

High-rate Digital Subscriber Line(HDSL) 전송기술개요

韓相吉, 文斗泳, 李京國
金星情報通信研究所 通信1그룹

I. 서론

가입자 선로를 이용한 통신은 Data통신이 활성화 되기 이전에는 음성 서비스가 주류를 이루어 왔다

가입자 선로를 이용한 비음성 서비스를 위하여는 voice band MODEM이 사용되기 시작했으며 전송 속도는 1200bps 또는 2400bps가 주류를 이루어 왔고, 데이터 전송속도가 점차 증가되면서 최근에는 14400bps 까지 상용화 되었으며 현재 voice band MODEM의 전송 한계라고 생각되는 V.fast(data rate: 28Kbps 32Kbps)에 대한 연구와 개발이 진행되고 있다

가입자 선로의 이용 효율을 제고하기 위한 다른 방법으로서 2선 선로를 이용하여 음성은 물론 최대 19200bps 까지의 Data를 동시에 전송하는 DOV(data over voice)와 160Kbps의 데이터를 2B1Q(4-level PAM)방식의 line coding을 이용하는 Basic ISDN으로 발전 하여왔다

한편 사회의 급격한 정보화 추세 및 단말기의 멀티미디어화(multi-media)에 따라 다량의 사용자 정보가 생성되고 있으며 이의 보관, 처리 및 전송등은 매우 중요한 과제가 되고 있다. 이러한 다량의 디지털 정보를 전달하기 위한 전송매체는 광선로가 가입자 통신 매체로 설치 운용되어야 하나 현재로서는 막대한 투자와 함께 많은 시간이 소요 될 것으로 전망된다

현 상황에서는 기존의 전화선로를 통해 T1급 또는 그이상의 디지털 신호를 전송하는 수단이 존재한다면 향후 FTTH(Fiber To The Home)가 상용화되기 전까지의 가입자 전송 수요를 담당할 수 있게될

것이다

이러한 목적으로 미국의 Bellcore와 AT&T를 중심으로한 연구(1988년)가 진행 되어 출현 한것이 HDSL(High-rate Digital Subscriber Line)이다

본고에서는 기존에 설치되어 있는 가입자 선로를 통하여 별도의 증계장치 없이 T1급 또는 E1급의 전송을 가능케하는 HDSL에 대한 환경분석과 장치구성 및 전송기술의 발전 추세에 대하여 기술 하였다.

II. 가입자선로(Subscriberloop)의 환경

이 장에서는 HDSL의 물리적인 환경특성인 전송로의 감쇄특성, 군지연특성, 누화특성, bridged tap 및 impulse noise 특성에 대하여 알아본다.

1. 가입자선로의 전송특성

1) 감쇄특성(Attenuation)

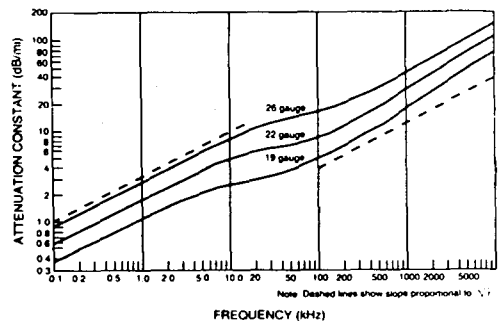


그림 1. 감쇄특성

가입자 선로의 감쇄특성은 선로의 표피효과 (skin effect)에 의해 $f^{1/2}$ 에 비례하는 것으로 알려져 있다. 그러나 실제 가입자 선로의 감쇄특성을 보면 약 10KHz미만 에서는 $f^{1/2}$ 에 비례, 10KHz 100KHz에서는 $f^{1/4}$ 에 비례 (천이영역: transition region), 100KHz이상 에서는 다시 f 에 비례하는 특성을 보인다. 이러한 특성을 그림 1에 나타내었다.

2)군지연 특성(group delay)

가입자 선로의 군지연 특성은 10KHz 미만에서는 큰 왜곡 현상을 나타내며, 30KHz 이상 에서는 매우 완만한 변화 특성을 보인다.

이러한 특성을 그림 2에 나타내었다.

