

# DVB-H 파라미터 변화에 따른 도심 지역에서의 수신 신호 성능 측정

## Received Signal Performance Measurement in the Urban Area for the Variable DVB-H Parameters

송 기 홍

Ki-Hong Song

### 요 약

본 논문에서는 주파수 효율성을 높이는 단일 주파수 망(SFN: Single Frequency Network)의 구현에 이용되는 DVB-H의 성능을 파악하기 위하여 도심 환경에서 코드율, 버스트 크기, FFT 모드 및 변조 방식 등 DVB-H 파라미터의 변화에 따른 수신 성능을 측정하고 분석한 결과를 제시한다. 측정은 MPE-FEC 기술을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우에 대하여 동시에 수행하였다. 분석 결과, 변조 방식은 QPSK, 1/2 code rate, 2 k FFT 모드 및 512 버스트 크기일 때 가장 우수한 신호 특성을 보였다. 또한, 송신국간 최대 거리를 만족하는 1/8 보호 구간의 경우 최대 거리를 만족하지 못하는 1/32 보호 구간에 의한 수신 성능 및 단일 사이트에 의한 수신 성능에 비해 우수한 특성을 보였다. 본 연구의 결과는 지상파 휴대 방송 서비스의 성능 개선과 방송 품질 향상에 활용 가능할 것으로 판단된다.

### Abstract

This paper presents the measured signal performances in the urban environment for the DVB-H parameters such as code rate, burst size, FFT mode and modulation technique to analyze the DVB-H signal performance available for the embodiment of single frequency network to improve the frequency efficiency. Measurements were performed for the case for applying and non-applying MPE-FEC technique simultaneously. Results show that the most outstanding performance are found in the case of QPSK modulation, 1/2 code rate, 2 k FFT mode and 512 burst size. In addition, the signal performance by the SFN with 1/8 guard interval becomes superior in comparison with the measured data from each site and the data from SFN with 1/32 guard interval. The analysis of the results can be instructive for the improvement of the signal performance and broadcasting quality for the terrestrial digital mobile broadcasting service.

Key words : DVB-H, SFN, Modulation Method, Guard Interval, Burst Duration, MPE-FEC

### I. 서 론

유럽의 디지털 TV 방송 방식의 표준화 조직인 DVB(Digital Video Broadcasting)에 의해 개발된 DVB-H(Digital Video Broadcasting for Handheld)는 휴대폰

이나 휴대용 영상기기 등의 저전력, 이동성, 휴대성 등을 고려하여 마련된 DVB의 한 종류이다. DVB-H는 TDM에 기초한 time-slicing 기술을 도입하여 휴대형 이동 수신 단말기로 전력 소모를 감소할 수 있어서 배터리의 수명을 향상시킬 수 있으며, C/N 비 성

「이 연구는 2006년 한국전자통신연구원 연구 용역을 통해 수행한 연구 결과임.」

동의과학대학 정보통신과(Dept. of Information Communication, Dong-Eui Institute of Technology)

· 논문 번호 : 20070821-087

· 수정완료일자 : 2007년 10월 16일

능 개선을 위한 MPE-FEC(Forward Error Correction for Multiprotocol Encapsulation Data) 방식을 도입하여 단일 안테나 사용에 대한 수신 성능을 향상시켰다<sup>[1]</sup>. 이와 같은 장점으로 유럽에서는 몇 년 전부터 DVB-H 확인 작업반을 신설하여 DVB-H의 타당성 검토를 하였으며, 일부 도시에서는 시험 방송을 진행하고 있다<sup>[2]</sup>.

DVB-H는 단일 주파수 망(Single Frequency Network: SFN) 구축 기술 구현에 효율적이다. 즉, SFN은 주파수 자원을 효율적으로 활용하는데 유용한 네트워크 구축 기술로 구현에 용이하다는 점과 동일한 유럽식이면서도 2 k 모드와 8 k 모드에 따라 이동식에 적합하고 넓은 SFN 구현에 적합하다는 강점을 가지고 있다.

SFN의 가시청 구역 내에서의 수신 품질의 차이는 수신해야 할 전파와 방해 전파사이의 상호 비율과 지연 시간에 의해 결정된다. 다중 주파수망의 경우에 수신기는 하나의 전파만을 수신해 프로그램을 재생하므로 여기서 수신 품질은 원하는 수신해야 할 전파의 크기에 의해 거의 정해진다. 반면에 SFN의 수신 품질은 수신해야 할 전파와 방해하는 주파수의 전파 사이의 상호 비율과 지연 시간에 의해 큰 영향을 받는다. 그 때문에 SFN의 가시청 구역 내에서의 수신 품질 분포는 다중 주파수망의 경우보다 복잡하다.

