

DVB-H 수신 성능 검증을 위한 측정에 관한 연구

A study on the measurement for verification of the reception performance of DVB-H

전상현

(광운대학교 전자공학과 석사과정)

김중헌

(광운대학교 전자공학과 정교수)

Key Words : DVB-H, 이동멀티미디어 방송

목 차

I. 서 론

II. DVB-H Lab. 테스트 시험 환경 및 시험 항목

III. MPE-FEC 부호율 영향

IV. Absolute burst duration 영향

V. 전송모드의 영향

VI. 결 론

I. 서 론

방송통신 서비스는 본격적인 디지털화, 다채널화, 광대역화, 고품질화의 시대를 맞이하고 있으며, 집 밖에서의 TV 방송 시청에 대한 소비자들의 요구가 크게 증가함에 따라, 휴대 및 이동 수신을 위한 이동멀티미디어 방송시스템의 개발에 대한 많은 연구가 수행되고 있다.

현재 지상파 이동멀티미디어 방송 시스템의 표준은 크게 WorldDAB 를 중심으로 한 T-DMB, DVB 를 중심으로 한 DVB-H, 그리고 Qualcomm 을 중심으로 한 MediaFLO 등으로 나뉘어져 세계적으로 매우 활발하게 연구 및 서비스가 추진 중이다.

그 중 유럽의 DVB-H 는 DTV 규격인 DVB-T 의 이동수신을 위하여 개발된 이동멀티미디어 방송시스템으로써, 휴대폰이나 휴대용 영상기기 등의 저전력, 이동성, 그리고 휴대성 등을 고려하여 따로 마련된 DVB 의 한 종류이다. 현재 우리나라는 이동수신규격으로 지상파 DMB 를 채택하여 서비스에 들어갔으나 DVB-H 를 병행하자는 의견이 있어서 병행여부가 쟁점화 되고 있는 실정이다. 그러나 우리나라에서는 아직까지 DVB-H 의 기술개발이 상대적으로 지상파 DMB 에 비해 부족한 상태이고, 또한 이에 대한 자체적인 타당성 평가가 전무한 상태이다.

본 논문에서는 이동멀티미디어 시스템으로서의 DVB-H 시스템 수신 성능 검증을 위해 MPE-FEC 부호율 및 Absolute burst duration 그리고 전송모드 3가지 항목들을 도출하여 각 항목이 끼치는 영향을 C/N 대 Doppler 곡선을 측정하여 그 성능을 검증해 보았다.

본 논문의 II장에서는 DVB-H Lab. 테스트를 위한 시험 환경 및 시험 항목에 대해 설명하고, III,IV,V 장에서는 각 항목에 대한 시험 측정 결과들을 나타내었다.

II. DVB-H Lab. 테스트 시험 환경 및 시험 항목

DVB-H Lab. 테스트를 위해서 크게 소스부, 전송부, 채널부, 수신부의 테스트 환경을 구현하였다. 소스부에서는 IP 스트림 소스를 사용하였고, MEP-FEC code rate 와 Burst duration을 설정 할 수 있도록 하였다. 전송부에서는 중심주파수 497 MHz 에 채널대역폭은 국내 방송 주파수 대역인 6 MHz를 사용하였으며, FFT 8k와 2k의 전송모드를 사용할 수 있도록 설정 하였다. 또한 컨벌루션 코드레이트(컨스텔레이션) 1/2(QPSK), 2/3(16QAM) 두 방식을 사용할 수 있도록 하였다. 채널부에서는 표 1과 같은 전파채널 환경을 설정하였으며, 각 채널 시뮬레이터의 채널 프로파일은 표 2부터 표 4와 같이 설정하였다.

