
M/W대역 디지털 방송중계용 FPU 무선전송 시스템 분석과 시뮬레이터 설계

강희조* , 조성언** , 최용석***

Analysis and Simulator Design of Portable Microwave Digital FPU Transmission System

Heau-Jo Kang* Sung-Eon Cho** Yong-Seok Choi***

요 약

본 논문에서는 M/W 디지털 방송중계용 주파수의 공유방안에 관한 연구의 기초단계로서 AWGN 채널 환경에서 M/W 디지털 방송중계용 FPU(Field Pick Up) 무선전송 시스템 규격 및 특성을 분석하고 시뮬레이터 설계를 통하여 시스템 성능을 분석하였다. 국내 방송 중계용의 경우 디지털화 진행이 추진되고 있는바 향후 M/W 방송중계용 주파수 재배치를 위한 간섭평가 및 국내 방송중계용 표준화에 대한 기초 자료로 활용하고자 한다.

ABSTRACT

In this paper, we analyzed standard and characteristic of portable microwave digital FPU(Field Pick Up) transmission system in AWGN channel environment as basis step of research about share way of M/W broadcasting relay frequency. And we analyzed system performance through simulator design. Domestic case, digitize progress about broadcasting relay is propeled. Therefore, we wish to utilize to basis data about interference evaluation and domestic broadcasting relay standardization for reassignment of M/W band broadcasting relay frequency.

키워드

Microwave band, FPU

* 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부
***전자통신연구원 전파방송기술연구소

** 순천대학교 정보통신공학부
접수일자 2003. 2. 24.

1. 서론

최근 M/W 주파수 대역은 3~40 GHz까지 이용되고 있으나 주로 3~11 GHz에 밀집되어 운용 중에 있다. 향후 새로운 이동통신 주파수 대역으로 전파전파 특성상 6 GHz 이하 대역이 부각되고 있어 이동통신용 주파수 대역을 확보하기 위해서는 기존의 서비스 채널을 재배치하는 것이 필수적인 사항이다. 따라서, 3~6 GHz의 M/W 주파수 대역은 국가 무선통신망 진화에 있어 핵심자원으로 등장하고 있다. 근래까지 광통신망의 활성화에 따라 M/W 장거리 중계용 주파수 대역은 대다수 이동통신 기지국과 방송중계 등 소용량 회선급 위주로 공급되고 있다. 그러나, M/W 주파수는 3~40 GHz 대역에 걸쳐 이용되고 있고 수요기관은 3~11 GHz 대역을 선호하고 있기 때문에 이동통신과 인터넷의 활성화에 따라 무선가입자 접속망, 제4세대 이동통신 등으로 주파수 이용계획의 대대적인 개편이 요구되고 있는 실정이다[1]-[3].

현재 지정된 M/W 중계용 주파수는 통신중계용의 경우 전량 대용량 회선 위주로 대역폭이 넓게(30/40 MHz) 할당되어 있어 최근 수요가 증대되고 있는 소용량 회선위주의 채널 대역의 효율적 이용에 장애 요소가 되고 있다. 또한, 방송 중계용의 경우 디지털화 진행이 추진되고 있는바 이에 대비한 소요 주파수 채널수와 최적 대역폭 분석을 통해 통신과 방송중계용 주파수의 공유방안과 표준화 등 국내 산업체에 사전 제시함으로써, 향후 도래할 이전 재배치 수요에 적극 대처할 필요가 있다[4]. 따라서, 본 논문에서는 M/W 방송중계용 주파수의 공유방안에 관한 연구의 기초단계로서 일본 ARIB(전파산업회)에서 제정한 M/W 방송중계용의 디지털 FPU 무선전송 시스템 모델[5]을 이용하여 시스템 규격 및 특성을 분석하고 시뮬레이터 설계를 통하여 시스템 성능을 검증하였다. 향후에는 M/W 주파수 재배치를 위한 간섭평가 및 국내 방송중계용 표준화에 대한 기초 자료로 활용하고자 한다.