본 논문에서는 주파수 효율을 높이기 위해서 전 영역을 단일 주파수 대역으로 관할하는 SFN의 구현에 사용되는 DVB-H의 서비스 영역을 파악하고 SFN에서의 DVB-H 전파 중첩지와 밀집 도심의 중첩 지역, FFT 모드에 따른 기지국간 최대 거리에서의 수신 영향 조사를 통해서 측정하는 기지국의 커버리지를 분석하였다. 즉, 변조 방식에 따른 수신 성능의 파악을 위해 QPSK 및 16 QAM을 비교하였고, 코드의 변화 특성 파악을 위해 1/2, 2/3을 비교하였으며, FFT 모드에 따른 특성 분석을 위해 2 k 및 8 k를 비교하였다. 또한, 버스트 크기에 따른 특성을 비교하기 위해 512 및 1024로 설정하였으며, 보호 구간 비교를 위해 1/8 및 1/32로 설정하여 측정 결과를 분석하였다.

## II. DVB-H 성능 측정 시스템 구성 및 측정 사이트 선정

### 2-1 측정 시스템 구성

DVB-H 전파 측정 시스템은 크게 송신부와 수신부로 구성되어 있다. 송신부는 그림 1과 같이, DVB-H 시스템 송신부와 SFN 시스템 송신부로 구분할 수 있으며, DVB-H 시스템 송신부는 부호화, 캡슐화 및 재멀티플렉싱을 거쳐 생성된 DVB-H 신호를 변조 후 전력 증폭기에 의해 증폭된 후 안테나를 통해 전파되는 구조를 가지고 있으며, SFN 시스템 송신부는 전송 스트림 플레이어, MIP inserter를 거쳐 변조 후 안테나를 통해 송출되는 구조를 가지고 있다<sup>[4],[5]</sup>. 시험에 사용된 주파수는 659 MHz, 대역폭은 6 MHz이며, 이득이 8 dB인 수직 편파를 가진 무지향성 송신 안테나를 이용하며, 시스템의 최대 출력은 500 W이다.

그림 2는 측정을 위해 구성된 DVB-H 측정 시스템의 구성도로서 DVB-H 송신 시스템으로 구성된 사이트 A와 사이트 B로부터 동일한 주파수인 F1을 수신하는 그림을 나타낸다.

그림 3은 DVB-H 신호를 수신하는 수신 차량 구성도를 나타내고 있다. 먼저 안테나로부터 수신된 신

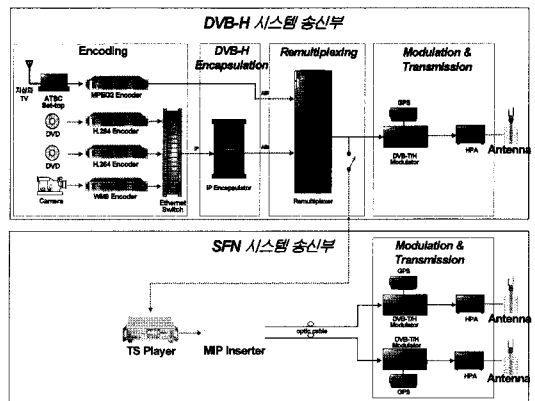


그림 1. DVB-H 송신 시스템  
Fig. 1. DVB-H transmitter.

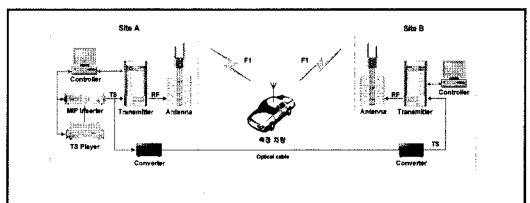


그림 2. SFN 측정 시스템 구성  
Fig. 2. Configuration for SFN measurement system.

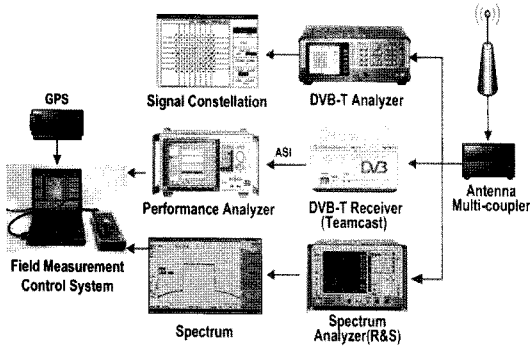


그림 3. DVB-H 시험 측정 시스템 구성도  
Fig. 3. Configuration for SFN field test system.