<표 1> 전파채널 환경

전파 채널 환경	채널 시뮬레이터
고정 실외 환경	Rician (with 6-Tap)
고정 실내 환경	Rayleigh (with 6-Tap)
휴대 실내 환경	TU-6 (fd<10 Hz)
이동 실외 환경	TU-6 (fd>10 Hz)

<표 2> Rician 채널 프로파일(고정 실외 환경)

Tap number	Delay(s)	Amplitude	Level(dB)	Phase(rad)
1	0	1	0	0
2	0.475	0.146	-16.71	0.363
3	0.645	0.119	-18.49	2.739
4	1.933	0.117	-18.64	-0.156
5	2.754	0.089	-21.01	-2.239
6	3.216	0.103	-19.74	-0.103

<표 3> Rayleigh 채널 프로파일(고정 실내 환경)

Tap number	Delay(s)	Amplitude	Level(dB)	Phase(rad)
1	0.050	0.360	-8.87	-2.875
2	0.479	1	0.00	0
3	0.621	0.787	-2.08	2.182
4	1.907	0.587	-4.63	-0.460
5	2.764	0.482	-6.34	-2.616
6	3.193	0.451	-6.92	-2.863

<표 4> TU-6 채널 프로파일(전형적인 도심 환경)

Tap number	Delay(s)	Power(dB)	Doppler Spectrum
1	0.0	-3	Rayleigh
2	0.2	0	Rayleigh
3	0.5	-2	Rayleigh
4	1.6	-6	Rayleigh
5	2.3	-8	Rayleigh
6	5.0	-10	Rayleigh

수신부에서는 DVB-T/H 수신기, DVB-T/H 컨스틸레이션 분석기, 스펙트럼 분석기, MPEG2-TS 분석기등을 사용하여 그 성능을 분석 할 수 있도록 하였다.

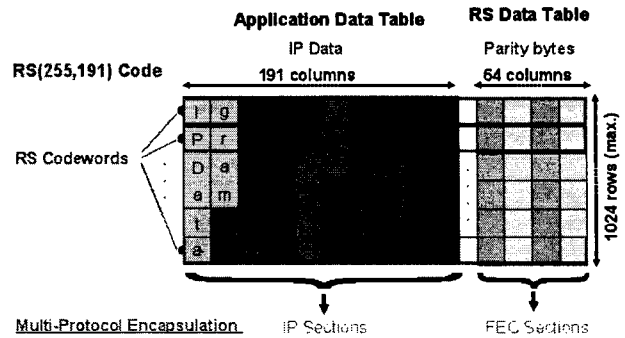
MPE-FEC 를 사용하는 DVB-H service 의 적절함과 부적 절함을 판정하기위해서 MPE Frame Error Ratio(MFER) 을 사용하여 측정을 실시하였다. MFER 은 식(1)과 같이 수신된 전체 프레임에서 정정 후에도 에러가 존재하는 프레임 수의 비율을 나타낸다.

$$MPE-FER(\%) = \frac{\text{Number of residual erroneous frames}}{\text{Number of received frames}} \times 100 \quad (1)$$

본 논문에서는 수신된 100개의 프레임 중에서 5개의 프레임이 정정 후에도 에러가 있음을 나타내는 MFER = 5 %를 만족하는 값으로 판정기준을 정의하여 측정하였다.

III. MPE-FEC 부호율 영향

IP 데이터 형태로 된 DVB-H A/V 데이터는 Multi-Protocol Encapsulation(MPE) 이라는 DVB 데이터방송 사양에 정의된 Adaptation 프로토콜을 통해 MPEG-2 Transport Stream 에 포함된다. 이때 이동채널 상에서의 패킷 에러에 대응하기 위해 MPE 섹션 레벨에서 약 25 %의 Overhead 를 갖는 Reed-Solomon(RS) Forward Error Correction(FEC) 부호화가 추가될 수 있다.[1] 그림 1은 부호율 값이 1/2인 MPE-FEC 의 구조를 나타낸다.



