

디지털 가입자용 AGC와 이퀄라이저 디자인

이용국, 최장진, 이배승
삼성종합기술원 정보시스템 연구소

The AGC and Equalizer Design for the Digital Subscriber

Yong-Kook Lee, Jang-Jin Choi, Tai-Seung Lee

SAMSUNG ADVANCED INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ABSTRACT

This paper proposes AGC AND EQUALIZER that can be used for Digital Subscriber Unit connected to the existing twisted-pair cable. Line Code is 2B1Q (2 Binary 1 Quaternary). Thus 4-level 2B1Q signal is generated from random bits and transmitted through the channel that is modeled approximately to the twisted-pair cable. The procedure that recover the source data from the received signal using the DSP simulation software is designed.

I. 서론

ISDN 망을 구축하는데 있어서 가장 중요한 점은 경제적 측면을 고려하여 기존의 전화망을 그대로 사용할 수 있는 방안을 찾는 것이고, 기존의 가입자 선로를 이용하여 디지털화된 음성 신호 및 데이터, 텔리 텍스트, 비디오 텍스트 등의 정보를 양방향으로 동시에 전송하도록 하는 디지털 전송기술이 ISDN 실현의 관건이 된다.

이와 같은 디지털 전송기술은 특수한 인터페이스 기술로 요약될 수 있고, 협대역 ISDN의 디지털 가입자와 망간 접속에 있어서는 가입자로부터의 4선식 신호를 기존 전화망의 2선식 선로에 실어주는 기술, 즉 U-인터페이스 기술이 핵심이 된다.

CCITT에서는 ISDN 관련 표준화 작업을 추진하

여 왔으나, U-인터페이스에 대하여는 표준안을 마련하지 못하고 있는데 그 이유는 선로사정이 각 나라마다 달라 전송 방식과 선로 부호 선정에 대한 각국의 이견을 좁히지 못하고 있기 때문이다. 그러나 우수한 성능과 세계적인 추세로 보아 전송 방식은 ECM(Echo Cancellation Method), 선로 부호는 2B1Q를 채택하는 것이 유리할 것으로 생각된다.

따라서 본 논문에서는 4-레벨의 2B1Q 신호를 발생시켜 기존의 전화선과 유사하게 모델링된 채널을 통과시킨 신호로부터 AGC와 이퀄라이저를 통해 가입자 단말이 원래의 데이터를 복원하는 과정을 제시하였다.

II. 시스템 모델링

1. 2B1Q 신호 모델링

송신 신호 1 프레임은 그림 1 과 같이 총 240 비트로 구성되고, 세부적으로는 Sync Word 18 비트, 데이터 216 비트, 모니터 데이터 6 비트이다. Training 기간 동안 Sync Word 를 제외한 222 비트는 모두 '1' 이고, 타이밍 신호의 원활한 추출을 위하여 스크램블링시킨다.

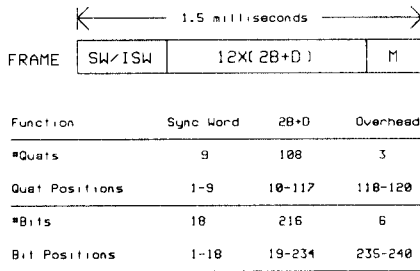


그림 1. 프레임의 구조

Training Sequence 는 그림 2 (a) 와 같이 발생시키고, Sync Word 는 +3 +3 -3 -3 -3 +3 -3 +3 +3 로 구성되고 스크램블링하지 않는다. 최종적으로 얻어진 2B1Q Training Sequence 는 그림 2 (b) 와 같다.

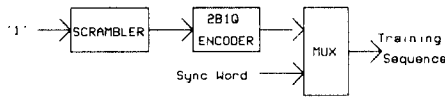
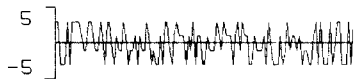


그림 2. (a) Training Sequence 발생기



(b) Training Sequence

2. 채널 모델링

채널 모델링 과정은 그림 3 과 같다. 여기서 입력 데이터 R,L,G,C는 실제의 전화선과 유사한 모델링을 위하여 미국 표준기구(ANSI; American National Standards Institute) 산하의 T1 위원회에서 1988년에 발표한 ANSI T1.601/1988 규격을

참고하였다. 상세한 데이터는 표 1 과 같다.

