論文 94-19-4-4

디지틀 마이크로파 무선 STM-1 신호전송을 위한 64 QAM RF MODEM (155Mbps)의 변조기 설계

正會員 方 孝 昌* 正會員 張 太 和* 正會員 張 殷 永*
正會員 李 大 瀅* 正會員 趙 成 俊** 正會員 金 元 厚*

Modulator Design in the 64 QAM RF MODEM(155Mbps) for Microwave Digital Radio STM-1

Hyo Chang Pang*, Tae Hwa Chang*, Eun Young Chang*,
Dae Young Lee*, Sung Joon Cho**, Won Hoo Kim* *Regular Members*

要 約

본 연구에서는 DMR(Digital Microwave Radio) STM-1 신호전송을 위한 CCITT G.707SDH (Synchronous Digital Hierachy) 제1레벨인 155Mbps 속도의 64QAM RF MODEM 변조기를 구현하였다. 변조기의 성능을 좌우하는 중요한 특성은 PSF(Pulse Shaping Filter)를 설계하는 일로써, 기존에는 Chebychev 필터(roll-off factor α=0.5)를 이용하였으나, 본 연구에서는 7차의 elliptic 필터를 이용하였다. 이를 통해 roll-off factor α=0.33, 군지연 10nsec이하를 얻었다. 또한 PSF 통과후 -20dBm, IF 증폭단 통과후 0dBm의 출력레벨을 얻었다.

ABSTRACT

In this paper, we implement modulator of 155 Mbps 64 QAM RF MODEM, CCITT G. 707 SDH (Synchronous Digital Hierachy) 1 level, for DMR(Digital Microwave Radio) STM-1 transmission. PSF(Pulse Shaping Filter) plays an important role to analyze the modulator. We use 7 orders elliptic filter instead of Chebychev filter(roll-off factor α=0.5)in this paper. We obtain that roll-off factor, α is 0.33, group delay is less than 10nsec using this filter. Also we get -20dBm output level after passing the PSF, and 0dBm output level after passing the IF amplifier.

I. 서 론

마이크로파 전송방식은 광전송방식에 비해 기상이변이나 또는 다중경로에 따른 페이딩의 영향을 받아 시스템의 성능 또는 가용도가 줄어드는 단점이 있으나 설치, 운용, 유지보수 측면에서 우월성을 지니고 있다.

이러한 마이크로파 전송 시스템은 1939년부터 채널의 부호화, 변복조 및 통신의 기본적인 신호처리에 대한 연구 및 1949년에 Shannon의 정보화 이론의 정립으로 1950년 후반부터 아날로그 무선 시스템이 개

*韓國航空大學校 航空電子工學科
Dept. of Avionics, Hankuk Aviation University
**韓國航空大學校 航空通信情報工學科
Dept. of Telecomm. & Inform. Eng., Hankuk Aviation Univ.
論文番號 : 93177
接受日字 : 1993年 9月 16日

발되었고 1970년대말 PDH(Plesiochronous Digital Hierarchy) 및 SDH(Synchronous Digital hierarchy)방식이 개발되었다[1],[2].

현재 전세계적으로 64 QAM (155Mbps) 방식의 기술을 보유한 국가가 미국, 일본, 캐나다, 독일, 스웨덴 등 5개국에 이르고, 일본의 경우 1989년부터 256 QAM(400Mbps) 방식의 무선중계시스템을 도입하여 상용화하고 있지만, 국내의 경우 이제 연구의 시작단계라 볼 수 있을 정도로 기술격차가 심한 분야이다[3],[4],[5].

본 연구에서는 기존의 Pulse Shaping Filter (PSF) 인 Chebychev 필터보다 상대적으로 상승여현(raised cosine) 특성이 좋은 elliptic 필터를 이용하여 roll-off factor 및 군지연의 개선 그리고 IF 출력레벨을 보다 높여, 64 QAM RF MODEM (155Mbps)의 변조기를 구현하고자 한다.

Ⅱ. 개 요

64 QAM RF MODEM 변조기의 일반적인 블럭도를 그림 1에 나타내었다[4],[6].

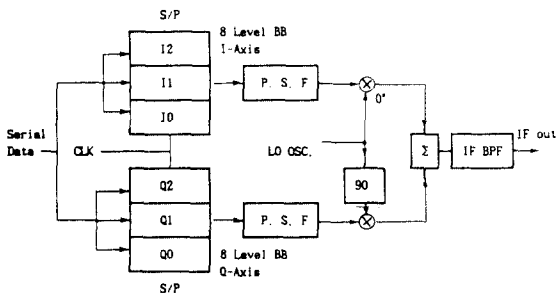


그림 1. 64 QAM RF 변조기 블럭도
Fig. 1 Block diagram of 64 QAM RF modulator

신호의 흐름을 살펴보면, 먼저 직렬 데이타가 입력되면 이를 64 QAM 형태로 맵핑하기 위하여 I 채널(3비트)과 Q 채널(3비트)로 분리시키고, 이를 다시 D/A 변환기를 거쳐 PSF를 통과시킨다. 이를 70 MHz의 반송파 신호와 혼합하여 중간 증폭을 거친 후 출력으로 내보내게 된다.

