

論 文

전화채널용 표준 변조방식의 식별에 관한 연구

正會員 金 炳 辰\* 正會員 趙 東 浩\* 正會員 李 愷 洙\*\* 正會員 高 奉 秀\*\*

A Study on the Identification of the Standardized Modulation Type for the Telephone Channel

Byung Jin KIM\*, Dong Ho CHO\*, Hwang Soo LEE,\*\* Bong Soo KOH\*\* *Regular Members*

**要 約** 본 논문에서는 CCITT에서 권고하고 있는 저속 및 중속 모뎀의 동작 원리를 파악하고 전화채널의 특성을 조사한 후에 변조신호를 판별하기 위한 세가지 종류의 식별 알고리즘을 제안하고, 그 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 이상적인 채널인 경우에는 위상차와 peak 값, 신호 성좌점 등과 같은 변조신호의 특성을 활용하면 FSK, PSK, QAM 방식등을 어느 정도 식별할 수 있었다. 특히 상관함수를 이용하면 FSK 방식의 종류까지도 정확하게 검출할 수 있었다. 또한 변조신호가 전화채널이나 잡음채널을 통하여 수신될 때는 진폭 및 지연 왜곡이 클수록, 가우시안 잡음이 많이 섞일 수록 위상차와 peak 값, 신호 성좌점을 이용한 식별 알고리즘의 성능이 급격히 저하되나 상관함수를 이용한 모뎀 형태의 식별 알고리즘은 다른 방식보다 전화채널의 특성과 가우시안 잡음등에 덜 민감하여 그 성능이 매우 우월함을 알 수 있었다.

**ABSTRACT** In this paper, the characteristics of MODEM with the low and medium transmission rate which are recommended by the international organization such as CCITT have been studied and the features of the telephone channel have been investigated. Then, three kinds of classification algorithms for the modulated signals have been suggested and their performance have been researched through the computer simulation.

In case that the channel is ideal, the modulation type such as FSK, PSK and QAM could be estimated to a degree by using the characteristics of the modulated signals like the peak and phase difference, signal constellation and so on. Especially, using the correlation characteristics of the modulated signal, the class of the FSK, PSK, and QAM can be detected correctly. Moreover, when the modulated signals are received through the telephone channel or noisy channel, it could be seen that the performance of the correlation algorithm is superior to that of other two algorithms because of the correlation being robust to the characteristics of telephone channel and Gaussian noise, although the performances of the two classification algorithm using the peak and phase difference, signal constellation and so on decrease rapidly as the amplitude distortion, delay distortion and Gaussian noise increase.

I. 서 론

정보화 사회가 도래함에 따라 다양한 부가가치 서비스가 통신망을 통해 제공될 것이 예상되므로 통신회선을 효율적으로 활용하고 신속한 정보 서비스를 제공하기 위해서 입력신호의 형식에 관한 연구가 본격적으로 이루어질 것이다. 이를 위해서는 국제적으로 표준화 되어 사용되고 있는

각종 변조 방식의 특성 추출에 관한 연구가 절실히 요망될 것이다. 각종 통신수요가 급증하고 다양화 해짐에 따라, 기존의 음성 서비스를 서비스하기 위한 전화망이나 데이터를 서비스하기 위한 데이터망이 여러 종류의 트래픽을 서비스하고 있다. 최근에 선진 외국에서는 유선통신망을 이용한 정보 서비스 뿐만 아니라 무선 통신망을 통한 고정 및 이동 데이터 서비스가 제공되고 있다.

이와같은 상황에서 송수신측이 데이터를 제대로 주고 받기 위해서는 변조방식, 반송파 주파수, 전송속도 등의 기본정보를 미리 알고있어야 한다. 즉 종합정보 통신망이 구축되어 다양한

\*慶熙大學校 電子計算工學科  
Dept. of Computer Eng., Kyung Hee University

\*\*韓國科學技術院 電氣및 電子工學科  
Dept. of Electrical Eng., KAIST  
論文番號 : 91-19 (接受 1990. 8. 6)

데이터 베이스 서비스가 제공되면 통신회선을 효율적으로 활용하기 위해서는 변조방식, 전송속도, 반송파 주파수등이 송수신단에 이미 고정되지 않고 회선의 상태 및 품질, 트래픽 양에 따라 적절하게 변해야 하므로, 이 경우에는 수신단에서 신호를 분석하여 해당 변조방식에 대한 정보를 추출할 수 있어야만 기존의 여러 종류의 모뎀방식을 지원하는 것이 가능하다.

송수신 양측에서 변조 방식, 전송 속도, 반송파 주파수 등이 고정되지 않고 통신망 사정에 따라가변되므로 정확한 수신을 위해서 입력 신호 형식이 제대로 추정되어야 한다. 수신신호로부터 변조 방식에 대한 정보를 추출하는 것은 어려운 문제이다. 이와같은 입력신호의 변조 형식을 판별하기 위해서는 국제적으로 사용하고 있는 표준 변조방식의 특성에 관한 연구가 필요하다.

지금까지는 미지의 신호가 입력되면 진폭, 순간 주파수, zero phase의 히스토그램 특성 vector 를 구한 후에 ASK2, FSK2, FSK4, PSK 2, AM, 잡음등의 표준 특성 vector와 비교하여 최소 MSE를 구해서 그때의 표준 특성 vector의 신호를 입력 변조신호로 판단하거나<sup>1)</sup>, 위상차의 경계값을 이용하여 CW, BPSK, QPSK 신호를 판별하였다<sup>2)</sup>. 또한 변조신호에 대한 각각의 직교성분의 제곱값을 합한 특성변수의 도수 분포를 이용하여 PSK 신호와 MSK 신호를 판별하였으며<sup>3)</sup>, 이밖에 포락선 특성, 반송 주파수, 모드율, 성좌점등을 조사하여 FSK, PSK, QAM 등의 모뎀 특성을 식별하였다<sup>4)</sup>.