II. 디지털 방송중계용 FPU 무선전송 시스템 표준 규격[5],[6]

본 장에서는 M/W대역의 주파수를 이용한 서비스 중의 하나인 이동통신용 중계방송 시스템에 대해 나타낸다. 텔레비전 방송프로그램소재전송용으로 가변형 M/W 디지털 FPU 무선전송시스템의 송·수신부에 대한 구조 및 세부 표준 규격에 대해 설명한다[5],[6]. 그림 1은 디지털 FPU 송·수신 접속형태의 블록도로 나타냈다.

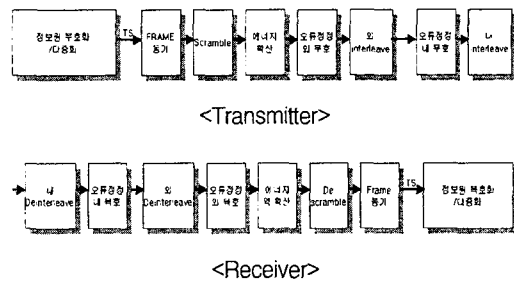


그림 1. 디지털 FPU 송·수신 접속형태
Fig 1. Block diagram of digital FPU transceiver

본 규격은 아날로그 시스템 FPU와의 혼재운용기간을 전제로 하고 있어서 디지털 시스템만으로도 운용되는 별도로 규정한다. 표준규격이 적용되는 디지털 FPU 무선전송시스템의 주파수대 및 채널 간격을 표 1에 나타내었다[5].

표 1. 표준 규격이 적용되는 디지털 FPU 무선전송 시스템의 주파수 대 및 채널 간격
Table 1. Frequency band and channel interval of FPU link system

주파수대의호칭	주파수대	채널간격
B밴드	5,850MHz~5,925MHz	18MHz
C밴드	6,425MHz~6,570MHz	
D밴드	6,870MHz~7,125MHz	
E밴드	10.25GHz~10.45GHz	
F밴드	10.55GHz~10.68GHz	
G밴드	10.95GHz~13.25GHz	

M/W 디지털 FPU 무선전송시스템의 변조방식은 QPSK 및 QAM을 고려해야 되며 각 변조방식의 최대 전송 bit rate는 표 2에서 나타냈다.

표 2. 변조방식과 최대전송 bit rate
Table 2. Modulation form and maximum transmission bit rate

변조방식	최대전송비트율
QPSK	27Mbit/s
16QAM	54Mbit/s
32QAM	67.5Mbit/s
64QAM	81Mbit/s

M/W 디지털 FPU 무선전송시스템의 송신주파수 허용 편차는 20×10^{-6} 이하로 하여야 하며 송신공중선 전력은 0.5W이하로 한다. 단, 인접 채널에서 아날로그 회선이 사용되고 있지 않는 것을 확인할 수 있는 기존 아날로그 회선과의 사이에서의 간섭 등의 문제가 없는 경우에는 1.5W이하로 한다. 또, 10.6~10.68GHz의 주파수대에 대해서는 0.5W로 한다. Spurious 발사강도의 허용치는 100 μ W이하로 적용하고 있다.

Side lobe 특성은 그림 2에 나타냈으며 최대 심률률은 13.5M symbol/s이하로 하며 롤오프율은 송신 평방근 배분으로 0.3이하로 한다. 또한 점유주파수 대폭은 15.5MHz이하로 한다.

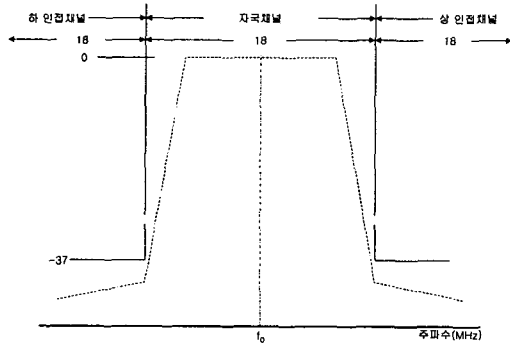


그림 2. Side lobe 특성
Fig 2. Characteristics of Side lobe

송신 공중선은 기존 FPU에 준하며 편파면은 직선편파(수직/수평)이외, 원편파(우선/좌선)도 사용 가능하다. 64QAM방식의 내부호(컨벌루션 3/4) 복호계의 bit 오류율 10^{-4} 을 만족하는 소요 C/N은 이론치 18dB에 송·수신장치의 고정 열화 4dB를 더해 22dB로 한다. 또한

C/N 배분은 열에 48%, 왜곡에 2%, 간섭에 50%로 한다.

