

2-선식 가입자 선로를 통해 DPSK 로 변조된 음성 및 비음성 신호의 시간압축
다중화 전송에 관한 연구

장 청 룡 강 창 언
연세대학교 전자공학과

A Study on the TCM Transmission of Voice/Nonvoice Signals Modulated
by DPSK through the 2-Wire Subscriber Loop

Chung Ryong Jang Chang Eon Kang
Dept. of Electronic Engineering, Yonsei Univ.

* ABSTRACT *

This paper presents one method to resolve the end-to-end digital connectivity through 2-wire subscriber loop. This system which consists of the subscriber's device and the line termination device makes use of the advantages of time compressed multiplexing and modified DPSK. Experimental results show that the transmission range of the lab test covers 2km and that of the field test covers 1.5km.

1. 서 론

공업화 사회에서 정보화 사회로의 변천에 따라 전기통신의 정보교환도 일반 음성인 전화에서 비음성인 데이터 단말, 팩시밀리, 비디오텍스, 텔레텍스, 등의 단말 이용이 점차 증가하고 있는 실정이다. 이에 따라 가입자와 교환기간의 전송로 구성은 고속의 데이터 송·수신을 위한 전송 매체를 이용할 수도 있겠지만 국내 전기통신 시설 투자의 약 40%를 차지하는 2선식 가입자 선로는 85년말 현재 약 790만 회선이 운용중에 있어 이러한 기존의 전송로를 이용한 음성 및 비음성 정보교환용 종합장치의 연구가 활발히 추진되고 있다. 본 논문에서는 이러한 2선식 가입자 회선을 이용하여 음성 및 비음성의 80Kbps 정보를 변형된 MDPSK(MDPSK: Modified Differential Phase Shift Keying)으로 변조시켜 시간압축 다중화(TCM: Time Compressed Multiplication) 방식으로 전송하기 위한 가입자측 회선 중단 측간의 전송거리를 측정하였다.

2. 2선식 가입자 루프의 디지털 전송

2선식 선로를 이용한 디지털 전송방식에는 주파수 분할 다중화(FDM: Frequency Division Multiple-

xing), 반향제거방식(ECM: Echo Cancelling Method), 시간압축 다중화방식(TCM) 등이 있으나 본 논문에서는 경제성 및 회로의 구현에 있어 경쟁력이 우수한 TCM방식만을 다루기로 한다. 그림 1에 보여지는 이 방식은 송신할 정보의 전송 속도가 R0 인 디지털 신호를 버퍼의 기능을 하는 송신 레지스터에 정보를 계속 입력시킨다. 동일한 회선상으로 두개의 신호를 송·수신하기 위하여 K1 과 K2 를 교대로 개폐시킨다. 이때 회선의 전송 속도 R1 은 R0 의 2배 이상된다. 각 방향으로의 전송은 수십개의 비트로 구성된 블록 단위로 이루어진다. 이 방식은 가입자 선로의 전기적 특성중 심경선 변화, Bridged Tap (BT) 및 근단 누화에는 비교적 덜 민감하나 원단누화 및 충격성 잡음에 대한 영향을 받는다. 또한 이 방식은 회로의 구현이 용이하나 회선의 전송 속도가 정보의 전송 속도보다 2배 이상되어 최대 전송거리에 제한을 받는다. 따라서 이 방식은 대도시의 상업지구에는 교환기를 이용한 비교적 가입자와의 거리가 짧은 지역에서 그 적용이 아주 만족할만하다. 일반적으로 TCM 전송방식의 기본 파라미터는 버스트의 주기와 선로의 전송 속도로서 완전 양방향 전송을 위한 버스트 주기의 요구조건은 다음의 식 (1) 로 표현된다.

$$T_b = 2(8NT_1 + T_1^* + T_p + T_g) \leq 125 \cdot N \cdot [\mu\text{sec}] \quad (1)$$

여기서, T_b : 버스트 주기 (μsec)

N : 하나의 버스트 내에 있는 비트수
(1워드=8비트)

T_1 : 버스트 내의 펄스 반복주기(μsec)

T_p : 전송로의 단위 길이당 군지연
($\mu\text{sec}/\text{km}$)

T_g : 송·수신 버스트 사이의 보호시간
(μsec)