본 논문에서는 이상적인 채널 뿐만 아니라 2가지 종류의 전화선로를 통하여 변조신호를 수신했을 때 V.21 FSK, V.23 FSK, 2 $\phi$  PSK, 4 $\phi$  PSK, 8 $\phi$  PSK, 4800 QAM, 7200 QAM, 9600 QAM 방식등을 식별하는 일반적인 알고리즘을 제안하고 그 성능을 평가하고자 한다.

서론에 이어 제2장에서는 CCITT에서 권고하고 있는 저속 및 중속 변복조 방식의 특성을 기술하고<sup>5)</sup>, 제3장에서는 전화 채널의 특성을 설명한다. 또한 제4장에서 모뎀 형태의 판별

알고리즘에 대해 기술하며, 제5장에서 모뎀 형태의 판별 알고리즘에 관한 시뮬레이션 결과를 분석한다. 마지막으로 제6장에서 결론을 맺는다.

## II. CCITT 저속 및 중속 변복조 특성 연구

### 1. 저속 FSK 모뎀

#### (1) V.21 300 bps 모뎀

데이터 전송은 duplex 방식으로 이루어지는데 동시에 양방향 데이터 전송이 되거나 backward channel로 오류제어 정보가 전송된다<sup>6)</sup>. 또한 2선식 또는 4선식 선로를 사용하여 데이터 전송이 이루어지며 변조 방식은 frequency shift keying (FSK)이다. 채널 1의 평균주파수는 1080 Hz 인데, mark는 1180Hz로 space는 980Hz로 표시된다. 또한 채널 2의 평균주파수는 1750Hz 인데, mark는 1850Hz, space는 1650Hz로 나타내진다. 이때 데이터는 동기 또는 비동기 방식으로 전송될 수 있다.

일반적으로 두채널이 동시에 양방향 데이터 전송에 사용될때 채널 1은 호출측 데이터를 피호출측으로 전송하는데 사용하고 채널2는 반대방향으로 데이터를 전송하는데 이용된다. 한 채널이 데이터 전송에 사용되고 다른 채널이 점검 신호나 서비스 신호의 전송에 이용될때는 데이터가 전송되는 방향과 상관없이 채널 1이 호출측에서 피호출측으로의 전송에 활용된다.

#### (2) V.23 600 / 1200 baud 모뎀

이 모뎀은 FSK 변조방식을 사용하는데 최대 1200bps까지 동기 또는 비동기식 데이터를 송수신하고 4선식 또는 2선식 전송이 가능하다<sup>6)</sup>. 2선식을 사용할 때는 half duplex 모드로 동작하고 4선식을 사용하면 full duplex 모드로 운영된다. 최대 속도가 600 baud 일때 Mark는 1300 Hz로, space는 1700Hz로 표시되며, 최대 전송속도가 1200 baud 일때 Mark는 1700Hz로, space

는 2100Hz로 나타내진다. 이외에 오류제어를 위해서 75baud의 backward 채널이 사용되는데 이때는 390Hz와 450Hz 주파수 성분이 각각 mark 와 space를 나타낸다.

## 2. V.27 PSK 모뎀

모뎀은 일반적으로 송신기와 수신기로 대별할 수 있는데 CCITT V.27 시리즈 모뎀 권고안 중에서 가장 많이 사용되고 있는 4800/2400 bps V.27 ter 모뎀의 송신기에 대한 전체 블럭도가 그림 1에 잘 나타나 있다<sup>6)</sup>.

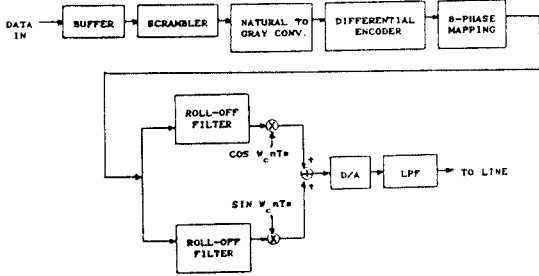


그림 1. 4800 bps modem 송신기의 구성도  
Fig. 1. The block diagram of the 4800 bps modem transmitter.

데이터가 입력되면 버퍼에 저장되고 수신기에서 비트동기를 쉽게 잡도록하기 위해 스크램블러에 의해 스크램블링 된다. 스크램블링된 데이터 신호는 심볼 에러가 생길때 비트에러를 줄이기 위해서 Gray 코드로 변환시킨후 데이터 신호를 한 심볼에 해당하는 세 비트씩 나누어 differential encoding을 수행한다. Differential encoding을 하면 이전 심볼과 현재 심볼의 차이만을 encoding하므로 그 위상 차이가 상대적으로 적게 되어 수신부에서 반송 주파수의 동기를 찾는 데 있어서 위상의 모호성과 관련된 영향을 덜 받게 된다.

위상부호화된 신호는 in phase 성분과 quadrature 성분으로 나뉘어진 후에 roll off 필터를 통과한다. Roll-off 필터에서 대역폭이 1200Hz로 제한된 다음에 1800Hz반송파 신호에 의해서

suppressed carrier amplitude modulation(SC-AM)이 이루어진다. 이때 4800 bps로 전송될 때는 8 $\phi$  PSK 방식이 사용되고 2400 bps로 동작될 때는 4 $\phi$  PSK 방식이 이용된다. 서로 quadrature 관계에 있는 반송파 주파수에 의해 SC AM이 행해진 2개의 신호가 합쳐져서 D/A 변환기에 의해 아날로그 신호로 바뀐 후에 band-pass filter(300-3400Hz)를 거치면서 대역제한을 받는다.

## 3. V.29 QAM 모뎀

V.29 QAM 모뎀 시스템도 크게 송신기와 수신기로 나눌 수 있는데 송신기의 전체 구조는 그림 2와 같다<sup>7)</sup>.