입력단으로 부터 입력된 64 QAM 신호를 $S_I(t)$이라고 하면

$$S_I(t)=\sum a_n g(t-nT) \quad (1)$$

단, $g(t)=\begin{cases}1 & ,0\leq t\leq T\\ 0 & ,\text{elsewhere}\end{cases}$

T : 심볼주기

여기서 $a_n=C_n+jD_n$이며, C_n과 D_n은 64 QAM의 데이타 심볼을 나타내며 {±1, ±3, ±5, ±7}을 취한다[2].

펄스성형여파기 (PSF : Pulse Shaping Filter)의 전달함수의 형태는 상승여현의 형태로 나타나게 된다. PSF는 대역폭을 제한하면서도 ISI(Intersymbol Interference)를 줄여주는 역할을 한다. ISI를 줄여주기 위해서는 PSF의 임펄스 응답의 에너지가 가능한한 main에 집중되어 있어야 한다.

PSF의 임펄스 응답은 식 (2)로 표현되며 임펄스 응답은 그림 2와 같다[5].

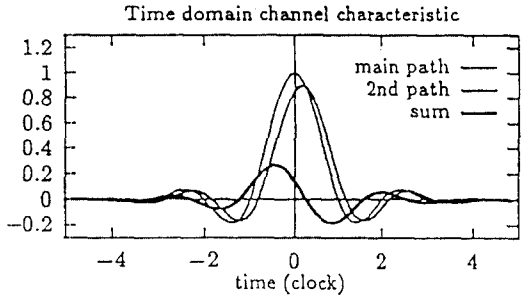


그림 2. PSF의 임펄스 응답
Fig. 2 Impulse response of PSF

또한 PSF의 전달함수는 변조단과 복조단을 분리하여 표현하는데 식 (3)은 변조단에서의 PSF이며 식 (4)는 복조단에서의 PSF이다.

$$h(t)=\frac{\sin(\pi t/T)}{\pi t/T}\cdot\frac{\cos(\alpha\pi t/T)}{1-4\alpha^2t^2/T^2} \quad (2)$$

$$H_T(f)\begin{cases}\dfrac{\pi fT}{\sin(\pi fT)}\\ \dfrac{\pi fT}{\sin(\pi fT)}\cdot\cos\left[\dfrac{\pi T}{2\alpha}\cdot\left[f-\dfrac{1-\alpha}{2T}\right]\right]\\ 0\end{cases} \quad (3)$$

$$H_R(f) \begin{cases} 0 \\ \cos\left[\frac{\pi T}{2\alpha}\cdot\left[f-\frac{1-\alpha}{2T}\right]\right] \\ 0 \end{cases} \quad (4)$$

T는 심볼주기 (1/T는 심볼속도)

따라서, PSF를 통과한 기저대역 신호 S(t)는 식 (1), (2)로 부터 식 (5)로 표현되며 여기에 70MHz의 반송파 주파수 $\beta\cos w_0t$와 90°가 천이된 $\beta\sin w_0t$를 부가하면 식 (6)으로 표현된다.

$$S(t)=\sum a_n h(t-nT) \quad (5)$$

$$S(t)=C_n\beta\cos w_0t + D_n\beta\sin w_0t \quad (6)$$

여기서, β는 반송파의 진폭레벨값이다.

Ⅲ. 설계 및 시뮬레이션

FEC(Forward Error Correcting)부호가 포함된 162Mbps의 직렬 데이타가 MODEM의 입력단으로 들어오게 된다. 본 연구에서 데이타의 전송 속도를 162Mbps급으로 결정한 것은 FEC를 길어준 경우 데이타의 증가를 고려하였기 때문이다. 직렬로 들어온 데이타는 우선 직-병렬 변환기에서 6채널의 병렬 데이타로 변환되게 된다. 이때 병렬 데이타는 I채널과 Q채널로 분리되며, I채널과 Q채널은 각각 3bit로 구성되는데 각 채널당 27 Mbps의 속도(162Mbps/6-ch)로 입력되게 된다. BAUD Clock이 27 MHz인