호는 coupler에 의해 3 분배되고 분배된 신호는 신호의 정상 분석기, 성능 분석기 및 스펙트럼 분석기의 입력 신호로 들어가며, 결과 신호는 측정용 장치의 입력 신호로 GPS 신호와 함께 저장된다. 이러한 장치는 측정 차량에 설치되어 있으며, 측정 데이터를 실시간 저장할 수 있도록 측정 소프트웨어가 장착되어 있고 측정위치를 파악하기 위해서 GPS를 연동하여 측정시간 위치 차량 속도를 실시간 제공하고 있다<sup>[5]</sup>.

### 2-2 측정 사이트 선정

DVB-H 필드 테스트 측정을 위한 측정 사이트는 SFN 구성이 용이하며 도심이 형성된 지역 중에서 검토한 결과 표 1과 같이 울산 지역에 사이트를 선정하였다<sup>[5]</sup>.

그림 4는 DVB-H 필드 테스트 사이트 위치를 나타내고 있다. 울주 청량 기지국은 울산 청량면 문족리 울산구치소 부근에 위치해 있으며, 울산 분소 기지국은 울산 남구 달동 번영사거리 부근 13층 건물의 옥상에 송신소를 구축하였다. 두 사이트간 거리

표 1. 측정 사이트 제원  
Table 1. Specifications of testing sites.

송신국명	위 치	철탑 높이(m)	해발고	위경도
울산 분소	울산시 남구 달동 589-3	36	10	129-19-38 35-32-18
울주 청량	울산 울주군 청량면 문족리 산2-1	35	43	129-15-52 35-31-47

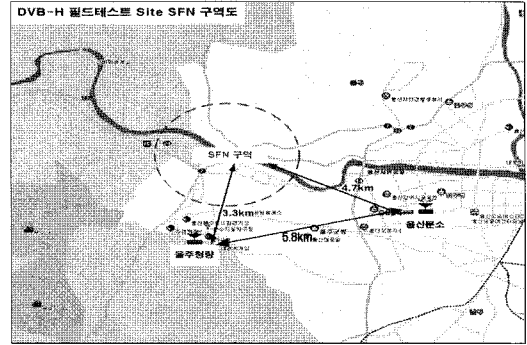


그림 4. 측정 사이트 위치 및 SFN 구역도  
Fig. 4. The location of testing site and SFN testing region.

는 약 5.8 km이며, 동근 원이 있는 지역이 두 기지국으로부터 양호한 신호가 도달하는 지역으로 SFN 측정에 용이한 지역이다.

## III. DVB-H 파라미터별 수신성능 측정 및 분석

### 3-1 Single Site 및 SFN 측정 파라미터

단일 사이트에서의 수신 영향 조사를 위하여 코드율은 1/2, 2/3로 하며, 버스트 크기는 512, 1024와 FFT mode 영향 조사를 위하여 2 k, 8 k로 설정하는 등 다양한 파라미터에서 DVB-H 전파 특성을 측정하였으며, 보호 구간은 1/8으로 동일하게 설정하였다. 표 2는 단일 사이트에서의 측정 방법을 나타낸다.

SFN 수신 성능 측정을 위해서는 울산 분소 및 울주 청량 기지국에서 ETSI에서 추천하는 물리 계층의 파라미터로<sup>[1]</sup> QPSK 변조 방식과 코드율 1/2, FFT mode 2 k의 조건을 입력하였고, 보호 구간이 1/8 및 1/32의 조건 각각 입력하여 두 기지국이 동시에 가동한 상태로 한 다음 측정하여 표 3은 SFN 측정 방법을 나타낸다<sup>[6]</sup>.

### 3-2 DVB-H 측정 및 분석

단일 사이트 및 SFN 수신 영향 조사를 위해 측정하는 파라미터는 C/N, 수신 신호 레벨로서 수신 신호 레벨을 이용하여 수신 가능한 수신율을 산정한다. 또한, 수신 전력에 따라 수신 가능 영역을 표시하며, 파란색은 수신 양호, 노란색은 수신 불량이며, 붉은 색은 수신 불가 지역으로 구분한다.

표 2. 단일 사이트 측정 파라미터

Table 2. The measurement parameters for single site.