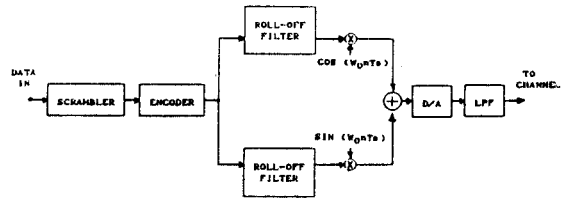


그림 2. 9600 bps modem 송신기의 구성도  
Fig. 2. The block diagram of the 9600 bps modem transmitter.

입력 데이터는 스크램블러를 거치면서 신호의 주파수 성분이 넓게 퍼지게되어 특정한 주파수 성분이 커질때 발생하기 쉬운 간섭 현상이 방지 된다. 또 스크램블링은 수신기에서 비트 타이밍의 동기를 맞추는 것을 용이하게 하면서 적응 등화기의 tap 계수가 적당한 상태로 유지되게 하여 채널 특성을 정확하게 보상하도록 한다. 스크램블링된 데이터는 수신기에서 decision error가 발생했을 때의 비트 오류를 최소화하기 위해 natural 코드에서 Gray 코드로 변환된다. Gray 코딩된 데이터는 4비트씩 묶어서 하나의 심볼을 형성하는데, 이 심볼의 위상은 differential encoding 방식에 의해서 결정된다.

4개의 비트가 모두 입력 데이터일 때 9600 bps의 속도가 되고 한 비트가 0이고 나머지 3비트가

입력 데이터로 구성될 때 7200 bps가 되며, 실제 데이터 비트는 2개이고 하나의 비트는 0, 나머지는 한 비트가 실제 데이터 비트 2개의 exclusive-NOR로 encoding될 때는 4800bps의 전송 속도가 된다.

Encoding된 신호는 inphase 성분과 quadrature 성분으로 나누어져서 roll-off 필터링된 후에 반송 주파수 1700Hz로 quadrature amplitude modulation(QAM) 변조되어 D/A converter를 거친다. 그 후에 D/A 변환된 아날로그 신호는 대역폭 300-3400Hz인 band pass filter를 거쳐서 송신된다.

### III. 전화채널의 특성

전화선은 일반적으로 300~3400Hz 대역의 주파수 신호만을 통과시키는데 이러한 전화채널을 통과한 신호도 전화채널의 특성 때문에 진폭 성분과 위상성분이 일그러지게 된다. 또한 신호가 선로를 통해서 전송될때 임펄스 잡음 혹은 가우시안 잡음이 첨가된다. 전화선로의 특성은 전달함수를  $H(\omega)$ 라 할때 주파수 대역에서의 크기와 지연으로 다음과 같이 표시된다.

$$H(\omega) = |H(\omega)| e^{j\phi(\omega)} \\ = H_R(\omega) + jH_I(\omega) \quad (1)$$

여기서  $H_R(\omega)$ 와  $H_I(\omega)$ 는 각각  $H(\omega)$ 의 실수부와 허수부를 나타낸다. 모델 송신기의 출력인 변조된 파형의 스펙트럼을  $M(\omega)$ 라 하면 모델 수신기의 입력신호의 스펙트럼  $R(\omega)$ 는 다음과 같다.

$$R(\omega) = M(\omega) \cdot H(\omega) \quad (2)$$

따라서 수신기의 입력신호  $r(t)$ 는  $M(\omega) \cdot H(\omega)$ 를 Inverse Fourier Transform 하여 구할 수 있다.

$$r(t) = F^{-1} [M(\omega) \cdot H(\omega)] \\ = m(t) * h(t) \quad (3)$$

단, 여기서  $F^{-1}$ 는 inverse FFT이고,  $*$ 는 convolution을 나타낸다.

전화선로의 특성은 상대적 감쇠와 group 지연 시간으로 주어지며 장소에 따라 큰 차이가 있는데 크게 다섯가지 형태로 분류된다. 본 논문에서 진폭특성과 지연특성이 가장 양호한 그림 3의

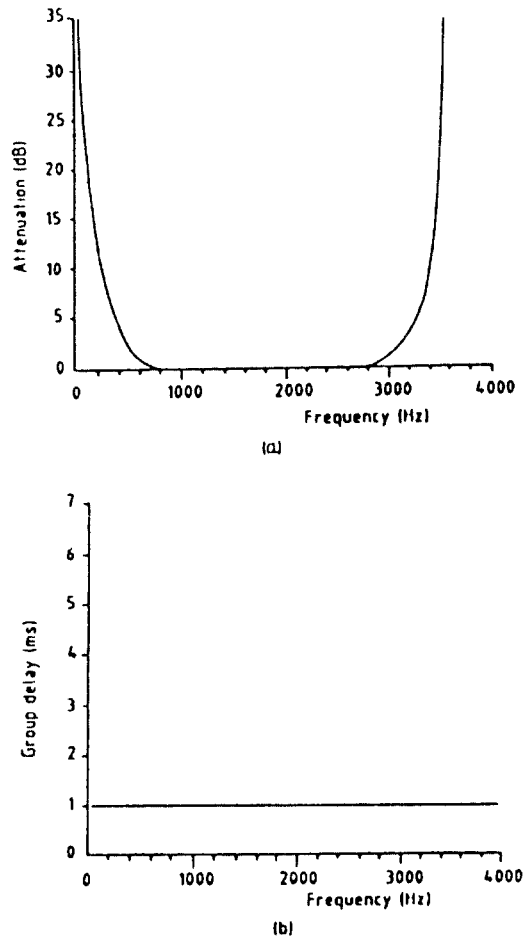


그림 3. 전화선로의 모델 1에 대한 주파수 특성  
(a) 진폭 특성 (b) 지연 특성  
Fig. 3. The frequency response of the model 1 for the telephone channel.  
(a) The amplitude characteristics  
(b) The delay characteristics