<그림 1> MPE-FEC 프레임 구조

그림 1의 MPE-FEC 프레임에서 데이터부는 각각의 데이터그램을 첫 번째 열부터 일정한 크기만큼 수직으로 차례로 채운 후 다음 열로 계속하는 순서로 데이터를 채워나간다. 만약, 보내려는 데이터가 191개의 열을 모두 채우지 못하는 경우에는 데이터가 끝난 직후부터 해당열의 마지막까지 패딩을 하고, 나머지 열들도 모두 패딩한다. 이때, 열전체가 패딩 데이터로 채워진 열의 개수는 별도로 전송되므로 실제 전송시에는 패딩된 열들은 전송하지 않게 된다.

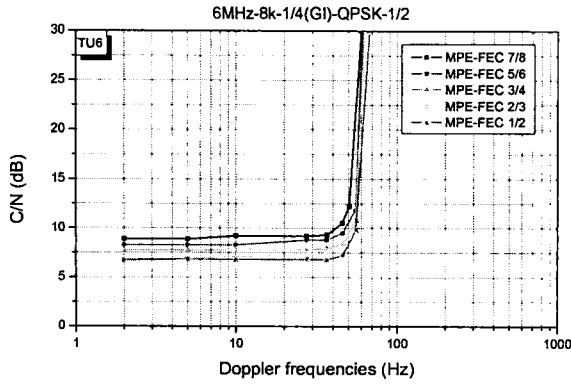
RS 데이터부(FEC 데이터부)는 MPE 데이터부의 191열 각 행에 대하여 RS(255,191) 코딩을 하여 64 byte 로 RS 코드를 생성한 후 FEC 데이터부에 열의 방향으로 전송하여 MPE-FEC 프레임 구조를 구성한다. 이때 FEC 데이터부의 우측 하위 열들은 필요시 평처리 시켜서 전송하지 않게 된다.

MPE-FEC에서 열 방향으로 채워진 MPE 데이터부에 대해, 191열의 각 행에 대하여 RS(255,191) 코딩을 한후, 열의 방향으로 전송하게 되므로, Virtual interleaving 의 효과를 갖게 된다.

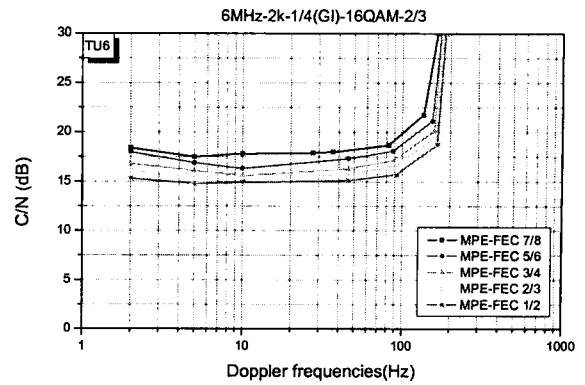
MPE-FEC 프레임의 데이터들은 패딩 및 평처리 된 열의 수를 변화시키면서 표 5와 같은 값으로 부호율을 조정하는 것이 가능하다. 부호율 값들은 다양한 전송 포맷을 사용할 때 MPE-FEC 의 이득을 정확하게 정의하는 것을 목적으로 한다. 본 논문에서는 표 5와 같은 다양한 부호율 값들에 대하여 FFT 8k, 2k 전송모드를 각각의 QPSK와 16QAM으로 Modulation 한 4가지 경우에 대하여, Doppler frequencies 의 변화에 따른 Receiver 가 수신 가능한 C/N 측정하였으며, 그 결과 그림 2부터 그림 5 까지 4개의 결과를 얻었다.