* : DC 평형을 위한 비트의 추가 표시

한편 TCM 디지털 정보는 회선 부호와 혹은 디지털 변조에 의해 2선 가입자 신호를 통하여 전송되는데 본 논문에서는 일반적으로 많이 사용하는 AMI (Alternative Mark Inversion) 회선 부호와 MDPSK (Modified Differential Phase Shift Keying) 만을 비교해보기로 한다. 256Kbps의 회선 전송 속도로 변조된 파형은 그림 2에 잘 나타나 있으며 여기서 DPSK는 1주기가 256KHz 이며 MDPSK는 128KHz의 반 주기를 갖는 256KHz 변조신호이다. 또한 그림 3에는 AMI 및 MDPSK에 대한 정규화 주파수 및 누적 전력 밀도가 잘 보여진다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 이들의 에너지는 0 와 1x Baud Rate 사이에 AMI의 경우 전체 에너지의 약 82%를 차지하고 MDPSK의 경우 약 98%를 차지하고 있다. AMI 회선부호는 1차 다중 전송속도(1.544M bps) 정도의 연속적이고 단방향 고속 전송에 좋은 방식으로 평가되었으나 256Kbps 정도의 시간압축 다중화 양방향 전송에는 약간의 단점이 있다. 즉, AMI는 시작 비트 및 직류 평형을 위한 비트가 필요하여 회선전송의 오우버 헤드가 크지만 MDPSK는 오직 데이터 비트만을 변조시킴으로써 버스트를 모두 정보비트로 사용할 수 있다. 또한 MDPSK 파형의 Zero Crossing 이 항상 각 Baud의 중간에서 일어나 Baud Boundary Timing 복구 회로가 간단해지므로 PLL (Phase Locked Loop) 와 같은 복잡한 회로의 사용을 피할 수 있다.

(3) (4) (6)

3. 시스템 구성

본 논문은 2선식 가입자 회선에 80Kb/s의 정보를 TCM 방식에 의해 전 양방향으로 송·수신하기 위한 실험 시스템을 가입자 댁내에 위치할 가입자측 장치와 상대 교환기의 회선 종단에 위치할 회선 종단 장치로 나누어 고찰하기로 한다.

1) 가입자측 장치

그림 4에 도시된 바와 같이 가입자측 장치는 음성 코덱 및 어파회로, 데이터 셀 정합장치, 변·복조 및 트랜시버와 신호제어용 프로세서의 네 부분으로 구분할 수 있겠다. 그러나 본 논문에서는 실험의 편의상 신호제어용 마이크로 프로세서 대신에 하드웨어 논리회로를 사용하여 이를 대신하였다.

가) 음성 코덱 및 어파회로

송화기를 통해 들어온 음성 신호는 먼저 대역 통과 어파기를 통과하므로써 Aliasing을 방지하고 60Hz 이하의 저주파 성분을 제거시킨다. 음성의 최대 주파수를 3.4KHz 라 할 경우 Nyquist의 표본화 주파수는 Aliasing을 방지하기 위한 보호대역을 고려하여 8KHz 로 취한다. 이러한 표본화 신호는 이상적인 충격성 표본화에 의해 표본화되지 못하여 Aperture 효과를 발생시킨다. 따라서 이 효과를 감소시키기 위해 S and H (Sample and Hold) 회로를 이용한다. 이러한 표본화 주기로 표본화된 음성신호는 양자화 회로에 의해 양자화 된다. 이때 아날로그 신호를 디지털화시킴으로써 발생하는 양자화 에라 혹은 의곡은 신호 대 양자화 잡음비 (SQR: Signal-to-Distortion Ratio or Signal-to-Noise Ratio) 로 표시하며 이는

$$SQR = \frac{E[x^2(t)]}{E[(y(t) - x(t))^2]} \quad (2)$$

여기서 E(·) = 기대치 혹은 평균

x(t) = 아날로그 입력 신호

y(t) = 부호화된 출력 신호

로 나타낼 수 있다.

그리고 SQR 을 개선시키기 위해 PCM 다중화에 많이 사용되는 $M\mu-law$ 혹은 $A-law$ 에 의한 압신 특성을 사용하고 있다.

이와같은 펄스 부호화 변조된 음성 신호는 8비트의 디지털 신호로 부호화되어 트랜시버 회로로 전송된다. 역으로 트랜시버 회로로 부터 수신된 8비트의 디지털 신호는 양자화 및 신장회로의 신장특성에 의해 신장시켜 복호화 시키고 난후 Holding 회로 및 저역 통과 어파기에 의해 수신된 신호를 원활한 음성신호로 복원시킨다.