회선 설계에 있어서 FPU는 고정적인 운용을 하지 않기 때문에 전반로 조건과 기상조건은 사용형태에 따라 여러 가지로 변화한다. 이로 인해 회선 설정 때마다 페이딩 마진 등을 고려한 회선설계를 행할 수 없다. 또한 디지털 방식에 있어서도 아날로그방식과 같이 표준적인 회선설계에 있어서 15dB의 전송 마진을 정해 공중선 전력으로 하고 운용에 있어서 실제의 전송로의 상황에 맞춰서 공중선 전력을 감소시키는 등 적절한 수신입력을 확보하는 것으로 한다.

주파수대마다 표준적인 회선거리를 [표 4-3]과 같이 정해 회선설계를 행하고 주파수대마다 표준 수신 입력 등 소요파라미터를 결정한다. 또한 표준수신전력은 -61dBm로 하는 것이 바람직하다. 다음 표 3은 변조방식별 디지털 FPU 무선전송시스템의 기준 파라미터를 나타낸다.

표 3. 디지털 FPU 무선전송시스템 기준 파라미터
Table 3. Standard parameter of digital FPU

변조방식	QPSK	16QAM	32QAM	64QAM
항목				
전송대역폭	15.5MHz 이하 (99%대역)			
심률률	13.35403MHz			
	30% 송신route 배분			
대역효율	2bit/symbol	4bit/symbol	5bit/symbol	6bit/symbol
최대 TS+RS 비트율	26.352Mbit/s	52.704Mbit/s	65.880Mbit/s	79.056Mbit/s
이론CNR (BER= 10^{-4})	12dB	19dB	22dB	25dB

디지털 FPU 무선전송시스템 변조신호의 블록구조를 그림 3에 나타냈고 접속 bit rate를 표 4 및 표 5에 규정한다. 또한, 59.648[MHz]와 44.736[MHz]에 이르는 상호접속 bit rate에 대해서는 매핑 외측의 물리층에 있어서 Stuffing 영역을 마련해서 대응할 수 있도록 해야 된다. TS(204byte 모드)의 접속 bit rate D는 다음에 의해 구한다.

$$D=C \times (B-P-S) / B \times \eta \times R \quad (1)$$

여기서,

D : TS(204byte 모드)의 접속 bit rate[Mbit/s]

C : Clock 주파수=12.25403[MHz]

B : 블록 길이=19200[symbol]

P : 참조신호길이=256[symbol]
 S : Stuffing길이=16×N[symbol](N:자연수)
 n: 대역효율= $\log_2(\text{변조 다치수})$ [bit/symbol]
 R : 오류정정 내부호의 부호화율

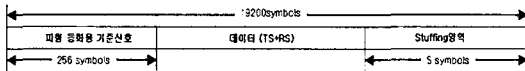


그림 3. 블록 구조
 Fig 3. Frame format

표 4. 접속 bit rate(최대 rate/SNG 호환모드)
 Table 4. Access bit rate(Max. rate/SNG dual mode)

대역효율 [bit/symbol]	변조방식 · 부호화율	TS+RS rate[Mbit/s]	stuffing S [symbols]
6	64QAM(내부없음)	79.056	0
5	64QAM(5/6 trellis) 또는 32QAM(내부없음)	65.880	0
		59.648	112×16
		44.736	380×16
		33.552	581×16
		29.824	648×16
4	32QAM(4/5 trellis) 또는 16QAM(내부없음)	22.368	782×16
		49.5435	71×16
		44.736	179×16
3	16QAM(3/4 trellis)	29.824	514×16
		36.85712	80×16
2	QPSK(내부없음)	33.552	179×16
		24.57142	80×16
		22.368	179×16

표 5. 접속 bit rate(64QAM Trellis 호환모드)
 Table 5. Access bit rate(64QAM Trellis dual mode)

대역효율 [bit/symbol]	변조방식 · 부호화율	TS+RS rate[Mbit/s]	stuffing S [symbols]
5	64QAM(5/6 trellis) 또는 32QAM(내부없음)	52.52585	240×16
		39.39439	476×16
		26.26293	712×16
		13.13146	948×16
4	32QAM(4/5 trellis) 또는 16QAM(내부없음)	52.52585	4×16
		39.39439	4×16
3	16QAM(3/4 trellis)	39.39439	4×16
2	QPSK(내부없음)	26.26293	4×16
1	QPSK(1/2 trellis)	13.13146	4×16