<표 5> 부호율과 MPE-FEC의 데이터 열

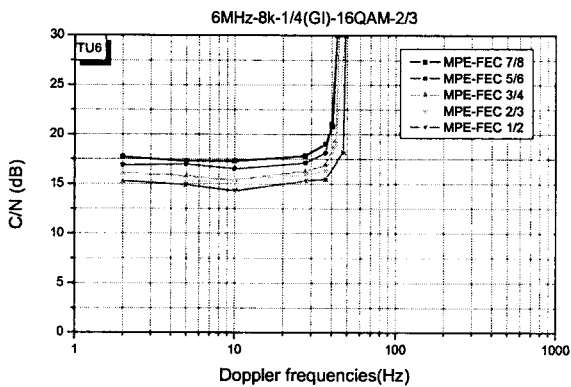
부호율	(n,k)	비 고
1/2	(128,64)	MPE-DATA = 64열, MPE-FEC = 64열
2/3	(192,128)	MPE-DATA = 128열, MPE-FEC = 64열
3/4	(255,191)	MPE-DATA = 191열, MPE-FEC = 64열
5/6	(228,190)	MPE-DATA = 190열, MPE-FEC = 38열
7/8	(216,189)	MPE-DATA = 189열, MPE-FEC = 27열



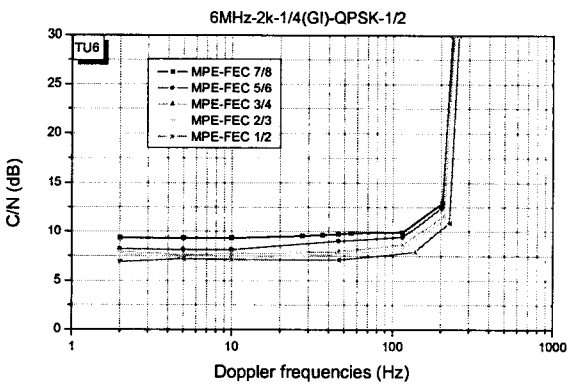
<그림 2> MPE-FEC 부호율 측정 결과 (QPSK, 8k, 1/4(GI), 1/2(CR), 6 MHz)



<그림 5> MPE-FEC 부호율 측정 결과 (16QAM, 2k, 1/4(GI), 2/3(CR), 6 MHz)



<그림 3> MPE-FEC 부호율 측정 결과 (16QAM, 8k, 1/4(GI), 2/3(CR), 6 MHz)



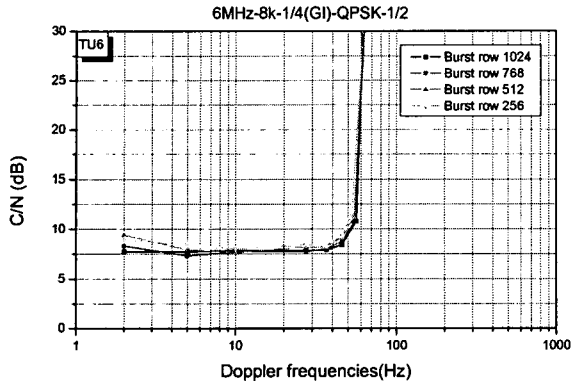
<그림 4> MPE-FEC 부호율 측정 결과 (QPSK, 2k, 1/4(GI), 1/2(CR), 6 MHz)

그림 2부터 그림 5까지에서 C/N의 이득이 Doppler frequency(f_d) 10 Hz 이하의 보행상황에서 점차로 개선되어지며, 이를 통해 f_d 의 증가에 따라 점차로 Virtual time interleaver의 영향이 일어난다는 것을 확인할 수 있다. 또한 이동 상황에서는, C/N 이득이 가장 낮은 coding rate 7/8에서부터 가장 큰 coding rate 1/2까지 비례적으로 증가하며, 모든 coding rate에 대하여, 최대속도 범위까지 우수한 C/N 이득을 유지함을 확인할 수 있다.