나) 데이터 셀 정합장치

(1) RS 232 드라이버/리시버 회로

이 회로는 EIA 표준 RS 232-C 및 CCITT V.28의 전기적 규격과 호환성을 갖는 데이터 단말을 본 연구에서 데이터 전송을 위해 사용할 수 있도록 작동시키기 위한 회로이다.

(2) 데이터 셀 정합 회로

이 회로는 RS 232 포트와 트랜시버 사이의 데이터 채널에 대한 정합기능을 제공하며 비동기 데이터를 동기 데이터 혹은 그의 역기능을 제공한다. 1Kbaud 변환 회로에서는 0.3에서 38.4

Kb/s 까지의 다양한 전송속도를 제공한다. Data Stripper 회로에서는 데이터 단말의 비동기 데이터 채널로 부터 들어온 데이터중 시작 및 종료 비트를 때어 내어서 송신용 FIFO 레지스터에 로드시킨다. 동기 출력 Formatter는 제어 회로에 의해 한번에 하나의 비트씩 송출한다.

디지털 루프 트랜시버 회로 부터의 수신 동기 데이터에서 동기 채널 수신회로는 프레임 정보 및 브레이크 상태를 감출하여 데이터 워드를 수신용 FIFO에 로드시킨다. Data Formatter에 의해 RS 232 데이터 단말로 송출할 FIFO의 데이터에 송신된 전송속도와 동일한 속도로 시작 및 종료 비트를 삽입시켜 송출한다.

다) 변·복조 및 트랜시버 회로

이 회로는 음성 데이터와 비음성 데이터를 종합시키는 부분, 변·복조기능을 하는 부분과 제어 및 Timing 회로 부분으로 크게 나눌 수 있다.

음성 코덱 회로로 부터는 8비트의 음성 데이터는 수신 레지스터로 들어와서 신호 및 비음성 데이터와 송신용 중간 레지스터에서 Formatting 된다. 이러한 10비트의 정보는 변형된 DPSK 방식을 이용한 변조 회로로 입력되어 제어 및 Timing 회로에 의해 125 μsec 에 회선종단측 트랜시버로 2선식 가입자 회선을 통해 TCM 방식으로 전송된다. 트랜시버 회로의 회선 전송 속도는 256KHz 로 고정되어 있다. 이 회로에 의해 전송되는 회선신호의 비트 열의 구조와 변조 신호가 그림 2에 잘 보여진다. TCM 방식의 전송시 회선종단의 트랜시버로 부터는 10비트의 데이터를 이 회로에서 수신한 후 회선종단측으로 송신하기까지는 약 4-Baud의 과도적인 안정상태가 필요하게 된다.

그러면 이 회로에서의 최대 전송거리 l_{max} 는

$$l_{max} = \frac{125 - 2(n/fb) - tg}{2tp} \quad (3)$$

여기서 n : 한 프레임내에서의 비트 수

fb : 회선 전송 속도 (= 256 Kb/s)

tg : 가입자측 트랜시버의 과도 안정시간
($4/256 \times 10^{-3} \mu\text{sec}$)

tp : 전파 지연 시간

($5.4 \mu\text{sec/Km}$ at 256KHz)

으로 표현되는 식 (3) 에서 회선종단측 트랜시버의 과도 안정시간을 무시할 경우 최대 전송거리는

$$125 - 2 \times 10 / (256 \cdot 10^3) - 4 / (256 \cdot 10^3)$$

$$l_{max} = \frac{125 - 2 \times 10 / (256 \cdot 10^3) - 4 / (256 \cdot 10^3)}{2 \times 5.4}$$

$$= 2.9 \text{ (Km)}$$

로 산출된다.

이 수신 신호는 복조회로에 의해 복조가 된 후 수신용 중간 레지스터에 10개의 정보 비트가 로드된다. 그 후 신호 및 데이터 비트는 남겨지고 나머지 음성 정보 비트들은 음성 코덱 회로로 송출될 송신 레지스터에 로드된 후 제어 및 Timing 회로에 의해 송출된다. 또한, 회선종단측의 수신 신호는 프레임과 비트 클락이 분리되어 전송되지 않아서 이 트랜시버는 수신 데이터를 복조시키기 위한 국부 발진기가 있다. 이것은 음성 코덱 및 데이터 셀 정합장치에 필요한 동기 및 데이터 클락을 제공한다.