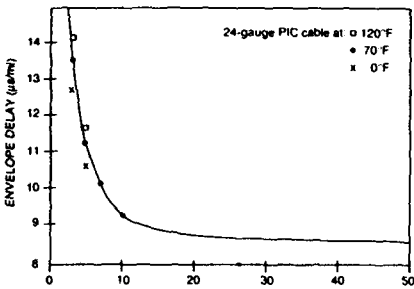
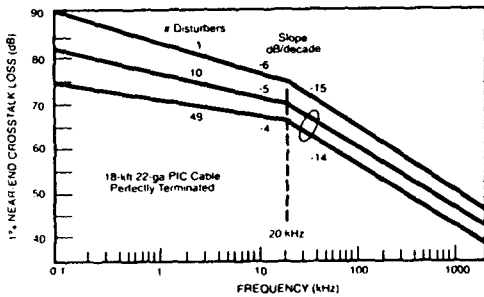
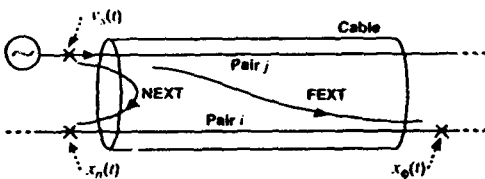


그림 2. 군지연 특성



(a) 근단누화 특성



(b) 근단누화와 원단누화의 경로

그림 3. 근단누화 와 원단누화

2. 누화특성 (Crosstalk)

누화는 근단누화(NEXT : Near End Crosstalk)와 원단누화(FEXT : Far End Crosstalk)로 나누어 생각할 수 있으며 가입자 선로에서는 NEXT가 주된 환경 Noise이다. NEXT의 주파수별 감쇄특성을 그림 3에 나타내었다.

HDSL 응용에 있어서 가입자선로의 채널용량 (channel capacity)은 주로 이 NEXT에 의해 제한을 받는다.

이 NEXT에 따른 가입자 선로의 사용가능 대역폭과 채널용량을 그림 4에 나타내었다.

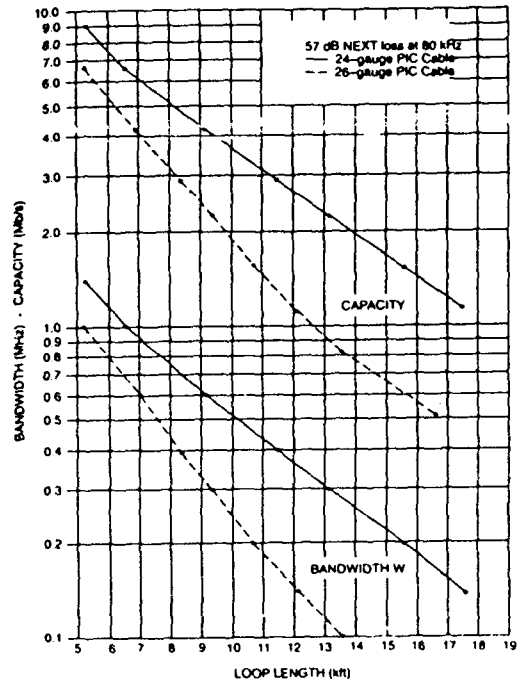


그림 4. 채널용량 및 사용가능 대역폭

3. Bridged Tap

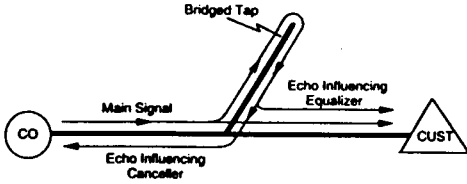
가입자 선로 가운데 전화국과 지역 특성에 따라 bridged tap이 설치 되어 있는 선로가 존재하는데 이것은 순방향 및 역방향의 echo를 유발시켜 임피던스 부정합 등 선로특성을 열화시킨다. 이에 따른 전송특성을 그림 5에 나타내었다.

4. Impulse Noise

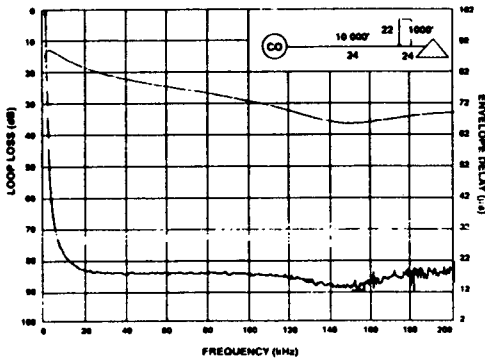
가입자 선로에는 다양한 환경 요인에 의해 Impulse

Noise가 야기되는데 그 주된 특성은 다음 과 같다.