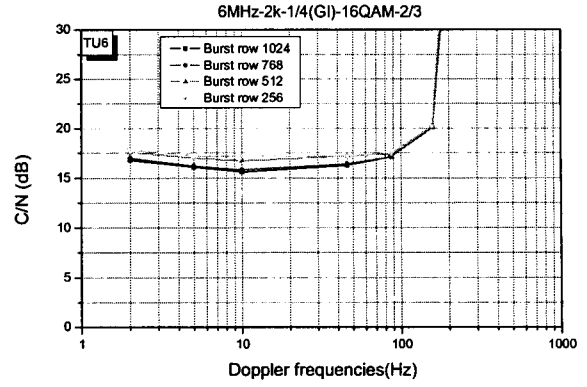
IV. Absolute burst duration 영향

DVB-H 표준의 MPE-FEC에 의한 보호는 어떠한 interleave 없이 전송되어지는 MPE 데이터부와 FEC 데이터부의 "Virtual" time interleave를 포함한다. "Virtual" time interleave의 효율은 이동채널이 시간에 따라 변화하는 Channel propagation profile에 의해서 특징지어지는 것처럼, Absolute burst duration에 직접적으로 연관된다.[2]

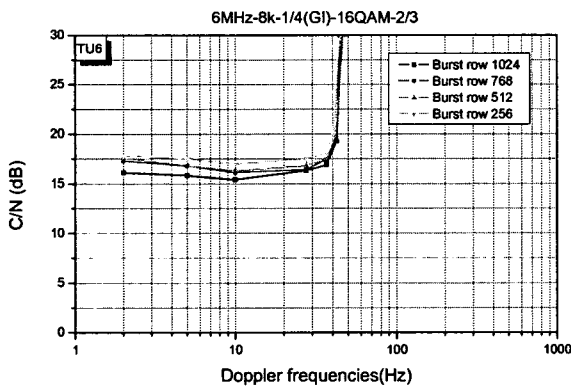
"Max_Burst_Duration"를 고려하면, 어떠한 Burst duration에 대해서라도 주어진 MPE-FEC 부호율을 유지하는 MPE 데이터부와 FEC 데이터부의 다양한 열의수가 제안될 수 있다. 본 논문에서는 앞선 측정방식과 같이 FFT 8k, 2k 전송모드를 각각의 QPSK와 16QAM으로 modulation한 4가지 경우에 대하여, Burst 1/4(256열), 1/2(512열), 3/4(768열), 1/1(1024열)의 4가지 값에 대해 Receive가 수신 가능한 C/N을 측정하였으며, 그 결과는 그림 6부터 그림 9까지에 나타났다.



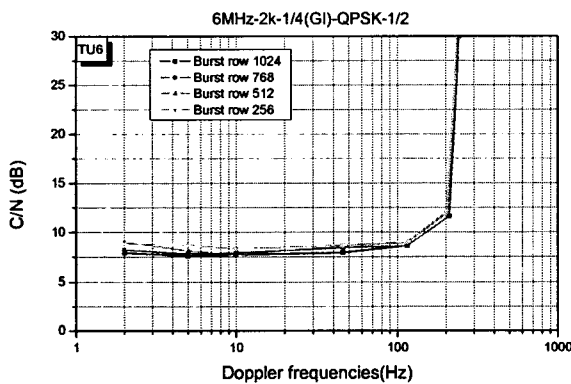
<그림 6> Burst duration 측정 결과 (MPE-FEC 3/4, QPSK, 8k, 1/4(GI), 1/2(CR), 6 MHz)



<그림 9> Burst duration 측정 결과 (MPE-FEC 3/4, 16QAM, 2k, 1/4(GI), 2/3(CR), 6 MHz)



<그림 7> Burst duration 측정 결과 (MPE-FEC 3/4, 16QAM, 8k, 1/4(GI), 2/3(CR), 6 MHz)



<그림 8> Burst duration 측정 결과 (MPE-FEC 3/4, QPSK, 2k, 1/4(GI), 1/2(CR), 6 MHz)

위의 그림들에서 Doppler frequency(f_d) 10 Hz 이하의 보행 상황인 경우에 대하여 Receiver 는 전체적으로 Channel fading 으로부터 나타나는 불이익을 얻게 됨을 확인할 수 있다.