나. 회선 종단 장치 (그림 5 참조)

교환기 측에 위치할 이 장치는 본 연구의 실험을 위해 가입자측 장치와의 TCM 방식에 의한 전송만을 목적으로 하므로 이 장치에서의 발진회로는 트랜시버에 대한 8KHz 동기 신호의 공급용으로 보통 교환기 측에서 공급되나 실험의 편의상 이 회로를 부가하였다. 그 외에 이 장치에 필요한 클락 신호를 공급한다.

(1) 음성 코덱 및 여파회로

이 회로는 실험의 목적상 음성 데이터를 트랜시버로 보내고 트랜시버로 부터 수신된 가입자측의 음성 정보를 감지하기 위해 가입자측에 있는 음성 코덱 및 여파회로와 동일한 기능을 갖는 회로이다.

(2) 데이터 셀 정합 장치

이 장치도 가입자측에 있는 데이터 셀 정합 장치와 동일한 기능을 가지고 있는 것으로 가입자측과 회선종단측 간에 데이터 터미널을 이용한 비음성 정보의 송·수신을 위해 사용된다.

(3) 변·복조 및 트랜시버

이 회로는 가입자측의 트랜시버와 유사한 기능을 가지고 있으면서 TCM 전송의 제어를 관장하여 8KHz 프레임마다, 여덟개의 음성 데이터와 두개의 신호 및 비음성 데이터를 취하여 이 정보 비트들을 MDPSK 로 변조된 신호를 10비트 버스트내에 송신하게 된다. 가입자측으로 부터 MDPSK 로 변조된 10 비트 버스트는 이 회로에서 복조된다. 그 후 두개의 비음성 데이터와 여덟개의 음성용 데이터는 다음번 125 μsec 프레임 구간동안 해독되기 위해 해당 레지스터로 로드된다. 이 회로의 8KHz 동기 신호는 보통 교환기로 부터 공급되나 편의상 발진회로에서 공급 받는다.

4. 설계 및 실험

1) 시스템 설계

이 시스템의 구현을 위한 실험적 TCM 전송 파라미터는 다음과 같다:

- . 정보 전송 속도: 6.4Kb/s+8Kb/s+8Kb/s
- . 회전 전송 속도: 2.56Kb/s
- . 버스트 반복 주기: 12.5 μsec
- . 변조 방식: MDPSK
- . 가입자 회전 특성: 0.4mm 지질연 at 250KHz
 - 입피턴스 : 108 Ω
 - 위상 지연 : 5.5 μsec /Km
 - 루프저항 : 332 Ω/Km
- . 전송 거리: 0-2.8Km

2) 시스템 실험

가) 실험실 실험 구성

본 실험은 제작된 가입자측 장치 및 회전 종단 장치를 그림 7에 감겨있는 50 Pair 0.4mm 지질연 시네 케이블을 이용하여 실험실 실험의 구성을 그림 8와 같이 구성하여 MDPSK로 변조된 디지털 신호를 TCM 방식으로 전송하였을 경우 이론적인 이상적 최대 전송거리와 실험실에서 측정된 전송거리를 송·수화기 및 데이터 단말을 이용하여 측정하였으며 그때의 송·수신 파형과 수신 신호의 Eye Pattern을 오실로스코프로 측정하였다.

나) 실험실 실험 결과

MDPSK로 변조된 신호의 송·수신 신호를 1Km와 2Km 구간에서 측정된 결과와 수신 신호의 Eye Pattern은 그림 9에 보여진다. 2Km의 구간에서 위상 지연은 10.8 μsec로 확인되었고 감쇠는

$$N(\text{dB}) = 20 \log_{10} (V_r / V_s) \\ = 20 \log_{10} (0.3 / 4.2) \\ = -22.9 \quad (\text{dB})$$

로 측정되었으며 Eye Pattern의 가장 작은 Eye의 Open이 30mV가 되어 비교적 양호한 송·수신을 할 수 있었다.