Single site 측정(울산분소)					
순번	Code rate	Burst size	FFT mode	Constellation	Guard Interval
1	2/3	512	2 k	16 QAM	1/8
2	2/3	512	2 k	QPSK	1/8
3	2/3	1024	2 k	16 QAM	1/8
4	2/3	1024	2 k	QPSK	1/8
5	1/2	512	2 k	16 QAM	1/8
6	1/2	512	2 k	QPSK	1/8
7	1/2	1024	2 k	16 QAM	1/8
8	1/2	1024	2 k	QPSK	1/8
9	2/3	512	8 k	16 QAM	1/8
10	2/3	512	8 k	QPSK	1/8
11	2/3	1024	8 k	16 QAM	1/8
12	2/3	1024	8 k	QPSK	1/8
13	1/2	512	8 k	16 QAM	1/8
14	1/2	512	8 k	QPSK	1/8
15	1/2	1024	8 k	16 QAM	1/8
16	1/2	1024	8 k	QPSK	1/8

표 3. SFN 측정 파라미터

Table 3. The measurement parameters for SFN.

SFN site 측정(울산분소)					
순서	Code rate	Burst duration	FFT mode	Constellation	Guard Interval
울산분소	1/2	1024	2 k	QPSK	1/8
울주청량	1/2	1024	2 k	QPSK	1/8
SFN지역	1/2	1024	2 k	QPSK	1/8
SFN지역	1/2	1024	2 k	QPSK	1/32

3-2-1 Single Site 측정 분석

그림 5는 울산 분소 사이트로부터의 DVB 신호를 측정 한 시간별 차량 속도 및 수신 신호 레벨을 나타낸다. 차량 속도는 시속 80 km/h까지 도로 상황에 따라 변하며, 수신 신호 레벨은 FFT mode가 2 k, Code rate가 2/3, 버스트 크기가 512, 변조 방식을 16 QAM으로 설정한 다음 해당 시간에서 측정 기지국으로부터의 수신 신호 세기를 뜻한다.

그림 6은 그림 5의 수신 전력 레벨을 이용한 수신

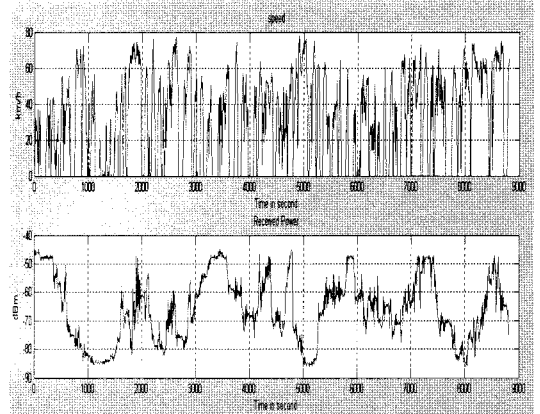


그림 5. 측정 시간별 측정 차량 속도 및 수신 신호 레벨

Fig. 5. The vehicle speed and received signal level with measuring time.

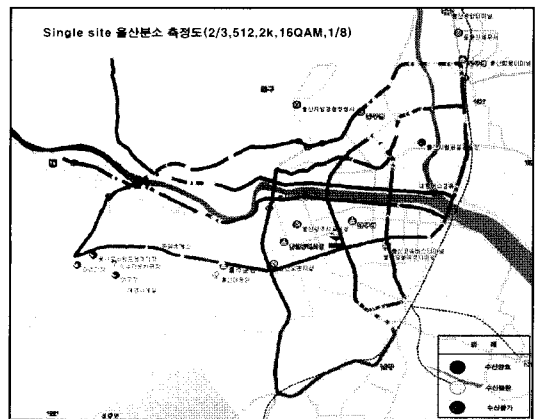


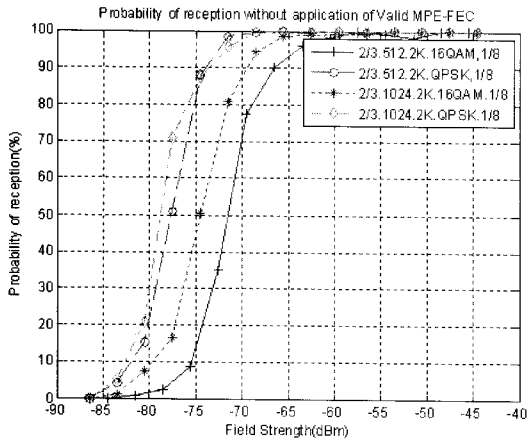
그림 6. 측정 환경에 따른 수신 신호 성능

Fig. 6. The received signal performance with measuring environment.