MPE-FEC Virtual time interleaver 는 Channel fading에 대항하기위해 Service 되는 Burst content 에 대하여 잃어버린 데이터를 확산하고, RS 정정능력을 사용하여 Receiver의 수신율을 향상시키게 된다. 그러나 이런 훌륭한 효과는 Burst duration 이 Channel fading duration 에 대하여 충분히 길 때만 얻어질 수 있다. 즉, 효과적으로 구현된 MPE-FEC 의 Virtual time interleave 는 channel 의 시간에 대한 변화와 관련하여 Burst 지속기간이 충분히 길 때 훌륭한 Channel flat fading smoothing 을 제공하게 됨을 확인할 수 있다.

V. 전송모드의 영향

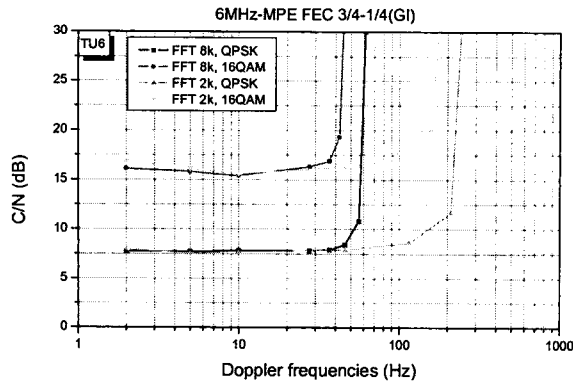
DVB-H 에서는 DVB-T 표준을 확장하여 2k, 4k, 8k Sub-carrier 를 포함하는 3개의 송신모드를 사용하도록 허용한다. [3] 이런 3개의 모드는 엄격하게 동일 Bit rate 범위로 방송하도록 허용하지만, 주파수 다중분할의(OFDM) 직교구조로 인하여, Inter-carrier spacing (즉, Doppler resilience)와 Guard Interval duration(즉, Maximum echo delay 와 그 후의 Maximum transmission cell size)사이의 3개의 Trade-off 를 제공한다.[4] 본 논문에서 4k 모드는 2k와 8k 모드의 중간 특성을 가질 것이라는 전제하에 2k와 8k 두 가지 모드의 전송을 조사하였다.

감사의 글

"본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음"(IITA-2005-(C1090-0603-0041))

참고문헌

1. ETSI EN 301 192 : "Digital Video Broadcasting(DVB); DVB specification for data broadcasting".(DVB- DATA)
2. ETSI TR 102 377 : "Digital Video Broadcasting(DVB); DVB-H Implementation Guidelines"
3. ETSI EN 302 304 : "Digital Video Broadcasting(DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)"
4. ETSI EN 300 744 : "Digital Video Broadcasting(DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television



<그림 10> 전송모드 측정 결과 (FEC 3/4, 1/4(GI), 2/3(CR), 6 MHz)

그림 10에서 전송모드가 무엇이든지 간에 MPE-FEC 에 의해서 제공된 C/N 이득과 Doppler 의 수용 이득이 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 더욱이 최대 속도는 구현된 Inter-carrier spacing 과 엄격한 관계를 유지함을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 휴대 및 이동 수신을 위한 이동멀티미디어 방송 시스템 중 DVB-H 시스템에 대해서 그 수신 성능을 검증해 보기 위해서, 3가지 항목을 도출하여 그 성능을 측정 및 분석해 보았다.

DVB-H는 정지 또는 보행 상황 등에서 이동속도가 점차 증가 할수록 MPE-FEC의 Virtual time interleave로 인해 우수한 성능을 발휘하며 부호율의 Coding rate이 증가 할수록 성능이 떨어남을 보여 주었다. 또한 최대속도 범위까지 우수한 C/N의 이득을 유지한다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이러한 Virtual time interleave의 우수한 성능은 Burst duration이 Channel fading duration에 대해서 충분히 길 때 그 성능을 제대로 발휘할 수 있음도 보여주었다.

마지막으로 FFT 2k, 8k 전송모드의 실험을 통하여, 고속 이동중인 DVB-H의 서비스의 수신 성능에 대해서도 검증하였으며, 이때의 최대 속도는 Inter-carrier spacing과 엄격한 관계를 유지한다는 것을 확인할 수 있었다.