표 1. 시스템 규격
Table 1. System specification

데이타속도(Mbps)	162 Mbps(FEC 포함)
심볼속도(Mbaud)	27 Mbaud
변조방식	64 QAM
Pulse Shaping Filter	3 dB BW : 13.5 MHz 40-dB BW : 17.5 MHz roll-off factor α = 0.33 군지연 : 10nsec 이하

1) 데이타 발생부

실제 상용 시스템의 입력으로 들어가는 데이타가 랜덤하므로 이러한 데이타의 발생 및 부호처리를 위한 회로가 요구된다. 본 연구에서는 데이타의 발생을 위하여 PN(Pseudo Noise)부호발생기를 이용한 12단의 스크램블러에 데이타의 전송시 발생할 수 있는 위상의 모호함을 제거하기 위하여 차동 부호화를 사용하였다. 발생회로 및 데이타 동기 처리부를 고속 EPLD(Erasable Programmable Logic Device)를 이용하였다.

2) 직 병렬 데이타 변환부 및 DA 변환기

그림 3은 직 병렬 변환부 및 DA 변환기의 세부 블럭도이며 그림 4는 64 QAM 신호로 맵핑된 랜덤 2진 데이타를 시뮬레이션한 파형이다.

직 병렬 변환부에서는 직렬로 입력되는 162Mbps의 데이타를 64 QAM에 이용될 수 있는 6채널의 병렬데이타로 전환하는 기능을 수행한다. I 채널과 Q 채널로 분리되어 각각 3bits의 병렬 데이타로 전환된 데이타는 D/A변환기에서 8-레벨의 PAM신호로 변환된다. D/A 변환부는 각 채널에서의 병렬 데이타가 동일 클럭내에 처리될 수 있도록 latch회로를 이용하여 27 MHz의 클럭으로 동시시켰으며 래치된 데이타는 D/A 변환시간에 구애를 받지 않도록 하기 위하여 weighted 저항 DAC를 이용하여 D/A변환된다.