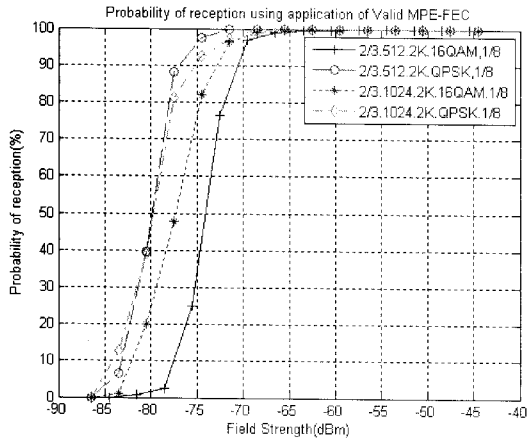
상태를 이용하여 측정 환경에 따라 표시한 결과로서 수신 양호 구간은 송신 사이트 주변 반경 약 2.5 km를 가지는 것을 볼 수 있다.

3-2-1-1 2 k FFT 모드

그림 7(a)와 (b)는 코드율이 2/3, FFT 모드가 2 k 이고, 보호 구간이 1/8일 때 MPE-FEC 미적용 신호의 수신율 측정 결과와 MPE-FEC를 적용한 신호에 대한 수신율 누적 분포를 나타낸다. 그림에서 QPSK 신호가 16 QAM 신호보다 낮은 신호 레벨에서 50 % 수신율에 도달하므로 우수하다고 할 수 있다. 특히 QP-



(a) MPE-FEC 미적용  
(a) Non-applying MPE-FEC



(b) MPE-FEC 적용  
(b) Applying MPE-FEC

그림 7. 변조 방식과 버스트 크기 변화에 따른 수신율 누적분포

Fig. 7. The CPD of receiving performance for the variation of modulation techniques and burst durations.

SK 변조 방식의 경우, 버스트 크기에 상관없이 유사한 수신율을 보였으며, 16 QAM에서는 1024의 버스트 크기일 때의 수신 신호가 우수한 수신율을 보인다.

MPE-FEC 미적용 신호 및 적용 신호의 50% 수신율에 대한 신호 레벨의 비교 결과를 표 4에 나타낸다. 표에서 전체적으로 코드율이 1/2인 경우가 2/3인 경우보다 약 3 dB 정도 우수한 수신율 특성을 보이고 있으며, 버스트 크기의 변화에 대해서는 변조 방식에 따라 서로 다른 결과가 나타나는 것을 볼 수 있

표 4. 50% 수신율일 때의 수신 신호 레벨

Table 4. The received signal level with the 50% reception probability(단위: dBm).

구분	Code rate	1024, QPSK	512, QPSK	1024, 16 QAM	512, QAM
MPE-FEC 미적용	2/3	-78.5	-77.5	-74.4	-71.6
	1/2	-81.1	-81.9	-75.7	-77.2
MPE-FEC 적용	2/3	-79.7	-79.8	-77.4	-74.1
	1/2	-82.1	-82.7	-78.5	-78.7

다. 또한 QPSK 수신 한계 레벨은 약 -95 dBm으로서 -90 dBm의 16 QAM보다 약 5 dB 낮게 나타났다.

### 3-2-1-2 8 k FFT 모드

그림 8(a)와 (b)는 코드율이 2/3, FFT 모드가 8 k일 때 MPE-FEC 미적용 신호의 수신율 측정 결과와 MPE-FEC를 적용한 신호의 수신율에 대한 누적 분포를 보여준다.

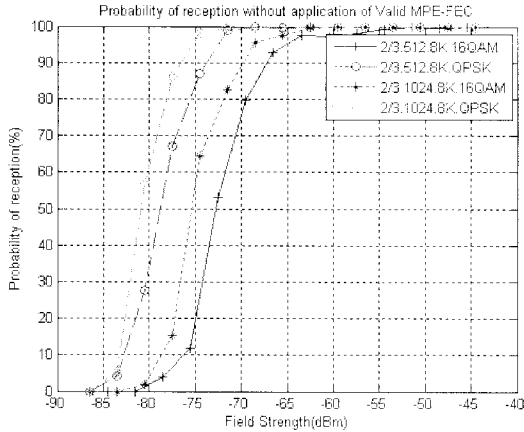
그림에서 MPE-FEC 기술을 적용한 신호가 미적용 신호에 비해 FFT 모드가 8 k인 경우에도 QPSK 변조 방식이 16 QAM보다 우수하나 2 k 모드와 달리 두 변조 방식에 대해 코드율이 1024인 경우가 512인 경우보다 약 3 dB의 성능 개선 효과를 가지는 것을 볼 수 있다.

8 k FFT 모드에 대해 MPE-FEC 미적용 신호 및 적용 신호에 따른 50% 수신율에 대한 신호 레벨을 비교하면 표 5와 같다. 표에서 1/2 코드율에 의한 신호 특성이 2/3 코드율에 비해 약 1 dB 정도의 수신 성능 개선 효과가 있었으며, 코드율이 1/2인 경우 MPE-FEC 미적용 신호와 적용 신호 사이에도 약 1 dB 정도 개선 효과가 있었다.