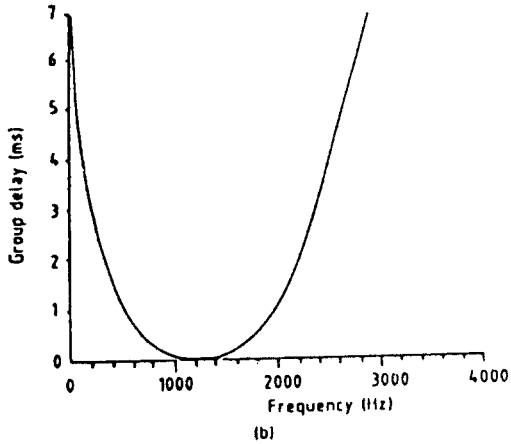
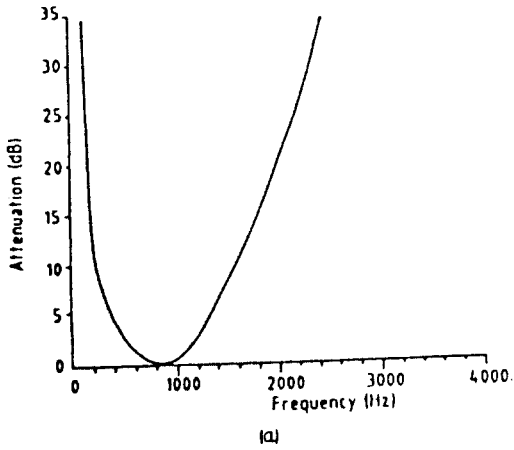


그림 4. 전화선로의 모델 V에 대한 주파수 특성  
 (a) 진폭 특성 (b) 지연 특성  
 Fig. 4. The frequency response of the model V for the telephone channel.  
 (a) The amplitude characteristics  
 (b) The delay characteristics

모델 I과 진폭특성과 지연특성이 가장 나쁜 그림 4의 모델 V에 대해서만 고려한다<sup>18)</sup>.

전화선로의 임펄스 응답은 그림 3과 4에 표시된 주파수 응답곡선을 활용하여 구할 수 있다. 송신기의 데이터 전송속도와 채널의 대역폭을 고려하여 시뮬레이션 rate를 결정한 후에 주파수 응답곡선의 값을 균일하게 샘플링한다. 그 후에 주파수 영역의 진폭 및 위상 샘플값에 대해 inverse FFT를 취하면 전화선로의 모델 I과

V에 대한 임펄스 응답이 그림 5와 그림 6으로 표시된다.

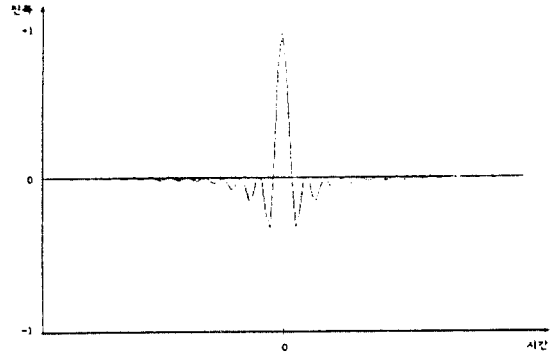


그림 5. 전화선로의 모델 I에 대한 임펄스 응답  
 Fig. 5. The impulse response of the model I for the telephone channel.

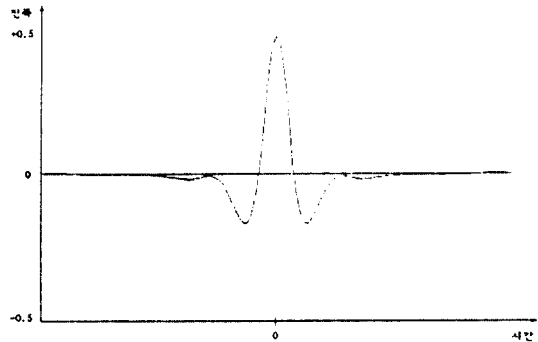


그림 6. 전화선로의 모델 V에 대한 임펄스 응답  
 Fig. 6. The impulse response of the model V for the telephone channel.

#### IV. 모뎀형태의 판별 알고리즘 연구

##### 1. 위상차와 Peak값을 이용한 모뎀형태의 식별 알고리즘

위상차와 peak값을 이용한 모뎀형태의 식별 알고리즘은 참고문헌 1,2의 위상특성을 토대로 하여 위상차와 변조신호의 peak값을 이용하여 제한된 특정 변조신호 뿐만 아니라 전화채널을 사용하여 전송되는 모든 종류의 변조신호를 일반

적인 방법으로 식별하도록 하였다.

(1) 반송 주파수의 추정

선형위상변조 신호는 일반적으로 다음과 같이 표시된다.

$$X(k) = A \cos(\omega_c k + \phi(k)) \quad (4)$$

여기서 A는 전송신호의 진폭이고,  $\omega_c$ 는 반송 주파수이며,  $\phi(k)$ 는 위상변조 함수이다. 이러한 X(k)에 대한 analytic 신호  $\tau(k)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \tau(k) &= A \exp[j(\omega_c k + \phi(k))] \\ &= A [\cos(\omega_c k + \phi(k)) + j \sin(\omega_c k + \phi(k))] \end{aligned}$$

위상함수를 미분하면 반송 주파수 성분  $\omega_c$ 를 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} P'(k) &= \frac{\Delta P(k\Delta t)}{\Delta t} = \frac{P(k\Delta t) - P((k-1)\Delta t)}{\Delta t} \\ &= \omega_c + \phi'(k) \end{aligned} \quad (5)$$

따라서 반송 주파수 P'(k)의 평균값으로 추정할 수 있는데 위상변조 함수성분인  $\phi'(k)$ 가 위상변화가 있을때마다 펄스를 발생시키므로 신뢰성 있게 반송주파수를 정확하게 추정하기 위해서는 위상차가 어느값 이상이면 비러야 한다.