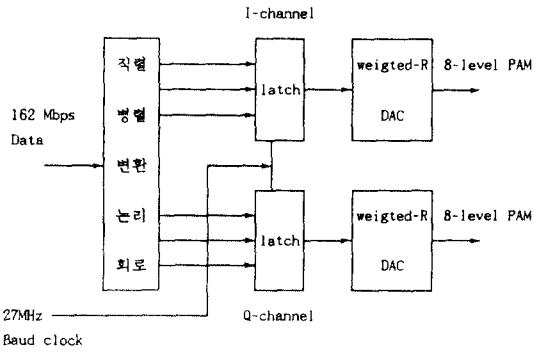


그림 3. 직 병렬 변환부 및 D/A 변환기의 블럭도
Fig. 3 Block diagram of S/P converter and D/A

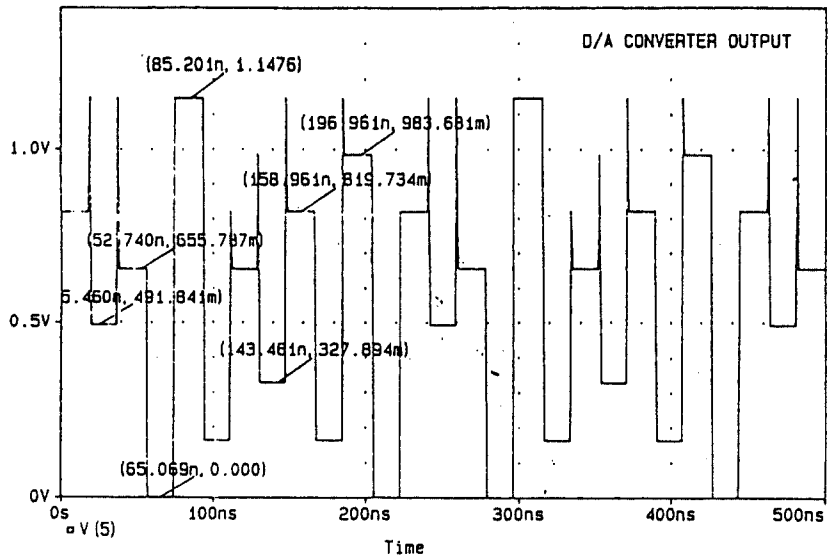


그림 4. D/A 변환부를 통과한 후의 64 QAM 파형
Fig. 4 64 QAM waveform after D/A converter

3) Pulse Shaping Filter

64 QAM RF MODEM 변조단에 있어서 PSF는 매우 중요한 역할을 수행한다. 기존의 전송시스템에서는 일반적으로 Butterworth 필터, Chebychev 필터를 이용하였으며, 주로 상승여현형태를 만들기 위해 Chebychev 필터를 이용하여 왔다. 그러나, 매우 첨예한 roll-off특성(α=0.33)이 요구되고, 데이타의 전송속도가 증가할 경우 필터의 차수가 증가되어야 하며, 이는 군지연의 증가를 가져오므로 본 연구의 기본 필터규격(roll-off factor α=0.33, 군지연=10 nsec 이하)을 만족시키기에는 하드웨어 구성상 매우 어려움이 따르게 된다. 따라서, 대역폭이 증가함에 따라 그 대역특성이 지수함수 형태의 상승여현형태에 근사하는 특성을 지닌 elliptic 필터를 이용하였다.

필터의 감쇄 특성을 얻기 위하여 7차의 elliptic 필터를 이용하였으며, 군지연의 감소를 위해서 5차의 군지연 등화기를 사용하였다[8],[9]. 본 연구에서 설계된 필터의 구조를 그림 5에 나타내었다.

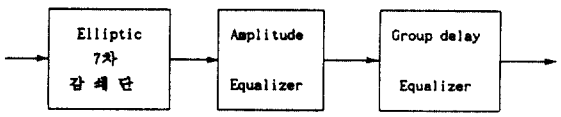


그림 5. PSF의 블럭도
Fig. 5 Block diagram of PSF

PSF를 설계하기 위해 기본식은 다음과 같이 정리될 수 있다[8].

$$A_{dB}=10\log\left[1+\varepsilon^2 Z_n^2(\Omega)\right] \tag{7}$$

여기서, A_{dB} : elliptic 필터의 감쇄, ε : ripple factor, $Z_n(\Omega)$: n차 elliptic 함수로 정의되며, elliptic 전달함수는 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z_n(\Omega)=\frac{\Omega(a_2^5-\Omega^2)(a_4^2-\Omega^2)\cdots(a_m^2-\Omega^2)}{(1-a_2^2\Omega^2)(1-a_4^2\Omega^2)\cdots(1-a_m^2\Omega^2)} \tag{8}$$

$$\theta=\sin^{-1}\frac{1}{\Omega_s} \tag{9}$$

$$R_{dB}=-10\log(1-\rho^2) \tag{10}$$

Ω : 최소 stopband 주파수, n : 기수, m : (n−1)/2, R_{dB} : 통과대역 ripple, 설계된 7차의 감쇄단의 계수값을 표 2에 나타내었다.

표 2. PSF의 계수값
Table 2. Coefficient values of PSF

theta	Ω_s	A_{sm}	C1	C2	L2	Ω_z	C3	C4
46	1.390	68.2	1.251	0.1	1.285	2.789	1.808	0.4828
47	1.367	66.7	1.247	0.1051	1.280	2.725	1.789	0.5095
48	1.345	65.2	1.243	0.1105	1.275	2.664	1.770	0.5370
49	1.325	63.7	1.238	0.1160	1.269	2.605	1.751	0.5661
50	1.305	62.3	1.234	0.1217	1.264	2.549	1.731	0.5965

theta	L4	Ω_4	C5	C6	L6	Ω_6	C7
46	1.035	1.414	1.657	0.3428	1.048	1.668	1.053
47	1.015	1.391	1.633	0.3617	1.033	1.636	1.040
48	0.9944	1.368	1.608	0.3814	1.017	1.605	1.027
49	0.9736	1.347	1.583	0.4020	1.001	1.576	1.013
50	0.9525	1.326	1.557	0.4235	0.985	1.548	0.9992

7차의 감쇄단 설계시에는 대역폭을 조절하기 위해서 진폭특성을 중요시 하여야 한다. 실제적인 제작시 사용된 L과 C의 Q값이 주파수에 따라서 전체적으로 선형한 특성을 나타내지 않으므로 진폭특성이 떨어지는 현상을 나타내었다. 여기서, theta는 13.5 MHz에 인접한 주파수에서의 위상을 의미하며, 각 위상에 따른 소자의 계수값을 구한 것이다. 이러한 특성을 보상하기 위하여 진폭 등화기를 추가하였다.

진폭 등화기의 임피던스는 식 (11)로 나타나게 된다.

$$Z=R+\frac{j\omega L}{1-\omega^2 LC} \tag{11}$$

위의 식으로 부터 R을 변화시키면 저역측의 진폭특성이 변화하게 되고 L, C를 변화시키면 고역측의 진폭이 변화함을 알 수 있다. 즉, 진폭 등화기는 L과 C의 공진주파수에서 최대의 진폭곡선을 나타낸다. 그러나 이러한 진폭 등화기는 군지연에 영향을 주게 된다. 군지연 등화기는 APF(All pass Filter)로서 앞단의 감쇄단과 진폭 등화기에서 발생한 군지연을 보상하는 기능을 수행한다.