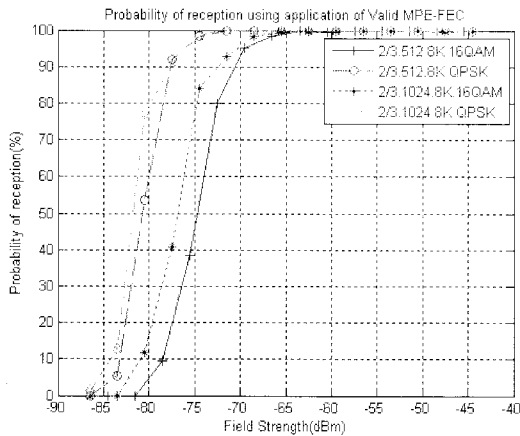
표 4와 5를 비교하면 2 k FFT 모드의 수신 신호가 8 k 모드에 의한 수신 신호보다 약 1~3 dB 정도 우수한 수신 성능을 볼 수 있다.

### 3-2-2 SFN 사이트 측정 분석

SFN 측정은 그림 3의 서비스 구역에 대하여 울산 분소와 울주 청량 기지국 등 2개 기지국 신호를 동시에 측정하였다. 측정은 동일한 방법으로 각 기지국에 대하여 각각 측정된 다음, SFN 측정을 위해 동



(a) MPE-FEC 미적용  
(a) Non-applying MPE-FEC



(b) MPE-FEC 적용  
(b) Applying MPE-FEC

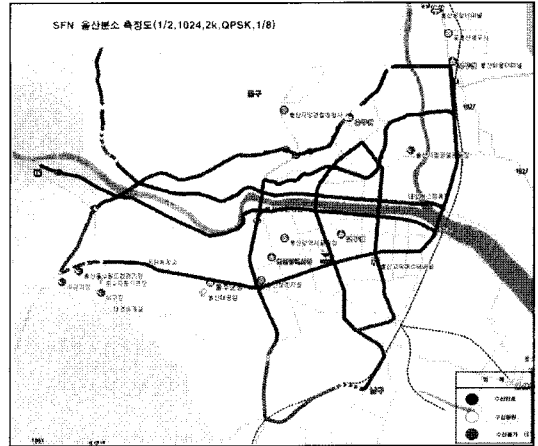
그림 8. 변조 방식과 버스트 크기 변화에 따른 수신율을 누적 분포

Fig. 8. The CPD of receiving performance for the variation of modulation techniques and burst durations.

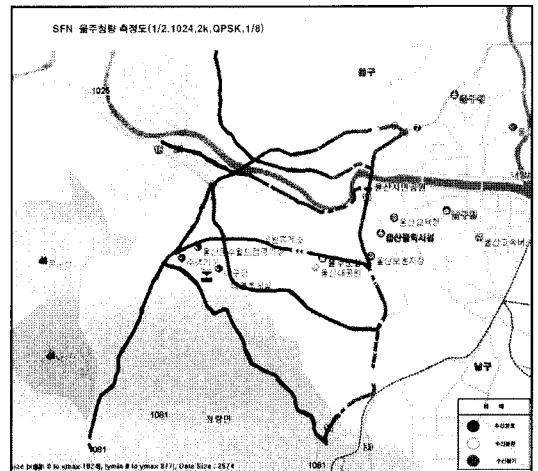
표 5. 50 % 수신율일 때의 수신 신호 레벨

Table 5. The received signal level with the 50 % reception probability(단위: dBm).

구분	Code rate	1024, QPSK	512, QPSK	1024, 16 QAM	512, QAM
MPE-FEC 미적용	2/3	-81.0	-78.7	-75.6	-72.9
	1/2	-81.7	-82.3	-83.2	-81.9
MPE-FEC 적용	2/3	-81.9	-80.8	-77.0	-74.7
	1/2	-82.3	-83.2	-80.6	-77.8



(a) 울산분소 사이트  
(a) Ulsan branch site



(b) 울주청량 사이트  
(b) Ulju chungrang site

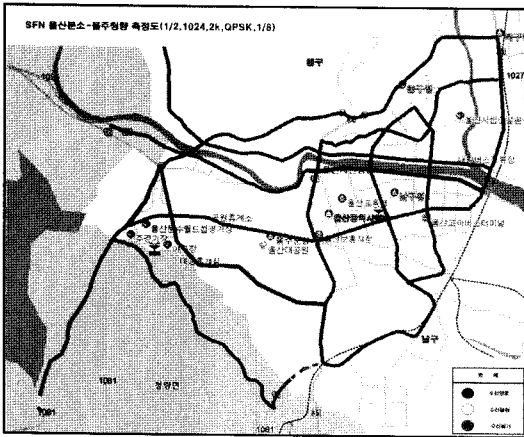
그림 9. 각 사이트 측정 결과(GI 1/8)

Fig. 9. The measured result from each site of two (GI 1/8).

