬코드의 직교성이 감소되므로 상용 시스템에서는 이보다 작은 수로 다중화하여야 한다. Chip rate은 16.384Mcps이며, 처리이득은 64이다.

4. 채널 코딩(Channel Coding)

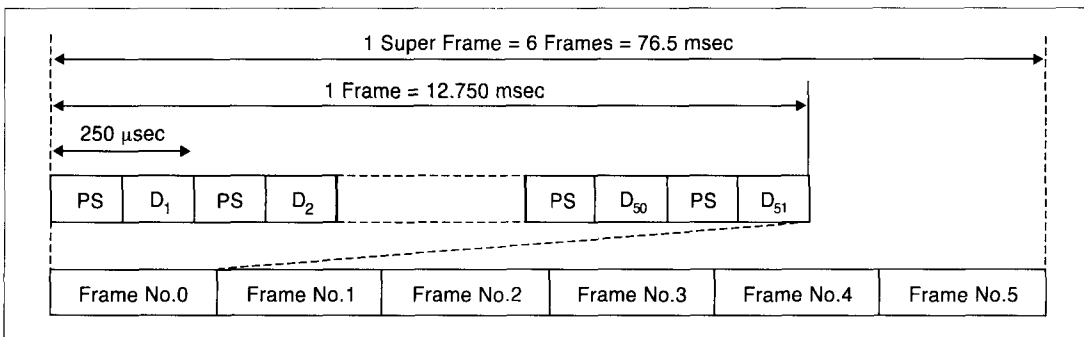
Digital System E의 오류 정정부호는 외부호인 리드-솔로몬 코드(204, 188)와 내부호인 구속장 7의 콘볼루션 코드(K=7)를 연접하여 사용한다. 콘볼루션 코드의 부호화율은 파일럿 채널의 제어 데

이터를 이용하여 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8로 가변적 사용이 가능하다.

인터리빙(Interleaving)은 리드-솔로몬 코드와 콘볼루션 코드 사이에 바이트 인터리빙을 사용하여 8

바이트 이내의 오류를 정정할 수 있으며, 콘볼루션 코드 후에 비트 인터리빙을 추가적으로 사용하여 버스트 오류에 대한 강점을 가지고 있다.

〈그림 4〉는 수신기의 동기복조와 시스템에 대한 제어 데이터 전송을 위한 파일럿 채널의 프레임 구조를 나타내고 있다. 파일럿 심볼은 매 250μsec마다 삽입되며, D1~D51로 표시되어 있는 데이터부와 함께 전송된다. 파일럿 심볼은 연속적인 32비트의 "1"로 구성되어 RAKE 수신기의 다중경로 검색에 활용되며, D₁은 32 비트의 사전 정의된 패턴으로 송신하여 수신기의 동기여부를 판별하는 데 활용된다. D₂는 프레임 카운터로 슈퍼프레임의 동기를 유지하는 데 활용된다. D₃~D₅₀은 수신기의 하드웨어를 제어하기 위한 데이터 전송시에 사용되며, D₅₁은 기타 용도로 할당된 부분이다.



〈그림 4〉 파일럿 채널의 프레임 구조



〈그림 5〉 위성 DAB 수신기 개념

5. 소스 코딩(Source Coding)

오디오 소스 코딩은 MPEG-2 AAC 표준을 채택하고 있다. MP3가 128Kbps의 데이터 속도를 요구하는 데 비해 MPEG-2 AAC는 96Kbps에서 CD 수준의 오디오 서비스가 가능하며, 테이프 수준은 32Kbps에서 가능하다.

멀티미디어 서비스를 위한 비디오 소스 코딩은 MPEG-4를 채택하고 있다. 〈그림 5〉와 같이 5인치 정도의 LCD 디스플레이가 가능한 차량용 수신기는 370Kbps의 데이터 속도로 320×240(QVGA)의 해상도를 제공할 수 있다. 3G 융합 단말기의 경우 화면이 상대적으로 작아지므로 128Kbps의 데이터 속도라도 서비스가 가능하다.