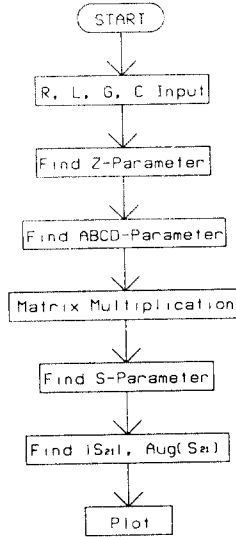


그림 3. 채널 모델링 방법

표 1. 선로 측정 데이터

25 AWG PIG Cable, 7011				
Primary Constant: 1 Hz, 3 MHz				
Length (ft)	R (ohm/100ft)	L (mH/100ft)	G (ohm/100ft)	C (pF/100ft)
1	440.75	0.0540	0.0000	0.0330
5	440.75	0.0541	0.0000	0.0330
10	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
15	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
20	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
25	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
30	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
35	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
40	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
45	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
50	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
55	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
60	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
65	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
70	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
75	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
80	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
85	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
90	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
95	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
100	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
105	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
110	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
115	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
120	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
125	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
130	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
135	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
140	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
145	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
150	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
155	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
160	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
165	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
170	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
175	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
180	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
185	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
190	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
195	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
200	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
205	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
210	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
215	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
220	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
225	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
230	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
235	440.76	0.0541	0.0000	0.0330
240	440.76	0.0541	0.0000	0.0330

R, L, G, C 를 이용한 선로의 등가회로는 그림 4와 같고, 이것으로부터 Z-파라미터를 구하면 다음과 같다.

$$Z_{11} = Z_{22} = Z_a + Z_c$$

$$Z_{12} = Z_{21} = Z_c$$

$$Z_a = (R + j\omega L) / 2$$

$$Z_c = 1 / Y_c = 1 / (G + j\omega C)$$

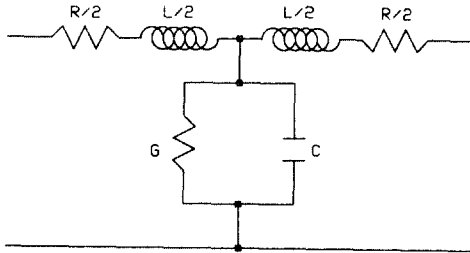


그림 4. 선로의 등가 회로

파라미터간의 변환식은 식 (1), 식 (2) 와 같으며 4 마일에 대한 모델링을 위해서는 1 마일에 대한 ABCD-파라미터를 행렬 곱셈하여야 하고, 최종적으로 구해진 4 마일 (약 6.4km) 선로의 특성은 그림 5 와 같다.

$$A' = Z_{11} / Z_{21} \quad B' = | Z | / Z_{21} \quad (1)$$

$$C' = 1 / Z_{21} \quad D' = Z_{22} / Z_{21}$$

여기서 $| Z | = Z_{11} * Z_{22} - Z_{12} * Z_{21}$

$$S_{11} = (A' + B' - C' - D') / \Delta$$

$$S_{12} = 2 (A' * D' - B' * C') / \Delta \quad (2)$$

$$S_{21} = 2 / \Delta$$

$$S_{22} = (B' + D' - A' - C') / \Delta$$

여기서 $\Delta = A' + B' + C' + D'$

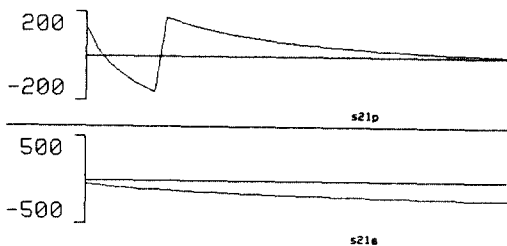


그림 5. 선로의 특성

3. AGC 모델링

수신된 신호는 전송 선로에서 많은 감쇄가 일어나 매우 작은 신호가 되고, 작은 신호로는 이퀄라이저를 원활히 동작시킬 수 없으므로 그림 6 과 같은 AGC 를 사용하여 일정한 크기로 바꾸어 준다.

AGC 블록으로 입력된 신호는 Power Estimator 에서 일정한 갯수의 샘플이 취해져 그 평균값이 구해지고, 이 평균값과 기준값이 비교되어 그 차로부터 AGC 의 GAIN 이 얻어진다.