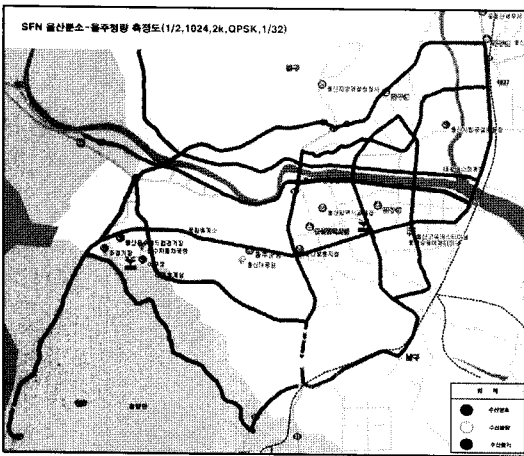
시에 2개 기지국으로부터의 신호를 수신하였으며, 보호 구간을 변화시키면서 각 수신 상태를 분석하였다. 측정 파라미터는 코드율이 1/2, 버스트 크기가 1024, FFT 모드는 2 k, 보호 구간은 1/8이며, 변조 방식은 QPSK로 설정하였다.

그림 9(a)와 (b)는 울산 분소 및 울주 청량 기지국 신호에 대한 신호 성능을 측정하여 지도에 표시한 결과로써 각 기지국의 서비스 영역에서 발생하는 음영 지역이 서로 다른 것을 볼 수 있다.

그림 10은 두 기지국으로부터의 신호를 동시에



(a) 1/8 보호구간  
(a) 1/8 guard interval

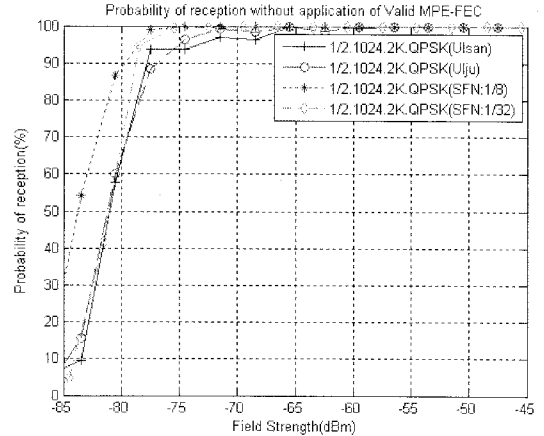


(b) 1/32 보호구간  
(b) 1/32 guard interval

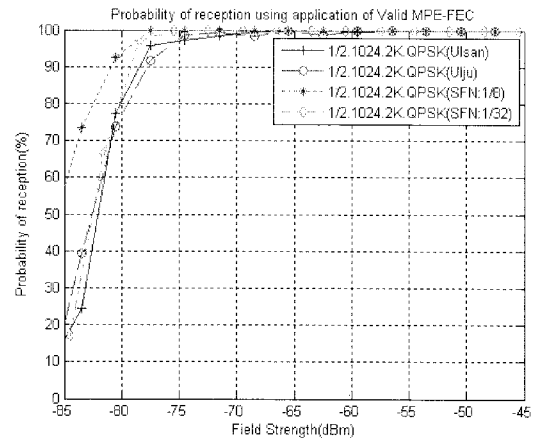
그림 10. 보호 구간에 따른 SFN 측정 결과  
Fig. 10. The SFN measured result for the guard intervals.

수신하는 SFN 측정 결과로서, 그림 10(a)는 보호 구간이 1/8일 때의 측정 결과이며, 그림 10(b)는 보호 구간이 1/32일 때의 측정 결과를 나타낸다. 그림 10(a)에서는 그림 9(a)와 (b)에서 울산 분소 및 울주 청량 사이트 각 기지국에서 발생하였던 전파 음영 지역이 해소되었으며 수신 양호 지역이 확대되었으나, 그림 10(b)에서는 그림 10(a)에 비해 넓은 지역에서 수신 불량 상태가 발생하는 것을 볼 수 있다.