전송로의 상황 등에 의해 64QAM Trellis(대역효율 $\eta=5$)로 전송할 수 없는 경우 대역효율 $\eta \leq 4$ 로 해서 32QAM, 16QAM, QPSK에 의해 전송하는 것을 가정할 수 있다. 이것을 다시 다른 FPU와 TSL로 다단접속할 때, 특별한 rate 변환을 행하지 않고 통상 운용할 64QAM Trellis로 접속할 수 있는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 32QAM, 16QAM, QPSK의 Stuffing량을 $(5n-1) \times 16$ ($n=1,2,\dots$)로 할 필요가 있다.

TS+RS rate를 되도록 많이 잡기 위해 표 5에서는 필요량이 최저인 Stuffing량 4×16 ($n=1$)로 한 것을 언급한다.

파형등화용 기준신호의 다중방법을 표 6 및 그림 4에 규정한다. 또, 그림 5에 참조신호발생회로를 보인다. 파형등화용 기준신호의 선두가 올 때마다 참조신호발생회로에 초기값을 저장하는 것으로 한다. 또, 파형등화용 기준신호의 최후의 Q(Quadrature)펄스는 다른 신호가 BPSK이기 때문에 180°의 위상불확정이 있지만 이것을 확정하기 위한 심볼이다.

표 6. 파형등화용 기준신호표
 Table 6. table of waveform equalization standard signal

기준신호길이 L	심볼길이 B	기준신호 rate	기준신호 삽입주기	기준신호 점유율	정보전송 symbol rate	최대 전송 rate
256 symbols (19.17 μ s)	19200 symbols (1.438ms)	178.1kHz	695.5Hz (1.438ms)	1/75 (1.333%)	13.18 Mbaud	QPSK: 26.352Mbit/s 16QAM: 52.704Mbit/s 32QAM: 65.880Mbit/s 64QAM: 79.056Mbit/s

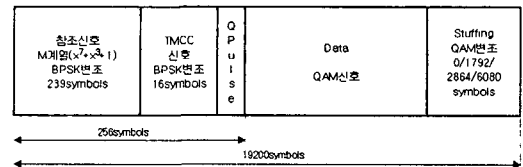


그림 4. 파형등화용 기준신호의 Format
 Fig 4. Format of waveform equalization standard signal

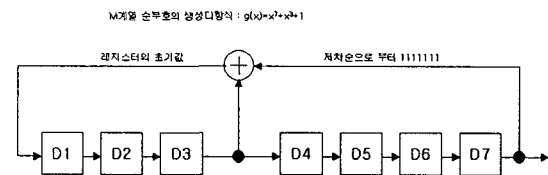


그림 5. 참조신호 발생회로
 Fig 5. Reference signal generation circuit

표 7에 파형등화용 신호의 QPSK, 16QAM, 32QAM에 있어서 Mapping 값을 보인다. 또한, 등화기준신호의 진폭은 평균진폭과 동일하게 한다. 단, 32QAM 및 64QAM의 경우, 평균진폭이 정확하기 위해서는 표의

Mapping 값이 각각 $\sqrt{(10/13)}$ 배(-1.14dB), $\sqrt{(21/25)}$ 배(-0.76dB)가 되지만 오차가 적다는 점과 회로구성의 간단화를 위해, 근사적으로 표 7의 값을 이용하는 것으로 한다.

표 7. 파형등화용 기준신호의 Mapping값

Table 7. Mapping of waveform equalization reference signal

변조방식	값	매핑값(I,Q)
QPSK	0	(+1, +1)
	1	(-1, -1)
	Q pulse	(-1, +1)
16QAM	0	(+3, +1)
	1	(-3, -1)
	Q pulse	(-1, +3)
32QAM	0	(+5, +1)
	1	(-5, -1)
	Q pulse	(-1, +5)
64QAM	0	(+7, +1)
	1	(-7, -1)
	Q pulse	(-1, +7)

QAM 방식 FPU 파형등화용 기준신호내의 전송측 반송모드표시·제어정보(TMCC : Transmission and Multiplexing Configuration Control)신호 16bit의 의미와 bit 배열을 표 8과 같이 규정한다.