6. 필드 테스트(Field Test)

본 고에서 기술하는 필드 테스트 결과는 Digital System E용 방송위성이 발사되기 이전에 Super-bird라는 통신위성을 이용한 Driving 테스트에 대한 것이다. Super-bird 위성은 S-band CDM 신호가 없으므로 위성은 Ku-band의 TDM 신호를 송신하고, 이 신호를 지상의 Gap Filler에서 S-band의 CDM 신호로 변환하여 재송신한다.

서비스 커버리지 분석을 위해 수행하는 필드 테스트의 경우 현실적인 장점이 있는 반면에 시험 환

경에 따라 일관성 있는 분석이 어려운 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 필드 테스트 이전에 링크 버짓을 통하여 해석적인 분석을 선행하

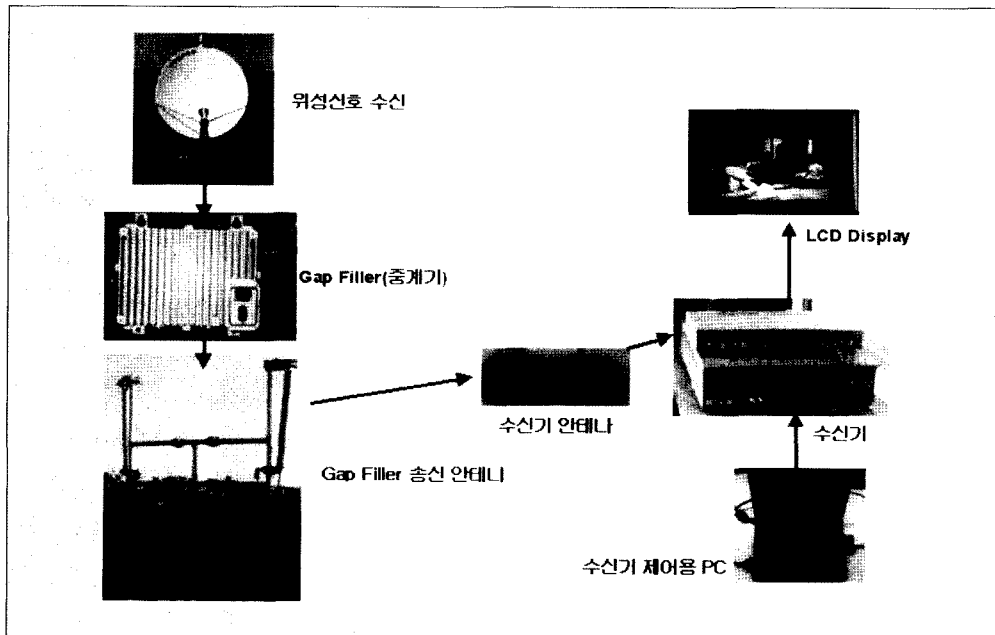
는 것이 바람직하다. 다음은 해석적 분석을 위하여 수행한 링크버짓에 대한 것이다.

6.1 Gap Filler 링크버짓

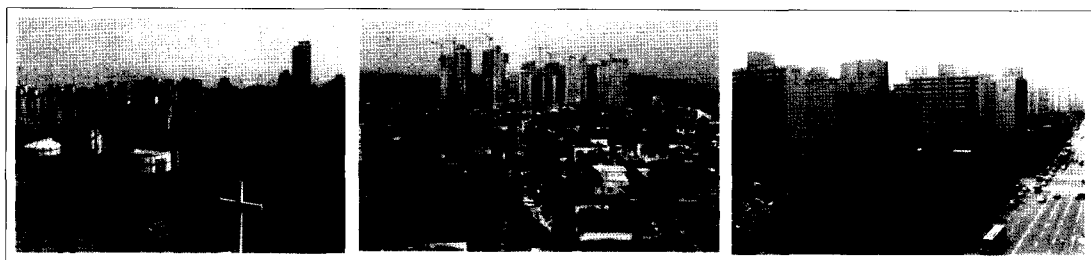
〈표 1〉은 Gap Filler의 출력, 전파모델, 수신기 안테나 및 LNA 특성, C/No 요구치 등을 파라미터로 고려하여 분석한 링크버짓을 나타내고 있다. 전