일반적으로  $f_c$ 는 전송신호의 대역폭 안에 존재하므로 전송신호의 대역폭으로 band pass filtering을 행한다.

(2) 보드울의 추정

위상차 신호성분 중에서 주기적인 펄스사이의 interval이 심분주기의 정수배이므로 일반적으로 경계값을 초과하는 펄스 사이의 최소 샘플 수  $N_{min}$ 을 알면 데이터 전송율인 보드울  $f_d$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$f_d = f_s / N_{min} \quad (6)$$

여기서  $f_s$ 는 샘플링 주파수이다.

(3) 모델형태의 식별 알고리즘

CCITT에서 권고하고 있는 표준 변조방식인 경우에는 각 방식마다 주파수 대역폭이 다르므로 주파수대역에 대한 추정값으로도 변조 방식의 식별이 가능하다. 또한 진폭 특성, 진폭 peak 값의 종류, 평균 심분당 위상변화 등을 알면 어느정도 변조방식의 형태를 식별할 수 있는데 그 과정이 그림 7에 표시되어 있다.

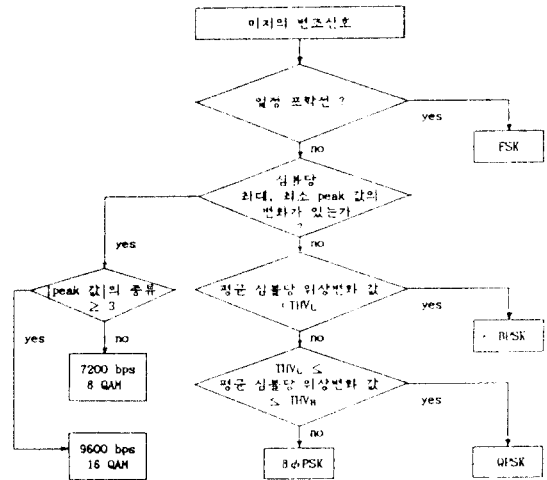


그림 7. 위상차와 peak 값을 이용한 모델 형태의 식별 흐름도.  
Fig. 7. The flowchart for the classification algorithm of the modulation type using the phase difference and peak value.

미지의 변조 신호가 입력되면 최대, 최소 peak 값을 구하여 그 값의 크기가 변화하는 것을 조사하여 일정하면 FSK로 판별한다. 그렇지 않을때는 심분과 심분시의 변화량을 제거하고 심분당 최대, 최소 peak 값의 절대값의 변화를 살펴본다. Peak 값의 절대값의 변화가 존재하면 심분을 나타낼 때 진폭의 크기가 바뀐다고 볼 수 있으므로, peak 값의 절대값의 종류가 3개 이상이면

16QAM으로, 2개이면 8 QAM으로 식별한다. 한편 심볼당 peak 값의 절대값의 변화가 없을 때는 심볼당 평균위상값의 변화가 상위 문턱값 (high threshold value :  $THV_H$ )보다 크면 8 $\phi$  PSK로, 상위 문턱값 보다 작고 하위 문턱값 (low threshold value :  $THV_L$ )보다 크면 4 $\phi$  PSK로, 하위 문턱값 보다 작으면 2 $\phi$  PSK로 식별한다.

## 2. 상관함수를 이용한 모델형태의 판별알고리즘

변조신호의 상관함수를 구한 후에 여러 종류의 표준 변조파형의 상관함수와의 유사성을 검증하여 모델형태를 식별하는데 기본과정은 그림 8과 같다.

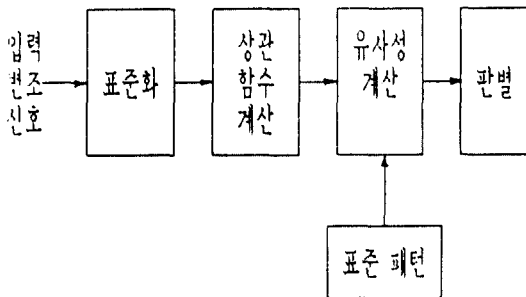


그림 8. 상관함수를 이용한 모델 형태의 판별 블록도

Fig. 8. The block diagram for the classification algorithm of the modulation type using the correlation characteristics.

위 과정을 간략하게 알고리즘으로 표시하면 다음과 같다.

### 단계 1)

먼저 여러 변조신호  $x(n)$ 을 평균 전력이 1이 되도록 표준화한 후에  $N$ 개의 sample에 대해서 각각의 자기상관함수를 다음 식에 의해 계산한다.

$$R_{xx}(m) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)x(n+m), \quad -(N-1) \leq m \leq (N-1) \quad (7)$$

그렇게 계산된  $k$  종류의 변조신호에 대한 각각의 자기상관함수의 계수값

$$r_j(i) : i=0, 1, \dots, p, j=1, 2, \dots, k$$

를 표준패턴으로 저장한다.

여기서  $i$ 는 자기상관함수의 차수를 나타내며,  $j$ 는 V.21 FSK, V.23 FSK, 2 $\phi$  PSK, 4 $\phi$  PSK, 8 $\phi$  PSK, 4800 QAM, 7200 QAM, 9600 QAM 등의 8개의 변조신호 즉, 표준패턴의 종류를 나타낸다. 이때 8개의 각 변조방식의 표준 패턴은 비트패턴 및 반송주파수의 위상이 서로 다른 변조신호를 발생시킨 후에 이상적인 채널 상황에서 평균 상관함수 특성을 구하여 각각의 표준 패턴으로 선정한다.

### 단계 2)

입력 계열  $\{S(n)\}$ 의 평균 전력이 1이 되도록 표준화한 후에 입력 계열의 자기상관함수  $r_s(i)$ ,  $i=0, 1, 2, \dots, p$ 를 계산한다.