그림 6은 설계한 PSF의 대역특성을 PSPICE로 시뮬레이션한 경우의 감쇄 및 군지연 특성이다. 특성을 살펴보면, 평탄한 대역특성이 얻어지다가 상승여현의 형태로 감쇄가 됨을 볼 수 있으며, 군지연 특성은 10 ns 범위안에 있다.

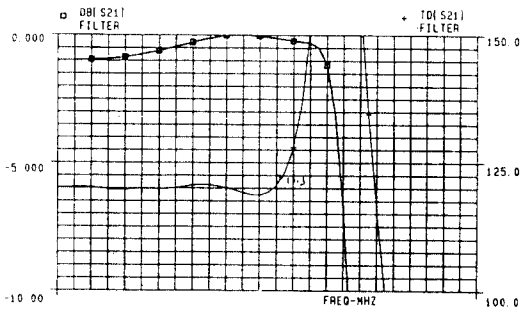


그림 6. PSF의 대역특성
Fig. 6 Spectrum characteristics of PSF

설계된 PSF를 통과시킨 후의 64 QAM 데이타의 eye pattern을 그림 7에 나타내었다.

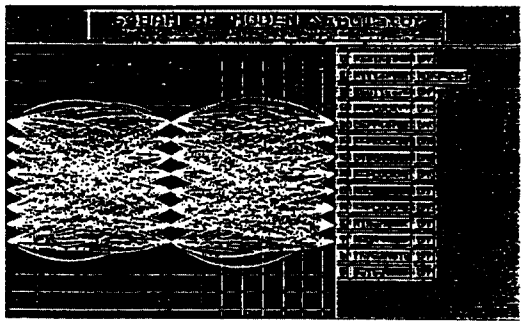


그림 7. PSF 통과후의 eye pattern
Fig. 7 Eye pattern after PSF pass

Ⅳ. 실 험

변조기 실험을 위한 구성을 그림 8에 나타내었다.

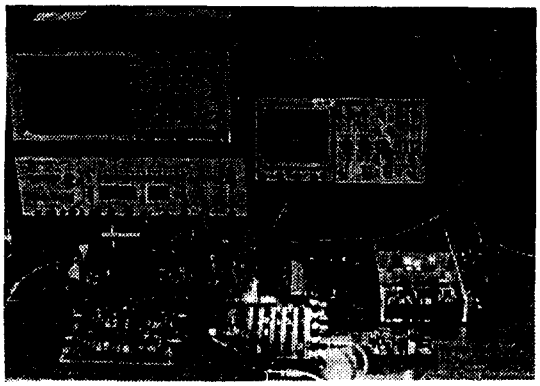
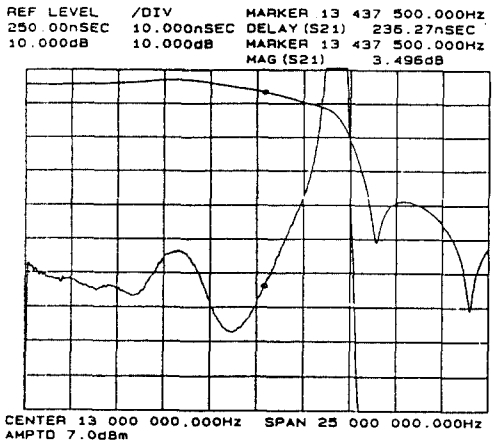


그림 8. 변조기 실험 구성도
Fig. 8 Experimental block diagram of modulator

실험방법은 I 채널 3비트, Q 채널 3비트로 병렬 변환된 27 Mbps의 랜덤 데이타($10^{23}-1$주기)를 발생시켜 D/A 변환기와 PSF를 통과시킨 후 70 MHz의 반송파와 혼합되어 변조시키고, 이후 증간주파 증폭을 거쳐 IF 출력을 내보낸다. 먼저, PAM를 측정하기 위해 D/A 변환기 통과후의 64 QAM 파형을 오실로스코프로 측정하였다. 그림 9는 입력으로 그림 4와 같은 PAM 파가 D/A 변환기를 통과한 후의 파형을 측정한 것으로 글리치 잡음이 포함되어 있다. 데이타의 전송속도가 매우 빨라 AC-MOS 계열의 소자를 이용하였다.