〈표 1〉 GF 링크버짓 테이블

No.	Parameter	Unit	Value
1	중심 주파수	MHz	2642.5
2	최종 증폭기 출력	dBm	30
3	송신 안테나 이득	dBi	15
4	EIRP	dBW	15
5	코드 다중수	code	30
6	Pilot Channel 대 각 방송채널 전력비	dB	3
7	EIRP/방송채널	dBW	0.2
8	전파전파손실(Hata, urban)	dB	141.22
9	- 송신국 높이	m	30.00
10	- 수신기 높이	m	1.50
11	- 전파거리	km	1.187
12	수신기입력전력/방송채널	dBW	-141.0
13	- 수신기 안테나 이득	dBi	2.5
14	- LNA잡음지수	dB	1.5
15	- 안테나잡음온도(Ta)	K	150.0
16	- 수신시스템잡음온도(Tsys)	K	269.6
17	- 수신시스템잡음전력밀도	dBW/Hz	-204.3
18	수신 C/No / 방송채널	dBHz	65.8
19	Feeder 회선중심 열화분	dB	0.1
20	인접시스템 간섭 열화분	dB	0
21	최종 C/No / 방송채널	dBHz	65.7
22	소요 C/No / 방송채널	dBHz	58.2
23	- 기기열화	dB	2
24	Margin	dB	7.5



〈그림 6〉 필드 테스트 구성도



〈그림 7〉 Gap Filler 주변 환경

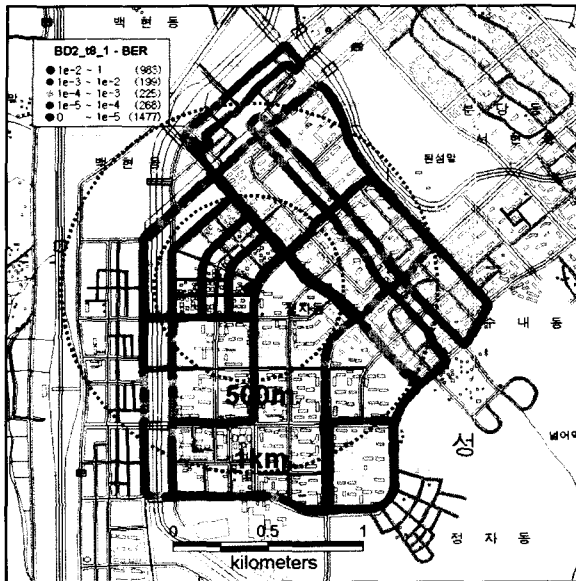
파모델은 도심지에서의 Hata 모델을 적용하였으며, 코드 다중화수는 30, 파일럿 채널 대 방송 채널의 전력 비는 2:1을 적용하였다.

6.2 필드 테스트 환경

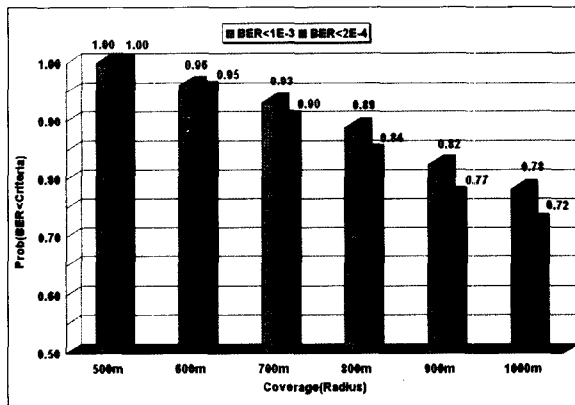
필드 테스트 환경은 〈그림 6〉에서 보는 바와 같이 위성으로부터 Ku-band TDM 신호를 수신하는 파라볼릭 안테나, TDM 신호를 CDM 신호로 변환하는 Gap Filler, Gap Filler 송신 안테나, 수신기 안

테나 및 제어용 PC, LCD 디스플레이로 구성되어 있다.