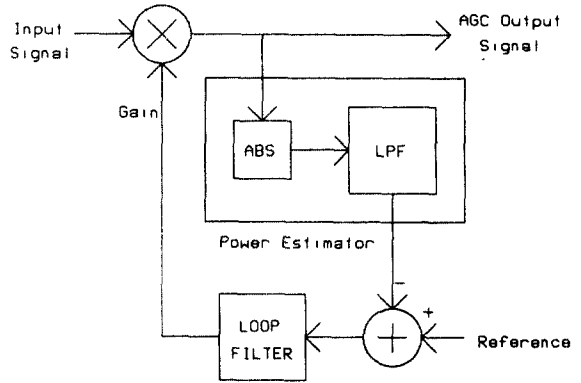


그림 6. AGC 블록도

4. 이퀄라이저 모델링

일반적으로 가입자 선로는 길이, 직경의 변화율, Bridged Tap 수 등에 의해 특성이 결정되는데 임피던스의 불연속성이나 펄스 분산(Pulse Dispersion) 의 영향으로 ISI(Inter Symbol Interference) 를 발생시킨다. 그리고 선로를 통해 고속으로 데이터가 전송될 때 보다 심각하게 ISI 가 발생하므로 이퀄라이저에 의해 제거해 주지 않으면 정확한 데이터의 검출이 불가능하다.

이퀄라이저의 여러 구조중에 DFE(Decision Feedback Equalizer) 는 ISI 를 제거하기 위해 검출된 심볼의 판정값을 궤환시키는 궤환로(Feedback Loop) 가 존재하는 비선형 등화기로서 심한 진폭왜곡이 존재할 경우에 특히 효율적이다. 따라서 본 논문에서는 DFE 구조를 선택하여 그림 7 과 같이 모델링하였다. 그리고 디지털 필터

터의 탭 계수 갱신 (Update) 을 위해 LMS 알고리즘을 사용하였다.

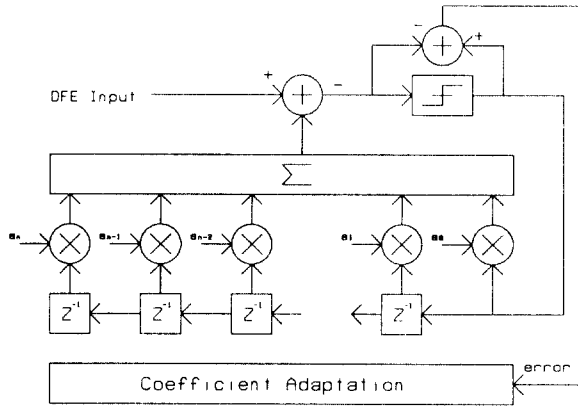


그림 7. DFE 블럭도

III. 시뮬레이션 및 결과 분석

1. 시뮬레이션 블럭 구성

앞장에서 모델링된 2B1Q 시그널 소스, 전송 채널, AGC, DFE 블럭을 그림 8 와 같이 구성하여 시뮬레이션 블럭을 구성하였다.

그림 8 에서의 채널 블럭은 전송선로의 특성에 A/D, D/A, LPF, Decimation 등 주변 블럭의 영향을 고려하여 그림 9 와 같은 채널을 시뮬레이션에 적용하였다.

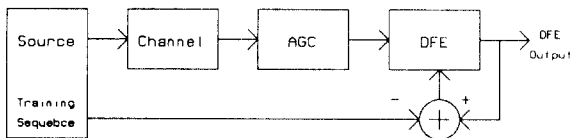


그림 8. 시스템 블럭도

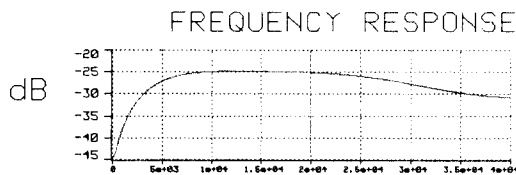
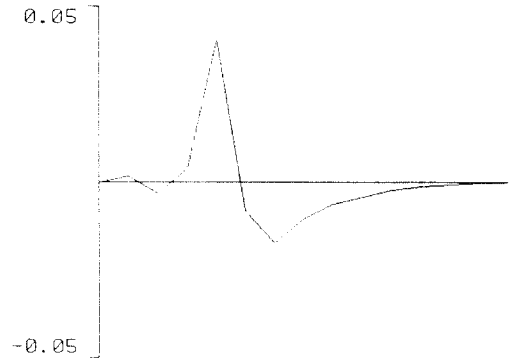


그림 9. (a) 주파수 특성



(b) Impulse Response

2. 결과 분석

모델링된 블럭에 대한 시뮬레이션 결과를 그림 10 에 시간축으로, 그림 11 에 Eye Diagram 으로 표시하였다.

시뮬레이션 결과 Training Sequence 240 비트, 즉 2B1Q 신호 120 샘플 (1.5msec) 을 반복해서 송신할 때, 약 240 샘플에서 Quantization 결과가 송신 신호와 같아짐을 확인할 수 있다.

참고로 샘플 수에 따른 에러의 감소를 그림 12 에 보였다.