변조기의 성능평가는 필터의 대역특성과 군지연 특성 그리고 두 필터가 지닌 특성의 정확한 일치가 매우 중요하다. 두 필터 특성이 정확히 일치하여야만 신호점 부호배치가 정상적으로 모이게 되며, 이는 수신단의 복조에 매우 큰 영향을 미치게 된다. 또한 이를 확인하기 위해 일반적으로 eye pattern을 측정하게 된다.



(a) I-channel

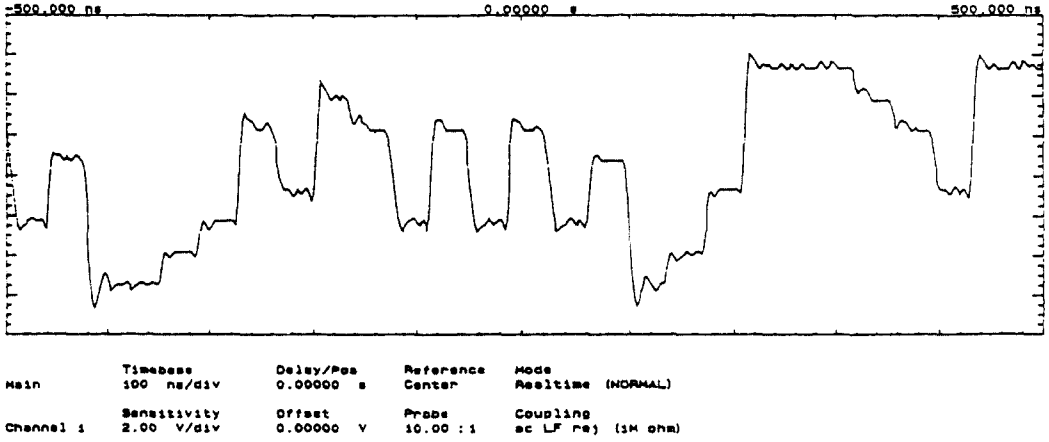
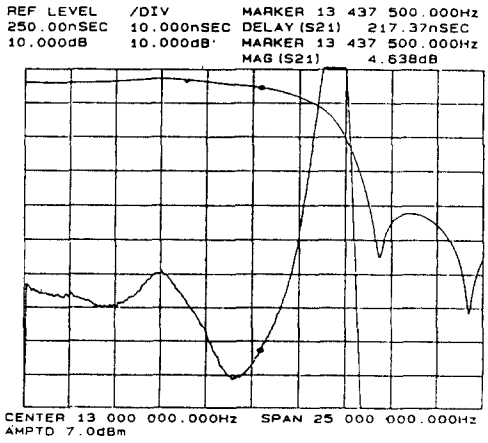


그림 9. D/A 변환기 통과후의 PAM파형
Fig. 9 PAM waveform after DAC



(b) Q-channel

그림 10. PSF의 대역 및 군지연
Fig. 10 Bandwith and group delay of PSF

그림 10은 PSF의 대역 및 군지연특성을 실측한 파형이다.

그림 11은 PSF를 통과한 후의 64 QAM data의 eye pattern을 측정한 것이다.

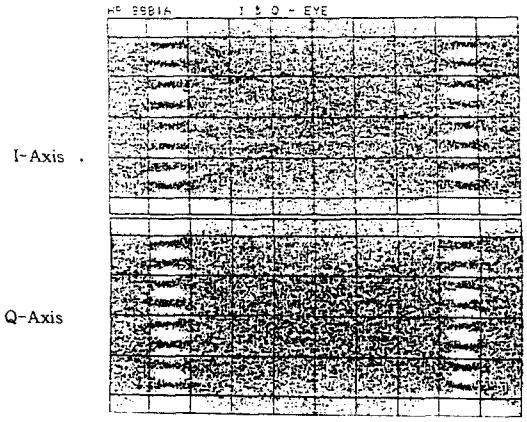


그림 11. 64 QAM 데이타의 eye pattern
Fig. 11 Eye pattern of 64 QAM data

그림 12는 I, Q 채널의 특성이 동일하지 않았을 경우의 부호배치를 나타내며, 그림 13은 64 QAM 변조된 data의 신호점 부호배치를 출력한 실험결과 파형이다.