그림 11은 그림 10과 같이 코드율이 1/2, 버스트 크기가 1024, FFT 모드는 2 k 및 변조 방식은 QPSK로 설정한 상태에서 보호 구간을 1/8 및 1/32로 두고



(a) MPE-FEC 미적용  
(a) Non-applying MPE-FEC



(b) MPE-FEC 적용  
(b) Applying MPE-FEC

그림 11. 보호 구간에 따른 SFN 수신율 누적 분포  
Fig. 11. The CPD of SFN receiving performance for the guard intervals.

수신 성능을 분석한 결과를 나타낸다. 단일 사이트 측정 결과와 SFN 신호의 측정 결과를 비교하면 보호 구간이 1/8일 때의 SFN 수신 성능이 단일 사이트로부터의 신호와 보호 구간이 1/32일 때의 SFN 신호에 비해 우수한 특성을 보이고 있다. 즉, 최대 거리가 11.2 km인 1/8 보호 구간에 의한 수신 신호는 SFN 성능 개선 효과를 얻을 수 있지만, 최대 거리가 2.8 km인 1/32 보호 구간은 측정 사이트 간격인 5.8 km보다 작아 SFN에 의한 성능 개선 효과를 얻을 수 없었으며, 그림 10(b)에서 확인 가능하다.

MPE-FEC 미적용 신호 및 적용 신호에 대하여 보

표 6. 50 % 수신율일 때의 수신 신호 레벨  
Table 6. The received signal level with the 50 % reception probability(단위: dBm).

구분	울산 분소	울주 청량	SFN (1/8)	SFN (1/32)
MPE-FEC 미적용	-81.2	-81.4	-83.8	-81.2
MPE-FEC 적용	-82.2	-82.7	-86.1	-82.7

호 구간에 따른 50 % 수신율에 대한 신호 레벨을 비교하면 표 6과 같다. 표 6에서 보호 구간이 1/8에 의한 수신 신호 레벨은 1/32인 경우보다 50 % 수신율이 약 3 dB 정도 낮게 나타났으며, 단일 사이트 측정 결과보다 우수한 수신 성능을 볼 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 주파수 효율성을 높이기 위해서 전 영역을 단일 주파수 대역으로 관할하는 단일 주파수망의 구현에 사용되는 DVB-H 기술의 수신 성능을 평가하기 위하여 이동 전파 환경 및 SFN 지역에서 다양한 파라미터에 따른 수신 성능을 측정하였으며, 단일 주파수망의 수신 성능 개선 효과를 측정하고 분석하였다. 측정은 MPE-FEC 적용 및 미적용 신호에 대하여 단일 사이트에서의 수신 성능과 두 개의 사이트 신호를 동시에 측정하는 SFN 측정을 수행하였다.

단일 사이트에서 측정 파라미터에 의한 수신 성능 측정 결과, 변조 방식 16 QAM과 QPSK 중에서 QPSK 방식의 수신율이 5 dB 이상의 이득이 있으며, 1/2 코드율이 2/3 코드율에 비해 약 3 dB 우수한 수

신율을 가졌다. FFT mode에 따른 이동수신시 2 k mode가 8 k mode 보다 수신율이 우수하였으며, 버스트 크기에 따른 수신율은 변조 방식에 따라 다른 특성을 보였다. SFN을 위한 최대 거리를 만족시키지 못하는 1/32 보호 구간에 의한 SFN 신호의 수신율은 단일 사이트에 의한 수신율과 유사하였으며, 1/8 보호 구간을 가진 SFN 수신 신호에 비해 약 3 dB 낮은 수신율을 가졌다.

본 논문의 결과는 지상과 휴대 방송 서비스의 성능 개선과 방송 품질 향상에 기여할 뿐 아니라, 향후 통신·방송 융합 시대에 적용 가능한 장비 기술 개발에도 활용 가능할 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] ETSI TR 102 377, *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines*, V1.2.1, Nov. 2005.
- [2] DVB-H VTF, *Instinct, Final Report*, Jan. 2005.
- [3] 한국전자통신연구원, DVB-H 수신성능 검증 방법에 관한 연구, 최종 연구보고서, 2005년 11월.
- [4] ETSI EN 302 304, *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals(DVB-H)*, V1.1.1, Nov. 2004.
- [5] ETSI TR 102 401, *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission to Handheld Terminals(DVB-H); Validation Task Force Report*, V1.1.1, May 2005
- [6] ETSI TS 101 191, *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB Mega-Frame for Signal Frequency Network(SFN) Synchronization*, V1.4.1, Jun. 2004.

#### 송 기 홍



1988년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1990년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)

2000년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학박사)

1998년 3월~현재: 동의과학대학

정보통신과 부교수

[주 관심분야] 전파채널모델, 무선망설계, 이동통신 시스템 설계