Gap Filler를 시설한 곳은 성남시 분당의 주거지역으로 안테나 높이 약 30m, 3섹터, EIRP=45dBm/섹터, 안테나 틸팅각 = 8°로 설정하였다. Gap Filler의 주변 환경은 〈그림 7〉에서 보는 바와 같이 낮은 연립주택과 고층 아파트들로 구성되어 있다. 테스트를 수행한 루트는 Gap Filler 주변에 자동차가 통행할 수 있는 정도의 도로로 제한하였다.



(그림 8) BER 분포



(그림 9) 서비스 반경에 따른 서비스 가용율

트 밀집지역인 우측지역은 LOS가 보장되는 일부 지역을 제외하고 서비스 품질이 상대적으로 떨어지는 것을 알 수 있다.

(그림 9)는 서비스 반경에 따른 서비스 품질을 정량적으로 비교하기 위하여 서비스 가용율(Service Availability)을 분석한 것이다. 여기서, 서비스 가용율은 측정 BER이 목표치를 만족시킬 확률 $P(BER < Criteria)$ 로 정의한다.

분당의 테스트 대상지역에서의 서비스 가용율은 (그림 9)에서 보듯이 (BER < 1E-3)인 품질이 500m 반경 내에서 100% 만족하였지만 1,000m 반경 내에서는 78%까지 감소하였다. 서비스 품질을 (BER < 2E-4)으로 상향 조정하였을 경우의 서비스 가용율은 1,000m 반경 내에서 72%까지 감소하였다.

서비스 품질은 테스트 대상 지역의 지형지물에 따라 매우 많은 영향을 받는다. 그러므로, 다른 지역에서 수행한 필드 테스트는 본 테스트 결과와 다소 차이가 있을 수 있다. 또한, 주변에 여러 개의 Gap Filler를 시설하고, 위성의 S-band CDM 신호를 함께 수신하는 상용 시스템에서는 서비스 품질이 더욱 향상될 수 있을 것으로 사료된다.

6.3 필드 테스트 결과

(그림 8)은 수신기의 비터비 복호기 뒤 단에서 측정된 BER(Bit Error Rate)을 GPS(Global Positioning System)에서 수신한 위/경도 데이터를 이용하여 Map 상에 나타낸 것이다. 상대적으로 지대가 낮고 연립주택이 밀집되어 있는 좌측지역에서는 서비스 품질이 양호하게 나타난 반면, 고층 아파

7. 결론

본 고에서는 위성 DAB 시스템의 Digital System E 규격에 대한 전반적인 기능 및 구조를 기술하였다. 또한, Gap Filler로부터 서비스를 제공받는 경우에 대한 커버리지의 해석적 분석을 위하여 링크버짓

을 수행하였다. 필드 테스트 수행 결과 45dBm EIRP 송신출력에 대하여 500 m 반경 내에서 (BER $1E-3$)의 서비스 품질을 100% 만족하였다. 1,000m 반경 내에서는 (BER $1E-3$), (BER $2E-4$)의 서비스 품질에 대한 가용율이 각각 78%와 72%로 감소되었다. 본 시험 결과는 분당의 특정 지역에 대한 시험결과로 국한되므로 추후 다양한 지

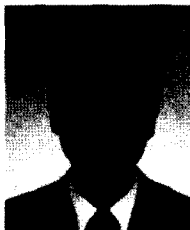
역, 즉, 도심지 상가밀집지역, 도심지 주거지역, 소도시 주거지역, 교외 지역 등에 대한 추가적인 시험이 수행되어야 한다. 향후 단말기가 Gap Filler 신호와 함께 위성으로부터 S-band CDM 신호를 동시에 수신하는 상용 서비스에서는 보다 양호한 서비스 품질을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

필자 소개



임종태

- 1986년 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1988년 : 연세대학교 대학원 전자공학과 석사
- 1993년 : 연세대학교 대학원 전자공학과 박사
- 주관심분야 : 이동통신 전파전파, 이동통신 액세스 망 시스템, 차세대 무선 멀티미디어 기술



정경수

- 1996년 : 고려대학교 전자공학과 학사
- 1998년 : 고려대학교 대학원 전자공학과 석사
- 1998년~현재 : SK Telecom Network 연구원
- 주관심분야 : CDMA 이동통신, 위성 DAB 시스템