III. HDSL의 장치 구성



(a) Bridge Tap과 반향(Echo) 경로



(b) Bridge Tap이 있는 가입자 선로의 감쇄 및 군지연 특성

그림 5. Bridge Tap 과 그 영향

- 1 분간 1~5번 발생
 - 5~20mV의 최대전압(peak voltage)
 - 대부분의 스펙트럼 에너지는 40kHz 미만에 분포
 - 존재기간은 30~150usec 범위
- 이 Noise는 HDSL 장치에 burst error를 유발시키는 요인으로 작용할 수 있다.

5. 기타 환경 특성

지금까지 살펴 본 환경 요인 외에도 다음과 같은 요인들이 추가적으로 고려되어야 한다.

- 선로의 심선직경변화(gauge change)
- 선로의 임피던스 정합
- 온도변화에 따른 선로특성 변화
- 열 잡음
- 기타 주변 잡음

1. HDSL 장치의 개요

HDSL 장치는 전화국(central office)측 장치와 가입자(remote)측 장치로 대별되며 전화국 장치와 가입자측 장치는 가입자 선로를 통하여 연결된다.

이 연결은 HDSL loop의 구성에 따라서 2선 또는 4선으로 연결될 수 있으며 다음 그림 6은 4선식 dual-duplex 구성의 HDSL 장치를 보여주고 있다.

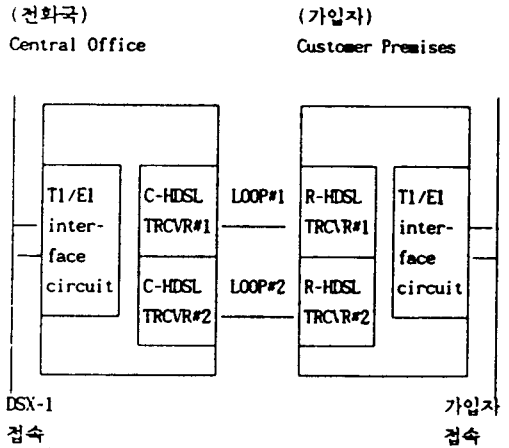


그림 6. HDSL 장치 구성

2. HDSL 장치의 구성요소

HDSL 장치는 그림.6에서 보는바와 같이 2개의 송수신부와 하나의 T1 또는 E1 접속부로 구성되어 있다.

1) T1/E1 접속회로및 다중화 회로

〈그림.6〉에서 보는바와 같이 전화국측에 위치하는 T1/E1 접속회로는 DSX-1, remote측에 위치하는 T1/E1 접속회로는 가입자 접속부에 연결된다.

그림 6과 같이 4선식 구성(4W loop configuration)에서 수신측은 T1 또는 E1의 신호(serial bit stream)를 1/2의 비율로 분리하고 CRC와 Frame Bit등의 부가 정보(overhead)를 각각 다중화하여 송수신부#1 과 #2로 보낸다.

송신 방향에 있어서는 그 반대의 기능을 수행한다.

2) 송수신부

이 BLOCK은 HDSL Unit의 전송기능의 핵심부로서 선로 구성이 4선 dual-duplex인 경우에 〈그림.7〉과 같은 Sub-Block들로 구성되어 진다.

이 구성에서 echo-canceller는 송신신호가 수신측으로 누설되어 수신신호에 혼합되어 들어오는 것

을 제거하기 위하여 사용된다.

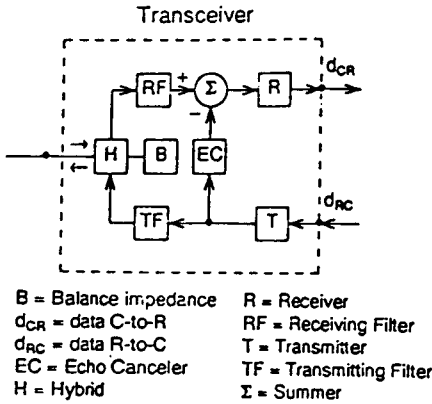


그림 7. TRANCEIVER부

3. 가입자 선로의 구성 방법

HDSL system은 그 응용에 따라서 다음과 같은 여러가지 형태의 선로 구성이 가능하다.