Stuffing은 데이터 신호와 동일변조방식으로 에너지 확산에서 규정한 것과 동일 유사 랜덤신호(생성다항식 $X^{15} + X^{14} + 1$)를 이용하는 것으로 한다. 각 블록(19200 심볼로 구성)의 Stuffing이 개시되는 때마다 레지스터에 초기값 0000 0001 0101 001b를 저장하는 것으로 한다. 또한, 상기의 유사 랜덤신호에서 에너지 확산된 임의의 데이터를 Stuffing로서 사용하는 것도 가능하다. 임의의 데이터로서 TS 신호형식을 이용할 경우, 오류정정 및 Interleave는 영상·음성 TS 신호의 전송방식에 준하는 것으로 한다.

표 8. TMCC 신호의 정보 bit 배열
Table 8. Information bit arrangement of TMCC signal

bit	의미	부호(MSB First)
D15		
D14	변조방식	001: QPSK 001: 32QAM 000,101~111: 미정의 ^(*)
D13		
D12	오류정정	0: 있음(trellis 부호) 1: 없음
D11		
D10	bit rate ^(**) (Mbit/s)	0000: 사용금지 0001: 44.736 0010: 59.648 0011: bit rate① 0100: bit rate② 0101: bit rate③ 0110: bit rate④ 0111: bit rate⑤ 1000: bit rate⑥ 1001: bit rate⑦ 1010: bit rate⑧ 1011: bit rate⑨ 1100: bit rate⑩ 1101: bit rate⑪ 1110: bit rate⑫ 1111: 사용금지
D09		
D08		
D07	내	00: 없음 10: 있음(무정의) ^(**)
D06	인터리브	01: 있음(무정의) ^(**) 11: 길이 16 cell길이 73
D05	test mode	0: test mode ^(**) 1: 정상동작모드
D04	알람	0: 입력신호정상 1: 입력신호이상
D03		0: PS/FAN정상 1: PS/FAN이상
D02		
D01	미정의 ^(**)	
D00		

- ※ 1 : 이후 모드가 추가된 경우, 「미정의」 부분의 부호를 이용해서 규정한다.
- ※ 2 : 44.736Mbit/s, 59.648Mbit/s는 사용자간 공통의 bit rate로 한다. 다른 bit rate ①~⑫는 각 사용자마다 독자적으로 규정해서 운용할 수 있다.
- ※ 3 : ITU-T 0.151 준거 BER 측정용 PN 코드 $2^{23}-1$ 을 내부호의 앞단에 삽입

III 방송중계용 디지털 FPU 무선전송시스템 시뮬레이션 분석

본 장에서는 텔레비전 방송프로그램소재전송용으로 가변형 M/W대역 무선전송기기인 디지털 FPU 무선전송시스템을 Matlab 소프트웨어를 이용하여 AWGN 환경에서 시뮬레이터를 설계하고 시뮬레이션 한 결과를 분석한다.

그림 6은 FPU 디지털 무선전송 시스템에 대한 시뮬레이션 블록도이다. 본 장에서는 AWGN 환경에서 변조방식 및 전송율에 따른 신호의 성좌점과 시스템의 BER 성능에 중점을 두어 성능을 분석한 결과를 제시한다.

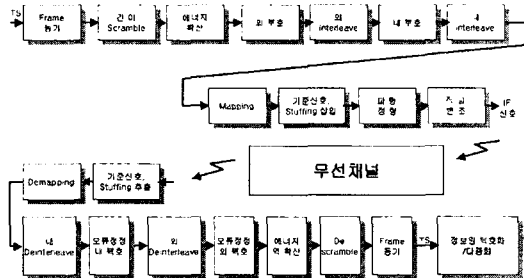


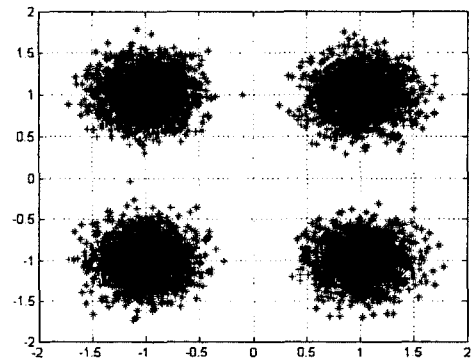
그림 6. 디지털 FPU 무선전송 시스템 시뮬레이션 블록도
 Fig 6. Simulation block diagram of digital FPU radio system