### 단계 3)

입력  $\{S(n)\}$ 이 각 표준 패턴에 속한다고 가정했을때의 유사도를 계산한다.

$$E_j = \sum_{i=0}^p r_j(i)r_s(i), \quad j=1, 2, \dots, k \quad (8)$$

이러한 유사도는 표준 패턴과 입력 계열의 자기상관함수를 구할 때 각각에 대해서 먼저 평균 전력이 1이 되도록 표준화했기 때문에 의미가 있다.

### 단계 4)

입력  $\{S(n)\}$ 의 변조형태를  $E_j$ ,  $j=1, 2, \dots, k$ 의 최대값으로 결정한다.

## 3. 신호 성좌점을 이용한 모델형태의 판별 알고리즘

신호 성좌점을 이용한 모델 형태의 판별 알고리즘은 참고문헌 4의 성좌점 개념을 확장하고

일반화 시켜서 전화채널용 변조신호의 식별 알고리즘으로 제안된 것이다.

수신 신호에 대해서 4장 1절의 알고리즘을 사용하여 반송파 주파수를 구한 후에 그림 9에 나타난 방법을 이용하여 성좌점 X, Y를 구한다. 그리고 나서 각도 및 거리를 계산하여 표준패턴의 성좌점과의 유사성을 구한 후에 모뎀 형태를 판별한다. 구체적인 알고리즘은 다음과 같다.

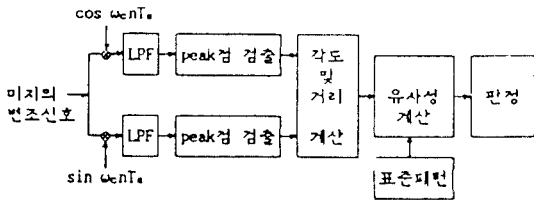


그림 9. 신호 성좌점을 이용한 모뎀 형태 판별 알고리즘  
 Fig. 9. The block diagram for the classification algorithm of the modulation type using the signal constellation.

단계 1)

모든 변조신호의 성좌점에 대해서 원점으로 부터의 거리와 x축을 기준축으로 했을 때의 각도를 구하여 1사분면의 값만을 표준패턴으로 저장한다.

단계 2)

평균 위상성분의 차이를 표준 주기로 나눔으로써 수신 변조신호의 반송 주파수를 구한다.

단계 3)

수신신호의 성좌점을 구하여 원점으로 부터의 거리와 x축을 기준축으로 했을 때의 각도를 계산한다.

단계 4)

수신신호의 성좌점과 표준패턴의 성좌점의 유사도를 계산하여 어느 정도의 오류범위 안에서 일치하는 점이 존재하면 해당되는 표준 패턴의 성좌점의 counter 값을 증가시키고 일치하는 점이 없으면 에리값을 증가시킨다. 채널에 의한

일화요인을 제거하기 위하여 표준패턴의 성좌점의 counter 값이 정계값 보다 크면 의미가 있는 성좌점으로 인식하고, 수신신호의 성좌점과 표준패턴의 성좌점이 일치하지 않아 에리값이 어느 이상이면 수신신호의 변조형태가 8개의 표준패턴 중의 하나가 아니라고 판별한다.

단계 5)

counter 값이 어느 값 이상인 성좌점만을 뽑아내어서 표준 패턴과 비교하여 모뎀의 형태를 판정한다.

## V. 시뮬레이션 결과 및 분석

변조된 신호를 수신하였을때 변조형태를 판별하는 4장에 기술된 새까지 알고리즘의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 살펴보았다. 특히 본 논문에서는 통신채널을 이상적인 채널, 전화채널 등으로 크게 두가지로 대별하여 모뎀 형태를 식별하는 알고리즘의 성능을 고찰하였다. 이때 각 변조신호에 대해서 위상과 데이터 비트패턴을 바꿔서 발생시키 시뮬레이션 입력 데이터로 활용했으며 실시간 처리와 정확한 판별을 위해서 변조 식별에 사용되는 입력신호의 블록의 크기는 100ms 정도로 하였다.

### 1. 통신 채널이 이상적인 채널일때

위상차와 peak 값을 이용한 모뎀 형태의 식별 알고리즘은 표 1에 나타난 바와 같이 FSK와 4800 QAM 방식을 제외하고는 평균 98~100% 식별할 수 있음을 알 수 있다. 먼저 포락선 성질에 의해서 FSK 방식과 PSK 및 QAM 방식이 구분된다. 또한 심볼당 peak 값의 절대값의 변화 유무에 따라 QAM 방식과 PSK 방식이 대별될 수 있다. 아울러 위상차의 평균값에 의해서 BPSK, QPSK, 8 $\phi$  PSK 방식이 식별될 수 있다. 그러나 이 방법에서는 4800 QAM과 4 $\phi$  PSK의 위상차 및 peak 값의 통계적 특성이 비슷하여 두 방식이 식별되지 않고, V.21 FSK



방식과 V.23 FSK 방식도 위상차의 특성만으로는 판별되지 않음을 알 수 있다.

표 1. 이상적인 채널일 때 위상차와 peak 값을 이용한 모델 형태의 식별

Table 1. The classification of the modulation type using the phase difference and peak value in the ideal communication channel.

입력 변조 신호의 형태	판별 결과 (%)
V.21 FSK	0
V.23 FSK	0
2 $\phi$ PSK	100
V.27 4 $\phi$ PSK	100
V.27 8 $\phi$ PSK	98
V.29 4800 QAM	0
V.29 7200 QAM	100
V.29 9600 QAM	100

상관함수를 이용한 모델 형태의 판별 알고리즘의 성능이 표2에 잘 나타나 있는데 100% 정확하게 동작함을 알 수 있다. 수신 신호의 자기 상관함수와 표준 패턴과의 유사성을 계산하면 수신신호의 자기 상관함수와 표준 패턴의 자기 상관함수가 일치할때 유사성이 제일 크게되어 모델의 형태 식별이 용이함을 알 수 있다. 이 방식에서는 모든 종류의 모델형태가 정확하게 판별된다.