그림 12. I, Q채널특성이 동일하지 않은 경우의 신호점 부호배치
Fig. 12 Signal constellation in case of unequal I, Q channel characteristic

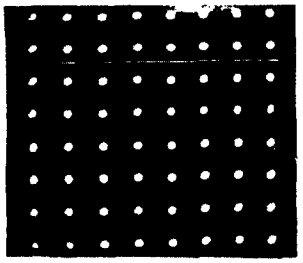


그림 13. 64 QAM 데이타의 신호점 부호배치
Fig. 13 Signal constellation of 64 QAM data

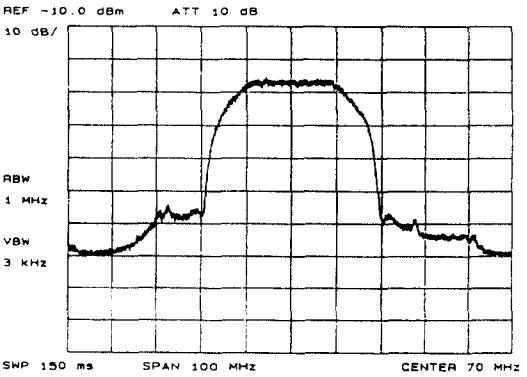


그림 14. 64 QAM 변조신호의 데이타 스펙트럼
Fig. 14 Data spectrum of 64 QAM signal

이상과 같이 얻어진 결과를 분석해 보면, D/A 변환부에서 시뮬레이션을 한 경우(그림 4)는 이상적인

PAm파형을 얻을 수가 있었으나 그림 9에서 실험적으로 얻어진 파형은 glitch가 포함되어 있다. 이러한 glitch는 디지틀 회로에서 항상 발생하는 것이며, 이는 PSF를 통과함에 따라 제거될 수 있다.

PSF에 대한 특성은 그림 10에 나타내었으며 그림 6의 시뮬레이션 결과와 거의 동일하였으며, roll-off factor의 경우 a=0.33가 되는 3dB BW=13.5MHz, 40dB BW=17.5MHz를 얻었다. 군지연 특성은 시뮬레이션상에는 약 5[nsec]이하로 제한되었으나 실제 제작된 PSF는 약 10 [nsec] 정도로 제한되었다. 이러한 차이는 구현상의 차이에 기인한 것이나 변조기의 기본 규격인 10 ns을 만족한다고 볼 수 있다.

그림 11에 PSF를 통과한 후 데이타의 eye pattern을 측정하여 나타내었다. 그림 7에 나타낸 시뮬레이션 결과와 일치하며 이는 실제 구현된 PSF 필터가 이론적인 특성과 일치함을 의미하는 것이다.

I채널과 Q채널의 PSF의 특성이 동일하지 않은 경우와 동일한 경우의 64 QAM 변조된 데이타의 신호점 부호배치를 그림 12 및 그림 13에 나타냈다. 그림 12는 I, Q 채널특성이 동일하지 않은 경우이며, 그림 13에서는 두 특성이 정확히 일치하여 정사각형 격자형태의 64 QAM 신호점이 나타남을 확인할 수 있다.

또한, 64 QAM 변조후 IF 필터단을 통과하고 IF 증폭단에서 증폭된 데이타의 스펙트럼을 그림 14에 나타내었다. 스펙트럼의 전력레벨은 약 0[dBm]을 얻을 수 있었다.

V. 결 론

본 연구에서는 155Mbps급 64 QAM MODEM의 변조기를 설계 및 구현하였다. 입력단의 D/A는 데이타 속도가 고속인 관계로 속도문제에 덜 민감한 weigted-R DAC를 이용하였다. roll-off factor α =0.33인 PSF는 7차의 elliptic 필터를 이용하여 3dB 대역폭 13.5[MHz], 40dB 대역폭 17.5 [MHz], 군지연 10 [nsec]의 특성으로 시스템의 규격을 만족시킬 수 있었으며, 이 규격을 만족하는 경우 데이타의 eye pattern이 완전히 열리는 것을 확인할 수 있었다. 전체적인 데이타 스펙트럼의 IF단 출력레벨은 약 0 [dBm]을 얻을 수 있었으며 이 값은 MODEM의 전체적인 규격을 만족하는 값이다.

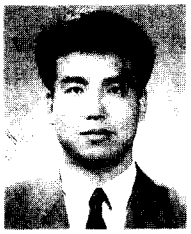
따라서, 기존의 방식보다 개선된 roll-off factor α =0.33이며, 군지연=10nsec이하를 얻었으며, 출력레벨 0[dBm]을 얻어 전체적인 변조기의 성능을 향상시켰다.

앞으로, 변조기의 성능을 개선시킬 수 있는 방법으로서 디지틀 필터를 통한 roll-off factor 및 군지연의 개선방법들이 연구되고 있으므로 보다 더 깊은 연구가 필요하다고 판단된다.