그림 7은 AWGN 환경에서 Eb/No 10dB인 경우, QPSK 모드의 22.368Mbps와 24.57142Mbps 전송율에서의 신호 성좌도이다. 그림 8은 AWGN 환경에서 Eb/No 10dB인 경우, 16QAM 모드의 29.824Mbps와 44.736Mbps, 49.5435Mbps 전송율에서의 신호 성좌도이다. 그림 9는 AWGN 환경에서 Eb/No 20dB인 경우, 64QAM 모드의 79.056Mbps 전송율에서의 신호 성좌도이다. 표 9는 시뮬레이션에서 고려한 시스템 파라미터이다.

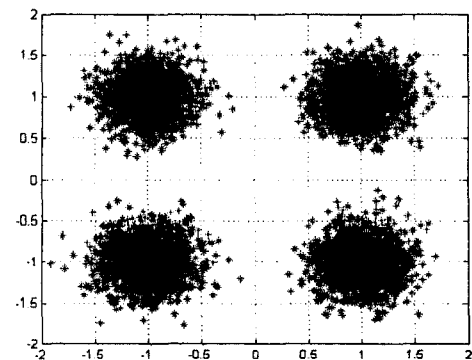
그림 7 ~ 그림 9의 신호 성좌도는 Trellis 부호화를 사용하지 않은 경우이며 이 경우 내 Interleaver로의 입력신호는 MSB로부터 순차적으로 데이터를 직접 입력하는 방식으로 하였다. 그림 10 ~ 그림 12에서는 AWGN 환경에서 디지털 FPU 무선전송시스템의 변조 모드와 전송율에 따른 BER 성능을 나타내었다. 그림 10은 QPSK 모드의 전송율에 따른 BER 성능으로 6dB의 낮은 SNR에서 10^{-4} BER을 만족하고 두가지 전송율 모두 유사한 성능을 갖고 있음을 알 수 있다. 그림 11은 16QAM 모드의 세가지 전송율에 따른 성능을 나타내고 있다. QPSK 모드에 비해 약 3dB 가량의 성능 차이가 나타나는 것을 알 수 있고 49.5435 Mbps의 전송율의 경우 8dB 이상에서 약간의 성능 저하를 보임을 알 수 있다. 그림 12는 AWGN 환경에서 각 변조방식에 따른 시스템 성능을 나타내고 있다. 64QAM 모드의 79.056 Mbps 전송율의 경우 QPSK의 모드에 비해 약 9dB의 성능 차이를 보임을 알 수 있고 따라서 채널환경에 따라 적절한 전송모드를 선택해야 함을 알 수 있다.

표 9. 시뮬레이션에 고려한 변조방식별 접속 bit rate(최대 rate/SNG 호환모드)
 Table 9. Access bit rate by modulation techniques that apply in simulation

변조방식 · 부호화율	TS [byte]	블록길이 [symbol]	참조신호 길이 [symbol]	대역효율 [bit/symbol]	bit rate [Mbit/s]	stuffing S [symbols]
64QAM (내부호없음)	204	19200	256	6	79.056	0
16QAM (내부호없음)	204	19200	256	4	49.5435	71 × 16
					29.824	514 × 16
QPSK (내부호없음)	204	19200	256	2	24.57142	80 × 16
					22.368	179 × 16