표 2. 이상적인 채널일 때 상관함수를 이용한 모델 형태의 식별

Table 2. The classification of the modulation type using correlation characteristics in the ideal communication channel.

입력 변조 신호의 형태	판별 결과 (%)
V.21 FSK	100
V.23 FSK	100
2 $\phi$ PSK	100
V.27 4 $\phi$ PSK	100
V.27 8 $\phi$ PSK	100
V.29 4800 QAM	100
V.29 7200 QAM	100
V.29 9600 QAM	100

수신된 변조 신호의 반송파 주파수를 구하고

성좌점을 계산한 후에 표준 성좌점과 비교하여 모델 형태를 추정한 결과에 의하면 표 3에서 알 수 있듯이 신호 성좌점을 이용한 판별 알고리즘이 FSK 방식을 제외하고는 100% 정확하게 동작함을 알 수 있다. 다만 원래 신호 성좌점을 이용하기에 부적합한 FSK 방식은 위상정보를 사용하지 않기 때문에 그 식별이 용이하지 않음을 알 수 있다.

표 3. 이상적인 채널일 때 신호 성좌점을 이용한 모델 형태의 식별

Table 3. The classification of the modulation type using the signal constellation in the ideal communication channel.

입력 변조 신호의 형태	판별 결과 (%)
V.21 FSK	0
V.23 FSK	0
2 $\phi$ PSK	100
V.27 4 $\phi$ PSK	100
V.27 8 $\phi$ PSK	100
V.29 4800 QAM	100
V.29 7200 QAM	100
V.29 9600 QAM	100

## 2. 통신 채널이 진화채널일 때

3장에서 언급한 모델 I과 V의 진화채널을 사용하고 채널상에서 가우시안 잡음이 섞였을 때 세가지 종류의 모델형태에 대한 판별 알고리즘의 성능을 고찰하였다.

진화 채널에서는 표 4, 5, 6에서 알 수 있듯이 왜곡이 적을때는 세가지 종류의 판별 알고리즘이 비교적 잘 동작하나 진화채널 모델 I보다는 지연 왜곡과 진폭 왜곡이 증가한 모델 V에서 가우시안 잡음이 많이 섞여 SNR가 낮을 수록 위상차를 이용한 판별 알고리즘과 신호 성좌점을 이용한 판별 알고리즘의 성능이 급격히 저하됨을 알 수 있다. 그러나 상관함수를 이용한 판별 알고리즘은 지연왜곡과 진폭왜곡이 어느 정도 증가하고, 가우시안 잡음이 꽤 섞여도 매우 정확하게 동작함을 알 수 있다.

따라서 세가지 판별 알고리즘 중에서 상관함수를 이용한 식별 알고리즘의 성능이 실제의 통신

표 4. (a) 모델 I 전화채널을 통하여 변조신호가 전송될 때 위상차와 peak 값을 이용한 모델 형태의 식별

Table 4. (a) The classification of the modulation type using the phase difference and peak value in the case of the modulated signal being transmitted through the model I telephone channel.

입력 변조 신호의 형태	SNR이 0dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 10dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 20dB일 때의 판별 결과(%)
V.21 FSK	0	0	0
V.23 FSK	0	0	0
2 $\phi$ PSK	89	98	100
V.27 4 $\phi$ PSK	86	95	100
V.27 8 $\phi$ PSK	76	89	98
V.29 4800 QAM	0	0	0
V.29 7200 QAM	79	92	100
V.29 9600 QAM	79	89	100

표 4. (b) 모델 V 전화채널을 통하여 변조신호가 전송될 때 위상차와 peak 값을 이용한 모델 형태의 식별

Table 4. (b) The classification of the modulation type using the phase difference and peak value in the case of the modulated signal being transmitted through the model V telephone channel.

입력 변조 신호의 형태	SNR이 0dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 10dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 20dB일 때의 판별 결과(%)
V.21 FSK	0	0	0
V.23 FSK	0	0	0
2 $\phi$ PSK	23	57	8
V.27 4 $\phi$ PSK	17	51	83
V.27 8 $\phi$ PSK	14	17	76
V.29 4800 QAM	0	0	0
V.29 7200 QAM	10	45	76
V.29 9600 QAM	14	48	79

표 5. (a) 모델 I 전화채널을 통하여 변조신호가 전송될 때 correlation을 이용한 모델 형태의 식별

Table 5. (a) The classification of the modulation type using the correlation characteristics in the case of the modulated signal being transmitted through the model I telephone channel.

입력 변조 신호의 형태	SNR이 0dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 10dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 20dB일 때의 판별 결과(%)
V.21 FSK	100	100	100
V.23 FSK	100	100	100
2 $\phi$ PSK	100	100	100
V.27 4 $\phi$ PSK	100	100	100
V.27 8 $\phi$ PSK	100	100	100
V.29 4800 QAM	100	100	100
V.29 7200 QAM	100	100	100
V.29 9600 QAM	100	100	100

표 5. (b) 모델 V 전화채널을 통하여 변조신호가 전송될 때 correlation을 이용한 모델 형태의 식별

Table 5. (b) The classification of the modulation type using the correlation characteristics in the case of the modulated signal being transmitted through the model V telephone channel.

입력 변조 신호의 형태	SNR이 0dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 10dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 20dB일 때의 판별 결과(%)
V.21 FSK	100	100	100
V.23 FSK	100	100	100
2 $\phi$ PSK	100	100	100
V.27 4 $\phi$ PSK	100	100	100
V.27 8 $\phi$ PSK	100	100	100
V.29 4800 QAM	100	100	100
V.29 7200 QAM	100	100	100
V.29 9600 QAM	100	100	100

표 6. (a) 모델 I 전화채널을 통하여 변조신호가 전송될 때 신호星座점을 이용한 모델 형태의 식별

Table 6. (a) The classification of the modulation type using the signal constellation in the case of the modulated signal being transmitted through the model I telephone channel.