다) 현장 실험 구성

서울 시내의 임의 진화국의 시내 가입자 선로인 0.4mm 지질연 케이블을 이용하여 그림 8과 같이 구성하여 실험을 하였다. 현장 실험에서는 그림에서 보여진 바와 같이 제작 시스템과 주배선반과의 거리는 약 20m 정도 떨어져 있었으며 주배선반과 주상 가입자 배선점 사이를 루프 이라운드에 의해 측정구간의 선로를 구성하여 제작 시스템의 송·수신 파형과 Eye Pattern을 측정할 수 있었다.

라) 현장 실험 결과

MDPSK로 변조된 신호의 송·수신 신호를 실제 0.4mm 지질연 2선식 가입자 선로의 1.5Km 및 2Km구간에서 측정된 결과와 수신 신호의 Eye Pattern이 그림 9와 10에 각각 보여진다.

1.5Km구간에서 위상 지연 약 8 μsec로 확인되었고 감쇠는

$N = 20 \log_{10} (0.35 / 3.0) = -18.6 \text{ (dB)}$ 이었으며 Eye Pattern의 가장 작은 Eye Open의 전압은 30mV이어서 시스템의 통신은 비교적 양호하였다. 2Km구간에서는 위상 지연은 약 11 μsec로 확인되었고 감쇠는

$N = 20 \log_{10} (0.16 / 2.6) = -24.2 \text{ (dB)}$ 이었으며 Eye Pattern의 가장 작은 Eye Open의 전압은 약 10mV이어서 트랜시버 수신단에서의 임계 결정 전압 25mV보다 대단히 작아 거의 시스템 상호간의 통신이 불가능하였다.

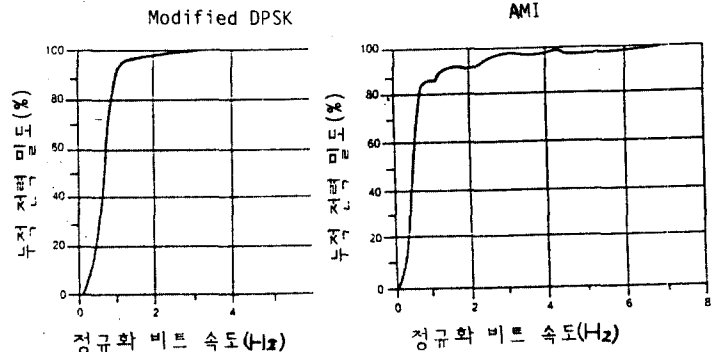
3) 결과 분석

제작 시스템의 이론적 최대 전송거리는 2.8Km로 설계하였으나 실험실 실험에서는 2Km의 전송 가능 거리를 얻을 수 있었으며 현장 실험에서는 1.5Km의 전송 가능 거리를 확인할 수 있었다. 이러한 차이는 실험실 실험에서는 이상적인 선로의 경우에서 측정된 결과이고 현장 실험에서는 실제 가입자 회전 상호간의 원단 누화 임펄스 잡음의 영향이 커서 이론적 산출치의 약 반의 거리밖에 전송할 수 없었다. 따라서 본 제작 시스템은 현 단계에서 적용 방안은 첫째로 디지털 사실 교환기를 이용한 1.5Km 이내의 가입자들간의 음성 및 비음성 정보의 통신에 적합하며 둘째, 다중화 장치를 통한 Pair Gain 시스템에 연결된 1.5Km이내의 가입자들에게 음성 및 비음성 정보의 교환을 할 수 있게 하며 셋째, 트랜시버의 기능을 보강하여 즉, 회전 코우딩과 등회회로의 부가를 통해 직접 대용량 디지털 시내 교환기를 통한 디지털 정보의 통신을 할 수 있겠다. 이러한 기능의 보강은 연구과제로 남겨둔다.

5. 결 론

정보 통신 사회의 도래에 따라 전기통신의 정보교환은 음성을 포함한 다양한 비음성 정보를 통신 매체를 통한 고품위 전송을 요구하게 되었다. 본 논문에서는 80Kb/s의 기존의 2선식 가입자 시내 선로에 음성 및 비음성 정보를 시간 압축 다중화 방식에 의한 변형된 위상 변조 신호를 전송하므로써 가입자 상호간에 디지털 데이터

정보의 교환 기능을 제공하려고 하였다. 실제 제작된 시스템의 전송거리는 실험실 실험에서 2Km 까지로 확인되었고, 원단 누화 및 임펄스 잡음의 간섭이 심한 현장 실험에서는 1.5Km의 전송 거리를 얻을 수 있었다. 따라서 본 시스템을 디지털 사설 교환기를 통한 기존의 2선 가입자 회선을 이용하여 비음상 정보의 교환에 훨씬 강쟁력이 우수한 것으로 밝혀졌다. 또한 본 시스템을 직접 디지털 사설 교환기와 연결시키기 위해 등화기능, 회선 코우닝 기능의 보강에 대한 연구와 14.4Kb/s의 정보 전송속도의 향상에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.