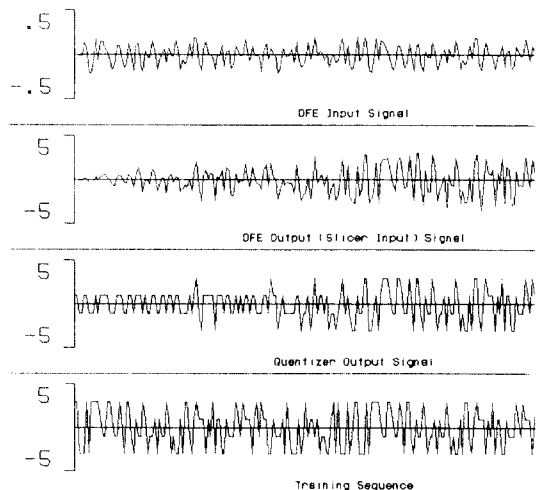


그림 10. Time Domain 출력

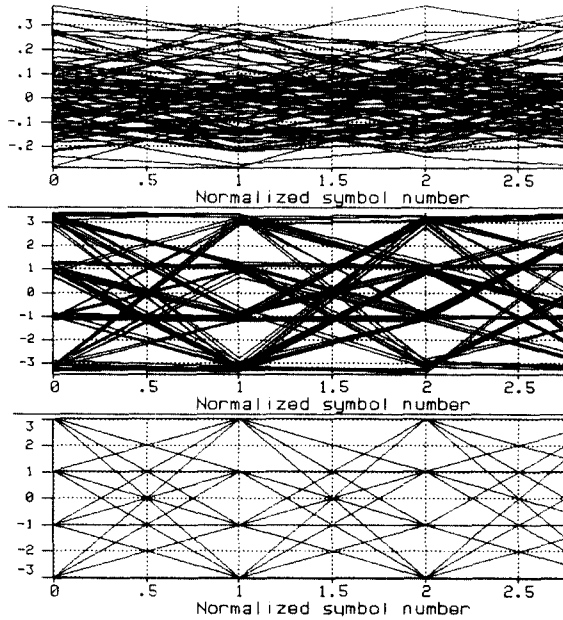


그림 11. Eye Diagram 출력



그림 12. 샘플수에 따른 에러 특성

IV. 결론

본 논문에서는 디지털 가입자 장치를 위하여 고속 Training을 수행하는 수신 시스템을 구성하여 시뮬레이션 하였다.

향후 ISDN 적용을 고려하여 입력 신호로는 2B1Q 1.5msec 프레임을 사용하였으며, 전송 채널도 실제의 전화선과 유사하게 모델링하였다. 그리고 이퀄라이저의 구조도 디지털 데이터를 고속이며 장거리로 전송할 때 디스토션이 크므로 DFE 타입을 적용하였다.

시뮬레이션 결과 2B1Q 1.5msec 2 프레임, 즉 3msec 정도에서 Training을 마치고 Quantization 결과가 송신된 신호와 같아짐을 확인하였고, 향후 ISDN 관련 디지털 가입자 장치와 그 외의 디지털 시스템에 적용이 가능할 것으로 생각된다.

디지털 가입자용 AGC와 이퀄라이저 디자인(90948)

앞으로 실제 시스템에 근접한 시뮬레이션을 위해 반향 제거기(Echo Canceller)를 포함한 시스템 구성에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. Shahid U. H. Qureshi, " Adaptive Equalization ", Proc. of The IEEE, Vol. 73, No. 9, pp. 1349-1387, Sept. 1985.
2. Kalman Szechenyi, Franz Zapf and Danny Sallamerts, " Integrated Full-Digital U-interface Circuit for ISDN Subscriber Loops ", IEEE JSAL, Vol. SAC-4, No.8, Nov. 1986.
3. P.F. Adams, S.A. Fox, R.B.P. Carpenter and N. G. Cole, " A Long Reach Digital Subscriber Loop Transceiver ", IEEE Global Telecom '86, Vol. 1, pp. 39-43.
4. H. Schenk and G. Schollmeier, " Digital Signal Processing for MMS43 Transceiver for the ISDN Customer Access ", IEEE Int. Conf. Comm. '86, Vol.3, pp. 1666-1669.
5. Ken Marrin, " Emerging U Interface Chips Prime Designers for ISDN Choices ", Computer Design, Aug.1, 1989.
6. H. Khorramabad et al., " An ANSI Standard ISDN Transceiver Chip Set ", 1989 IEEE International Solid State Circuits Conference.
7. ANSI, " ISDN - Basic Access Interface for Use on Metallic Loops for Application on the Network Side of the NT(Layer 1 Specification)", T1.601-1988.