입력 변조 신호의 형태	SNR이 0dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 10dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 20dB일 때의 판별 결과(%)
V.21 FSK	0	0	0
V.23 FSK	0	0	0
2 $\phi$ PSK	89	100	100
V.27 4 $\phi$ PSK	83	98	100
V.27 8 $\phi$ PSK	73	92	100
V.29 4800 QAM	83	98	100
V.29 7200 QAM	76	95	100
V.29 9600 QAM	70	92	100

표 6. (b) 모델 V 전화채널을 통하여 변조신호가 전송될 때 신호星座점을 이용한 모델 형태의 식별

Table 6. (b) The classification of the modulation type using the signal constellation in the case of the modulated signal being transmitted through the model V telephone channel.

입력 변조 신호의 형태	SNR이 0dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 10dB일 때의 판별 결과(%)	SNR이 20dB일 때의 판별 결과(%)
V.21 FSK	0	0	0
V.23 FSK	0	0	0
2 $\phi$ PSK	21	59	89
V.27 4 $\phi$ PSK	19	56	83
V.27 8 $\phi$ PSK	11	45	73
V.29 4800 QAM	16	50	83
V.29 7200 QAM	8	31	70
V.29 9600 QAM	0	28	62

채널 환경하에서 가장 우월함을 알 수 있다. 이는 상관함수의 특성이 위상차나 신호 성좌점의 특성보다 진폭 및 위상 왜곡과 잡음에 덜 민감하기 때문이다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 CCITT에서 권고하고 있는 저속 및 중속 표준 변복조 방식의 동작 원리의 특성을 연구하고 전화채널의 특성을 파악한 후에 세가지 종류의 모델 식별 알고리즘을 제안하고 그 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 이상적인 채널을 통하여 변조 신호가 수신될 때는 위상차와 peak 값, correlation, 신호 성좌점 등을 활용하여 어느 정도 FSK, PSK, QAM 방식 등을 식별할 수 있었다. 특히 상관함수를 이용하면 FSK 방식의 종류까지도 정확하게 검출할 수 있었다. 또한 전화채널을 통하여 변조 신호가 수신될 때는 진폭 및 지연왜곡이 크면 클수록 가우시안 잡음이 많이 첨가되면 될수록 위상차와 peak 값, 신호 성좌점을 이용한 판별 알고리즘의 성능이 급격히 저하되나 상관함수를 이용한 모델 형태의 판별 알고리즘이 다른 방식보다 전화 채널의 특성, 가우시안 잡음 등에

덜 민감하며 그 성능이 상대적으로 우월함을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. F. Jondral 外, "Automatic Classification of High Frequency Signal", Signal Processing, Vol. 9, No. 3, pp.177-190, 1985. 10.
2. R. J. Mammone 外, "Estimation of Carrier Frequency, Modulation Type and Bit Rate of an Unknown Modulated Signal", IEEE ICC 87, pp.28.4.1-28.4.7, 1987.
3. M. Hagiwara 外, "Basic Study for the Estimation of an Input Signal Type", 전자정보통신학회 논문지, A, Vol. J71-A, No.2, pp.411-417, 1988. 2.
4. 최각진 外, "복합 변복조 기술 개발에 관한 연구", ETRI 최종 보고서 1988. 5.
5. CCITT V series Recommendations, "Data communication over the Telephone Network", IXth Plenary Assembly, Melbourne, 1988.11.
6. 은종관 外, "4800 bps 모델 개발연구", KAIST, 최종 보고서, 1982. 9.
7. 은종관 外, "9600 bps 모델 개발연구", KAIST, 최종 보고서, 1980.12.
8. A. P. Clark, "Adaptive Detectors for Digital MODEMS", Pentech Press, London, 1989.



金炳辰(Byung Jin KIM) 正會員  
1964年 12月 23日生  
1989年 2月 : 慶熙大學校 電子計算工學科 卒業(學士)  
1989年 9月 ~ 現在 : 慶熙大學校 電子計算工學科 碩士課程  
관심분야 : 綜合情報 시스템, 信號處理, 데이터통신



趙東浩(Dong Ho CHO) 正會員  
1956年 4月 3日生  
1979年 2月 : 서울大學校 工科大學 電子工學科 卒業(學士)  
1981年 2月 : 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科 碩士課程 卒業(碩士)  
1985年 2月 : 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科 博士課程 卒業(博士)  
1985年 3月 ~ 1987年 2月 : 韓國科學技術院 通信工學研究室 先任研究員  
1987年 3月 ~ 現在 : 慶熙大學校 電子計算工學科 副教授  
1989年 9月 ~ 現在 : 慶熙大學校 電子計算所長  
관심분야 : 移動컴퓨터통신網, 綜合情報 시스템, 附加價値 시스템, 分散處理 시스템



李 愷 洙(Hwang Soo LEE) 正會員

1952年 9月 19日生

1971年 3月~1975年 2月: 서울대학교  
공과대학 전기공학과(공학  
사)

1976年 3月~1978年 8月: 한국과학기술  
원 전기 및 전자공학과  
(공학석사)

1978年 9月~1983年 2月: 한국과학기술  
원 전기 및 전자공학과  
(공학박사)

1975年 1月~1975年 10月: 현대조선중공업(주) 설계부 직원

1983年 3月~1989年 2月: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과  
조교수

1989年 3月~現在: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 부교  
수

1984年 4月~1985年 5月: 미국 Stanford대학교 Information  
Systems Lab, Post Doc, 연구원



高 奉 秀(Bong Soo KOH) 正會員

1984年 2月: 한국항공대학교 항공전자공  
학과 졸업

1986年 2月: 한국기술원 전기 및 전자공  
학과 졸업(공학석사)

현재: 한국과학기술원 전기 및 전자공학  
과 박사과정 재학중