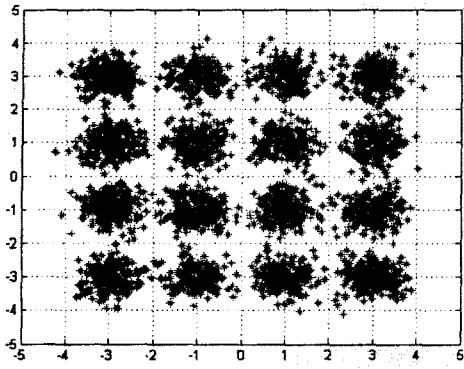


<bit rate 22.378 Mbps>

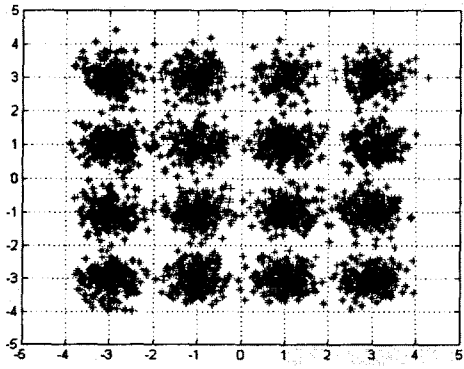


<bit rate 24.571 Mbps>

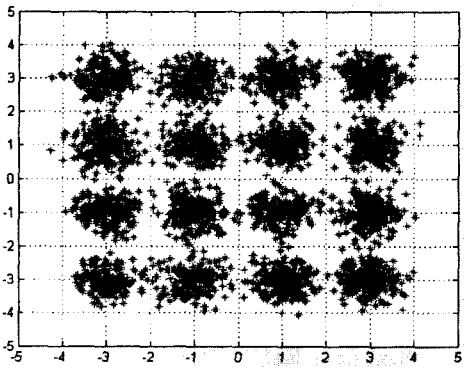
그림 7. QPSK 디지털 FPU 무선전송시스템의 성좌점 시뮬레이션
 Fig 7. Signal constellation simulation of QPSK digital FPU link system