1) 4선식 Dual-Duplex

HDSL system에 있어서 가장 일반적으로 고려되고 있는 선로 구성 형태로서 2-pair(4선) 구성이다. 각 pair는 1/2 pay-load 데이터와 overhead를 포함한(T1의 경우 각 784Kbps) 데이터를 full-duplex로 전송한다. 이 방법은 ECHO CANCELLER를 필요로 하므로 hardware의 복잡성은 증가하나 bandwidth의 효율측면에서는 유리한 방법이다.

2) 4선식 Full-Duplex

이 방법은 현재 사용되고 있는 T1 전송 방법과 유사한 방법으로 넓은 bandwidth를 필요로 하나 ECHO CANCELLER는 필요치 않다. 이때는 각 방향의 전송속도가 1.568Mbps로 되어 NEXT가 커지는 단점이 있으며 이에 따라 전송가능 거리가 짧아진다.

3) 2선식 Full-Duplex

1 pair 선로를 이용하여 T1 또는 E1급의 데이터를 Full-Duplex전송하는 방법으로 위 2)항과 마찬가지로 전송거리가 단축되는 단점이 있다.

4. HDSL 가입자 선로의 조건

HDSL System에 사용되는 가입자 선로의 조건은 다음과 같다.

- ①무장하 선로
- ②이중 심선(multi-gGuage) 접속 허용
- ③총 길이 2.5Kft까지의 B.T.(bridged tap)허용
- ④4선 선로 구성시 LOOP#1 과 LOOP#2 선로

길이의 차이는 약 3.3Kft를 초과 할 수 없다. 이상의 조건을 만족할때 T1신호를 12Kft까지 전송 할 수 있다.(4선 dual-duplex의 경우) 참고로 한국의 가입자 선로 현황을 살펴보면 다음과 같다.

(a) 거리별 현황

평균 : 2.2Km	
거리	비율
1Km 이내	23.5%
1~ 2 Km	29.1%
1~3Km	21.4%
3~4Km	12.3%
4Km 이상	13.1%

(b) Gauge별 현황

굵기	비율
0.4mm	83.7%
0.5mm	13.0%
0.65mm	3.0%
0.9mm	0.3%

(c) 이중심선 접속 현황

구분	비율
0.4mm 단일	67.0%
0.5mm 단일	5.0%
0.65mm 단일	1.0%
이중 심선	27.0%

(d) BT및 장하 선로의 현황

- ①전체 가입자 선로 중에서 약 2%의 선로에 BT (Bridged Tap)가 있으며 그 평균 길이는 약 413m 이다.
 - ②장하 선로는 거의 없음
- 이상의 선로 현황에 의하면 한국의 가입자 선로 환경은 미국등 다른 나라들에 비하여 bridged tap 의

비율이 적으며 가입자까지의 평균 거리도 짧아 HDSL 응용에 유리한 조건을 갖추고 있다.

IV. HDSL 전송 기술

이 장에서는 HDSL SYSTEM의 주요기술과 3가지의 대표적인 LINE CODING/MODULATION 방식에 대하여 설명하고자 한다.

1. 반향 제거 기술(ECHO CANCELLER with HYBIRD)

ECHO CANCELLER기술은 같은 대역폭을 사용하는 2개의 송수신 신호를 1개의 전송 선로를 통하여 통 신하고자 할 경우에 사용되는 주요 기술 중의 하나 이다. ECHO 발생의 주요 원인은 다음과 같다.

- ①HYBIRD 임피던스와 선로 임피던스와의 부정합
- ②bridged tap
- ③이중심선 접속(guage change)

echo canceller의 동작원리는 다음과 같다. 송신 신호가 상기 요인에 의하여 수신측으로 누설되어 수신 신호에 혼합되어 입력된다. echo canceller는 송신신호 성분이 누설되는 경로의 전달함수 (transfer function)를 estimation하여 이를 echo canceller의 전달함수로 하여 echo 성분을 제거하게 된다. ECHO CANCELLER의 개념도를 그림 8에 나타내었다.