정규화 비트 속도(Hz) 정규화 비트 속도(Hz)
 그림 3. MDPSK와 AMI의 누적 전력 밀도

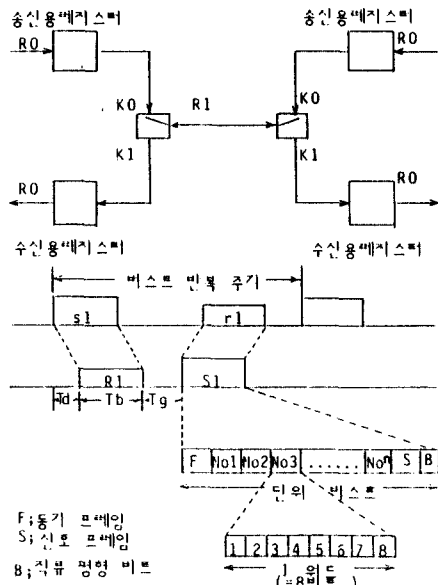


그림 1. TCM 방식도 및 버스트의 일반 구조

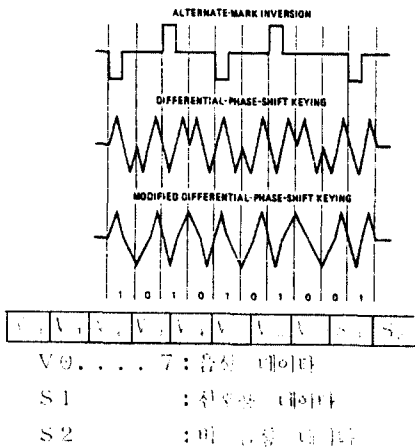


그림 2. 변조 신호파형 및 회선의 버스트 구조

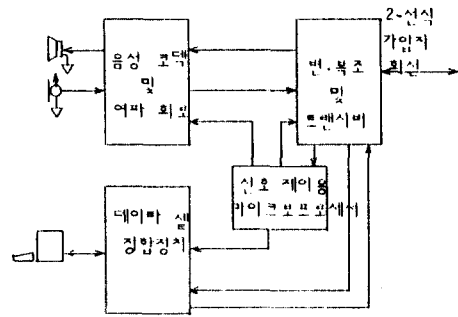


그림 4. 가입자측 장치

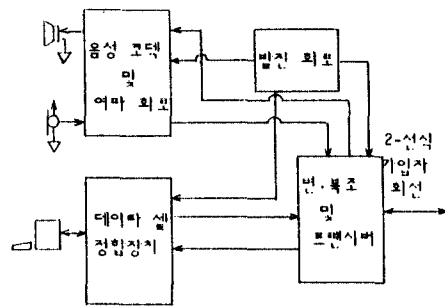


그림 5. 회선중단장치

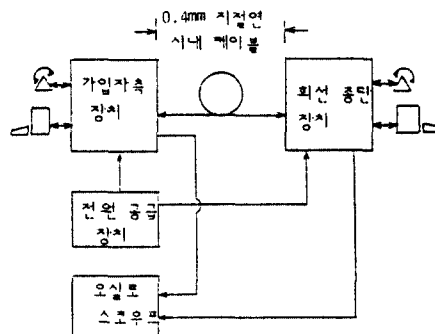


그림 6. 실험실 실험 구성도

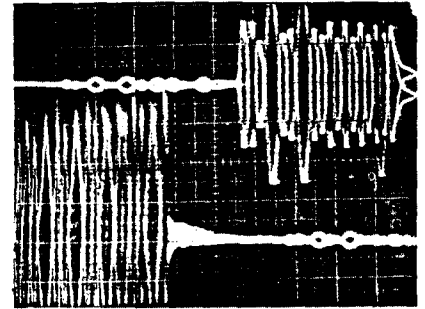
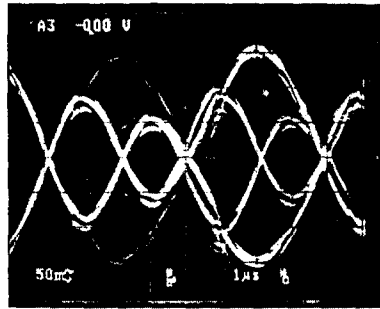
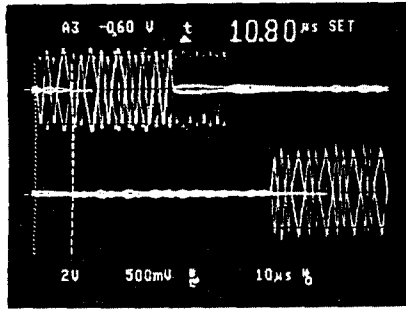


그림 7. 실험실 2 Km 구간에서의 파형 및 Eye Pattern

CH1 회선중단장치 0.5V/D 수신

CH2 가입자측장치 0.2V/D 송신

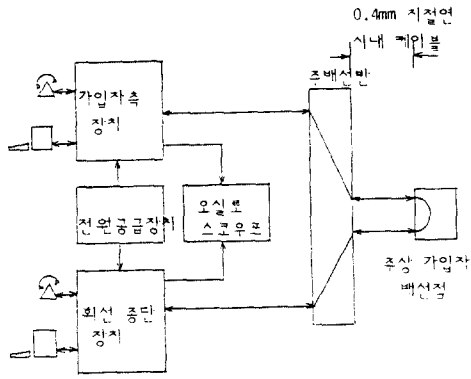
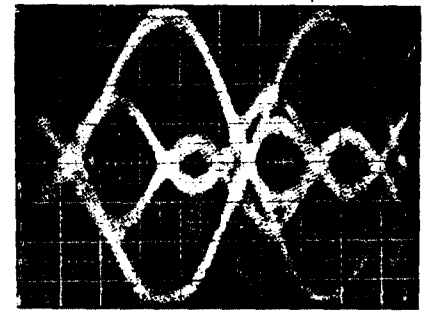


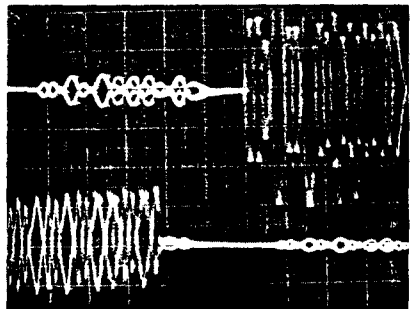
그림 8. 현장 실험 구성도



20 mV/D

1 µsec/D

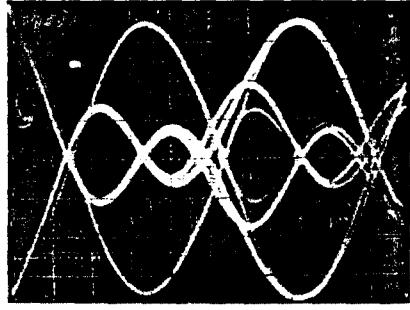
그림 10. 현장 2 Km 구간에서의 파형 및 Eye Pattern



CH1 회선중단장치 0.5V/D 수신

CH2 가입자측장치 0.5V/D 송신

10 µsec/D



50 mV/D

1 µsec/D

그림 9. 현장 1.5 Km 구간에서의 파형 및 Eye Pattern

* 참고 문헌 *

- 1) 한국전기통신공사, "1986년도 전기통신 투자 사업 실태 개황," 1985.11.
- 2) 한국전기통신연구소, "국립전 기통신 사업용 가입자 접속장치 개발," 1985.12.
- 3) H. Wurzberg, et al., "PBX Based LMS: Lower Cost per Terminal Connection," Computer Design, vol. 23, No. 2, pp. 191-199, Feb. 1981.
- 4) A. Mouton, et al., "Chip Family Defines Voice and Data Communications" in No. 1, vol. 23, No. 1, pp. 210-230, May 1981.
- 5) D. Reed, et al., "Line Status Indication in Subscriber Transmission System and Its Application to the Field of Telephone Set," IEEE Trans. Consumer Electron., vol. 29, No. 3, 1981.
- 6) S. K. Park, "Voice Communication by Cable," 1981.