<bit rate 29.824 Mbps>



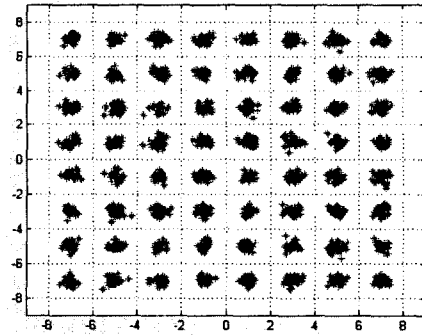
<bit rate 44.736 Mbps>



<bit rate 49.5435 Mbps>

그림 8. 16QAM 디지털 FPU 무선전송시스템의 성좌점 시뮬레이션

Fig 8. Signal constellation simulation of 16QAM digital FPU link system



<bit rate 79.056 Mbps>

그림 9. 64QAM 디지털 FPU 무선전송시스템의 성좌점 시뮬레이션

Fig 9. Signal constellation simulation of 64QAM digital FPU link system

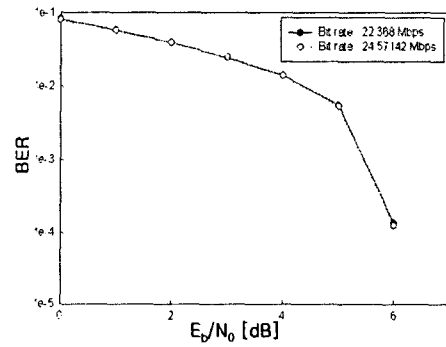


그림 10. AWGN환경에서 QPSK 모드의 전송율에 따른 BER성능

Fig 10. BER performance by transfer rate of QPSK mode in AWGN environment

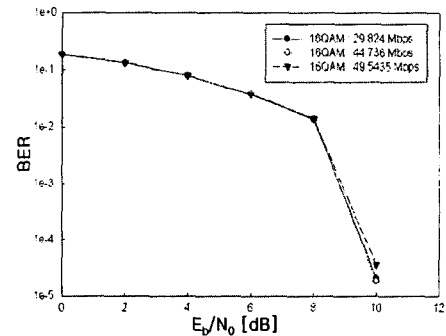


그림 11. AWGN환경에서 16QAM 모드의 전송율에 따른 BER성능

Fig 11. BER performance by transfer rate of 16QAM mode in AWGN environment

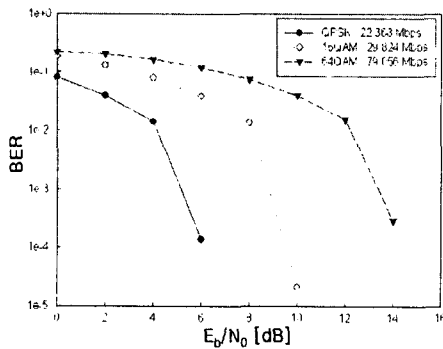


그림 12. AWGN환경에서 각 변조방식에 따른 BER성능

Fig 12. BER performance by each modulation techniques in AWGN environment

IV. 결론

본 논문에서는 M/W 방송중계용 주파수의 공유방안에 관한 연구의 기초단계로서 일본 ARIB에서 제정한 M/W 방송중계용의 디지털 FPU 무선전송 시스템 규격 및 특성과 시뮬레이터 설계를 통하여 시스템 성능을 분석하였다. 시뮬레이터를 이용한 시스템 성능 분석은 AWGN 환경에서 변조방식 및 전송율에 따른 신호의 성좌점과 시스템의 BER 성능에 중점을 두어 성능을 분석하였다. 신호 성좌도 분석의 경우는 Trellis 부호화를 이용하지 않은 경우이며 이 경우 내 Inter leaver로의 입력신호는 MSB로부터 순차적으로 데이터를 직접 입력하는 방식으로 하였다.

본 논문의 내용은 AWGN 채널 환경에서 디지털 이동 방송중계용 시스템 규격을 분석하고 시뮬레이터 설계를 통하여 시스템 성능을 분석함으로써 향후 본 논문에서 분석한 디지털 방송중계용 디지털 FPU 무선전송 시스템을 이용하여 M/W대역 주파수 재배치에 따른 채널환경 및 간섭 대상의 시스템 모델링을 통한 간섭 시뮬레이션 분석을 수행하고자 한다.

V. 참고문헌

[1] "전파자원 이용관리에 관한 연구", 한국전파진흥협회, 전파자원이용자문위원회 주파수 이용정책분과위원회, 2000. 12. 31.
 [2] "M/W 주파수 이용 활성화 방안 연구", 한국전파

진흥협회, 전파자원이용자문위원회 M/W 주파수 분과위원회, 2000. 12. 31.

[3] 주파수 중장기이용계획 종합연구, "주파수장기이용 계획분과위원회 최종연구보고서", 한국전파진흥협회, 1999. 12. 31.
 [4] "전파방송산업연보", 한국전파진흥협회, 2000 RAPA-자료-0002, 2000.
 [5] ARIB STD-B11. <http://www.arib.or.jp>, Oct. 2000.
 [6] ARIB STD-B18. <http://www.arib.or.jp>, Oct. 2000.

저자 소개



강희조

1994년 2월 : 한국항공대학교 항공전 자공학과 (공학박사)
 1994년 7월 ~ 1995년 12월 : 전자통신연구원 위성망연구소 초빙연구원
 1996년 8월 ~ 1997년 8월 : 일본 오사 카대학교 공학부 통신공학과 객원 교수
 1998년 3월 ~ 1998년 8월 : 전자통신연구원 무선이동통신시스템 연구소 초빙연구원
 1990년 3월 ~ 2003년 2월 : 동신대학교 전기전자정보통신 공학부 교수
 2000년 7월 ~ 2003년 2월 : 지역산업정보화센터 센터장
 2000년 9월 ~ 2003년 2월 : 디지털영상매체기술혁신센터 (IIC) 부소장
 2003년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 조교수
 ※관심분야 : 무선통신, 이동통신 및 위성통신, 멀티미디어 통신, 밀리미터파, 무선인식, UWB통신, 유비쿼터스



조 성 언

2001년 2월 : 한국항공대학교 항공
통신정보공학과 (공학사)

1994년 2월 : 한국항공대학교 항공
통신정보공학과(공학석사)

1997년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공
학박사)

1997년 3월 ~ 현재 : (국립) 순천대학교 정보통신공학
부 부교수

※관심분야 : 무선통신, 이동통신, 위성통신, 환경전자
공학



최 용 석

1982년 2월 : 연세대학교 천문우주
공학과 (이학사)

1994년 : 동경대학교 대학원 전파물
리학과 (이학박사)

1983년 ~ 1986년 : 공군 레이더 분석관(중위)

1987년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 전파방송연
구소 책임연구원

※ 관심분야 : 전파전파 특성 예측 모델링, 위성 및 지
상밀리미터파 무선통신저자소개