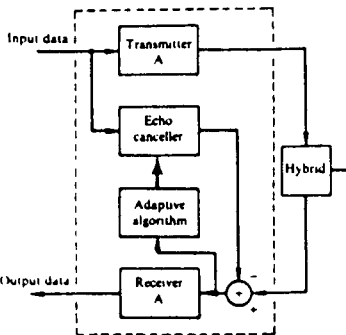


그림 8. ECHO CANCELLER

2. 자동 등화 기술

앞장에서 언급한 바와 같이 신호는 선로를 거치는 동안 많은 요인에 의하여 변형(amplitude 및 phase

distortion)을 받게 된다. 이러한 변형된 신호를 복원하기 위하여 사용되는 기술이 equalizer 기술 이다.

최근 DIGITAL 신호 처리 기술의 발달에 힘입어 대부분의 보상을 DIGITAL영역에서 다룰수 있게 되었으며 LE(Linear Equalizer) 또는 DFE(Decision Feedback Equalizer)등이 이 목적으로 사용되고 있다.

이들 등화기는 FIR형의 digital filter가 사용되며 Filter의 계수(coefficients)는 선로의 상태에 따라 자동조절 된다. 자동조절에 사용되는 목적 함수는 Filter의 출력에서 ISI(Inter-Symbol Interference)가 최소가 되도록 구성되어야 한다. 최근에는 전송 이득을 높이기 위하여 수신측과 연동 하여 송신측에서 미리 Coding된 신호(pre-coding)를 전송하는 방식도 검토되고 있다. 그림 9에 equalizer의 개념도를 나타내었다.

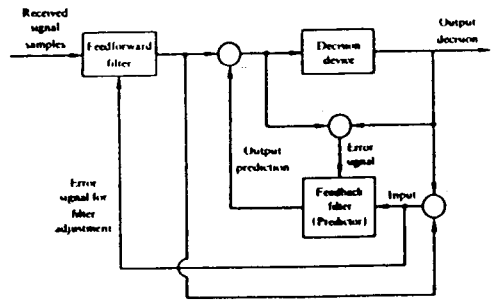


그림 9. 자동 등화기

3. LINE CODING/MODULATION 방식

이 절에서는 최근 HDSL 기술 표준화의 검토대상이 되고 있는 3가지 주요기술의 특성에 대하여 알아 본다.

- 1) 2B1Q CODING(2-Binary/1-Quaternary) ISDN-BRI(Basic Rate Interface : 2B + D)에

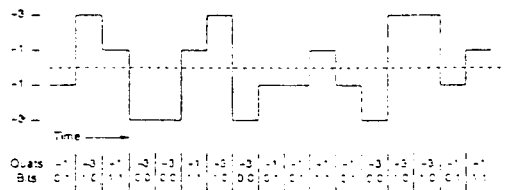


그림 10. 2B1Q SYMBOL

서 사용된 coding방식으로 타방식에 비해 상대적으로 간단한 Hardware 구성으로 경제적인 구현이 가능하다는 장점이 있으나, 신호의 점유 대역폭이 넓고 impulse noise 및 다른 기존의 방식과 간섭등의 영향을 받기 쉬운 단점이 있다. 그림 10에 2B1Q 방식의 CODING을 나타내었다.

2) CAP 방식(carrierless AM/PM)

이 방식은 2개의 baseband 신호를 IN-PHASE와 QUADRATURE-PHASE FILTER를 이용하여 passband spectral shaping하여 전송하는 방식이다. CAP 방식은 2B1Q와 같은 대역폭을 사용하더라도 2B1Q신 호 보다 2배의 전송 속도를 갖는다. 이 방식은 주파수 대역이 적절히 설정되었을 경우 LINE의 Impulse Noise 및 기타 기존 신호와의 간섭등이 최소화 되도록 주파수 배치를 자유롭게 할 수 있다는 장점이 있으나, 계산량이 많아짐으로 인하여 Hardware가 복잡해지고 경제적인 구현이 어렵다.

그림 11에 CAP방식을 이용한 간단한 송수신기의 구조를 나타내었다.