※ 본 연구는 삼성전자(주)와의 산학협동에 의한 연구 개발비의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

참 고 문 헌

1. John G. Proakis, *Digital communications,* New York : McGraw-Hill, 1989.
2. K.Feher, *Advanced digital communication,* Englewood Cliffs : Prentice-Hall, 1987.
3. K.Sam Shanmugam *Digital and analog communication systems* : Wiley, 1985.
4. L.J.Greenstein, *Microwave Digital Radio,* IEEE Press, 1988.
5. Yoichi Saito, Yasuhisa Nakamura, "256QAM Modem for High Capacity Digital Radio System," IEEE Trans on Comm, Vol. COM-34, No. 8, August, 1986.
6. Yoshimasa Daido, Dadao Takenaka, Eisuke Fukuda, Toshiaki Sakane, Hiroshi Nakamura "Mulit-level QAM Modulation Techniques for Digital Microwave Radios," IEEE Jonunal, SAC5. No.3, April, 1987.
7. H.Yamamoto, "Advanced 16QAM techniques for digital microwave radios," IEEE Commu. Mag., Vol.19. pp.36~45, May, 1981.
8. Arthur B.Williams, Fred J.Tylor, *Electronic Filter Design Handbook,* : McGraw-Hill, 1988.
9. Chris Bowick, *RF Circuits Design,* Indiana : ITT, 1985.



方 孝 昌(Hyo Chang Pang) 정회원
1965년 1월 12일생
1984년 3월 ~ 1988년 2월 : 한국항공대 항공전자공학과 졸업(공학사)
1993년 3월 ~ 1992년 2월 : 한국항공대 대학원 항공전자공학과 수료(공학석사)
1993년 3월 ~ 현재 : 한국항공대 대학원 항공전자공학과 박사과정
1990년 3월 ~ 1992년 7월 : 한국항공대 항공전자공학과 조교
1992년 3월 ~ 현재 : 대유공업전문대학 전자통신과 시간강사
1992년 9월 ~ 현재 : 국립천안공업전문대학 전자과 시간강사
※주관심분야 : 스펙트럼 확산통신·무선통신을 위한 Digital Modem

張 殷 永(Eun Young Chang) 정회원
1978년 3월 ~ 1982년 2월 : 한국항공대 항공전자공학과 졸업(공학사)
1986년 3월 ~ 1988년 2월 : 한국항공대 대학원 항공전자공학과 수료(공학석사)
1988년 3월 ~ 1993년 2월 : 한국항공대 대학원 항공전자공학과 수료(공학박사)
1992년 9월 ~ 현재 : 국립천안공업전문대학 전자과 조교수
1982년 3월 ~ 1985년 2월 : 공군기술장교(중위)
1985년 3월 ~ 1986년 1월 : (주)금성 기술연구소 근무
1988년 3월 ~ 1992년 8월 : 한국항공대 항공전자공학과 시간강사
※주관심분야 : 스펙트럼 확산통신, 무선통신 시스템

金 元 厚(Won Hoo Kim) 정회원
1935년 2월 1일생
한국항공대학 항공전자과 졸업(공학사)
한양대학교 대학원 전자공학과 수료(공학석사)
경희대학교 대학원 전자공학과 수료(공학박사)
현재 : 한국항공대학교 항공전자공학과 교수
※주관심분야 : 스펙트럼 확산 통신, 무선통신 시스템, 항법전자

張 太 和(Tae Hwa Chang) 정회원
1987년 3월 ~ 1991년 2월 : 한국항공대 항공전자공학과 졸업(공학사)
1991년 3월 ~ 1993년 2월 : 한국항공대 대학원 항공전자공학과 수료(공학석사)
1993년 3월 ~ 현재 : 대영전자(주) 기술연구소 연구원
※주관심분야 : 마이크로파 무선통신

李 大 瀅(Dae Young Lee) 정회원
한국항공대학 항공통신공학과 졸업(공학사)
경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
삼성전자(주) 통신연구소 주석연구원
※주관심분야 : 마이크로파 무선통신, 광전송시스템

趙 成 俊(Sung Joon Cho) 終身會員
1946年 1月 9日生
1965年 4月 ~ 1969年 2月 : 韓國航空大學 航空通信工學科 卒業(工學士)
1973年 4月 ~ 1975年 2月 : 漢陽大學校 大學院 卒業(工學碩士)
1977年 4月 ~ 1981年 3月 : 大阪大學大學院 通信工學科 卒業(工學博士)
1969年 4月 ~ 1972年 7月 : 海軍技術將校
1972年 8月 ~ 現在 : 韓國航空大學校 航空通信情報工學科 教授
韓國通信學會 企劃理事