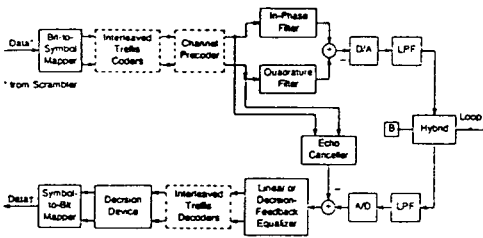


그림 11. CAP방식 TRANCEIVER

3) DMT 방식(Discrete Multi-Tone)

이 방식은 사용 주파수 대역을 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용하여 여러개의 sub주파수 대역으로 분할하고 각 Sub 주파수대 별로 다른 데이터를 변조하여 전송하는 방식이다. 이 방식은 각 Sub 주파수대별 변조 신호의 symbol-rate을 낮출수 있어 가입자 선로에서 발생하는 impulse noise에 대하여 다른 방식보다 유리한 특성을 보인다. 한 편 sub 주파수 대역별 변조로 인하여 계산량이 많은 편 이어서 hardware가 고가이며 이 방식에 대한 ECHO CANCELLER의 구현이 매우 복잡해지는 단점을 가지고 있다. 그림 12는 DMT 방식의

TRANCEIVER를 나타내고 있다.

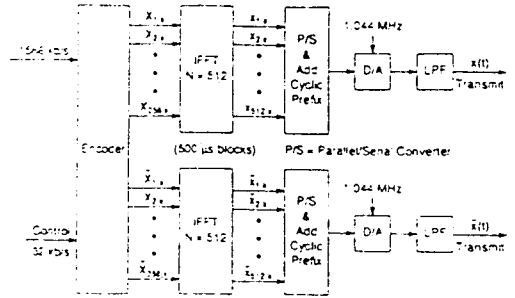


그림 12. DMT 방식 TRANCEIVER

V. 향후 전망

본고에서는 근래 가입자 전송 기술에서 화제가 되고 있는 HDSL 기술개요와 그 환경 및 기술발전 추세에 대하여 알아보았다.

지금까지의 HDSL 관련 진행 현황을 보았을 때 T1 및 E1급의 HDSL에 대하여 T1E1.4 committee를 중심으로한 표준화 작업이 조만간 완료될 것으로 생각되며 실용화 단계가 되면 CATV, Video conferencing 및 home-shopping 등과 같은 고속 Video 데이터 전송 등 다양한 응용분야가 활성화될 것으로 예상된다.

HDSL은 가입자 전송기술이 궁극적으로 추구하는 FTTH(Fiber To The Home)로 향해가는 기술 발전 과정에서 중요한 교량역할을 할 수 있을 것이다.

HDSL 기술은 가입자 전화선을 이용하여 보다 고속의 데이터 전송을 가능케 하기 위한 연구가 진행되고 있으며 궁극적으로는 가입자 선로의 CHANNEL CAPACITY에 접근하는 전송 속도를 구현하기 위한 기술적인 노력이 당분간 계속 될 것으로 생각된다.


參考文獻

[1] IEEE, "Journal on Selected Areas in Communications" Aug. 91 vol 9 No.6.
 [2] T1E1.4 "High-bit-rate Digital Subscriber

Lines(HDSL)" Technical Report T1E1.
4/92-002R2.

Technical Advisory TA-NWT-001210
Issue 1, October 1991.

[3] Bellcore, "Generic Requirements for
High bit-rate Digital Subscriber Lines".

[4] John G. PROAKIS "Digital Communica-
tions" 

筆者紹介



韓相吉

1962年 8月 20日生

1986年 2月 한양대학교(전자공학과)졸업

1986年 3月 ~ 1990年 7月 이스턴 전자통신(주)

1990年 7月 ~ 현재 금성정보통신(주)

주관심분야: HDSL



文斗泳

1955年 2月 13日生

1980年 1月 한양대학교(전자공학과)졸업

1980年 1月 ~ 1987年 4月 금성전기(주)

1987年 4月 ~ 현재 금성정보통신(주)

주관심분야: DATA TRANSMISSION



李京國

1954年 8月 22日生

1977年 2月 한양대학교 통신공학과(학사)

1979년 2월 한양대학교 대학원 통신공학과(석사)

1990년 3월 ~ 현재 한국과학기술원 박사과정 재학중

1978년 11월 ~ 1987년 3월 금성전기 기술연구소 선임연구원

1987년 4월 ~ 현재 금성정보통신(주) 안양연구소 통신 1그룹 책임연구원/그룹장

주관심분야: 광통신, 다중통신, 디지털 MODEM, 신호 Detection