

MW 통신망에서 자율조직 신경망을 이용한 디지털 변조형식 식별

正會員 金 珍 九*, 洪 義 錫**

The Identification of Digitally Modulated Signals using Self-Organized Neural Network

Jin Goo Kim*, Ui Seok Hong** Regular Members

要 約

본 논문에서는 미상 디지털 신호가 입력되는 경우에 변조방식을 식별하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 수신되는 신호의 진폭레벨수, 진폭확률분포 및 인접신호간 진폭비를 특징벡터로 하여 자율조직 신경망으로 구현하였다. 제안된 방법의 타당성을 검증하기 위한 모의 실험에서는 반송파 주파수와 전송속도는 알고 있다고 가정하였으며, 마이크로파 통신의 주 장애요인인 다중경로 페이딩 채널을 통하여 전송되는 5개 QAM 신호에 대하여 적용하였다. 실험결과 SNR 18db 까지는 전부 식별하였고 최저 2db에서도 QPSK를 식별함으로써 그 효용성을 입증하였다. 본 논문에서 제안된 방법은 종합정보통신망에서 지능형 시스템을 구현하거나 다중접속 통신망에서 단말국이 초기 훈련 데이터를 송수신하지 않고도 주국과 통신이 가능한 지능형 모뎀구현에 활용할 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, the new identification method of modulation type is proposed for unknown digitally modulated input signals. The proposed identification method is implemented using a self-organized neural network which is based on the characteristic feature of the symbol magnitude; the number of symbol magnitude levels, amplitude probability density and adjacent symbol magnitude ratio. We are supposed to know carrier frequency and baud rate in this simulation that verify the validity of the proposed method. It is applied 5 QAM signals being transmitted through the multi-path fading channel which is the major reason of obstacle in microwave radio communication. The simulation results show that the self-organized neural network can accurately recognize all kind of patterns SNR 18db even at 2db. The proposed method can be applied to the intelligent communication system on ISDN and in multi-point polling networks, a tributary modem must be able to identify the constellation type of input signal without resorting to initial training sequence in order to communicate with master modem.

*광운대학교 전자통신공학과

**광운대학교 전자공학과 교수

論文番號 : 94202-0729

接受日字 : 1994年 7月 29日

I. 서론

정보화 사회가 도래함에 따라 인간의 모든 활동 영역에서 정보의존도가 심화되고 있어 정보통신 서비스 수요가 급속히 증가되고 있다. 이러한 요구에 부응하기 위해서는 전송매체의 획기적인 광대역화가 긴요한 바, 각국에서는 음성 데이터 영상등의 전송이 가능한 광대역 종합 정보통신망에 대한 연구가 활성화 되고 있다. 무선 디지털마이크로파 통신은 소전력으로 광대역 전송이 가능한 장점이 있음에도 불구하고 다중 전파 경로 페이딩(Multipath Fading)등으로 인하여 수신단에서 신호 검출이 어렵게 되는 단점으로 이용이 제한되어 왔으나, 최근 고속 디지털 통신방식의 활용증대 및 디지털 신호 처리 기술의 급속한 발전으로 신뢰도가 높은 통신이 가능해지면서, 디지털 마이크로파 통신 방식의 활용도를 제고하는 방안이 연구되고 있다. 또한 다수의 국이 접속 운용되는 다중접속 통신망에서는 회선을 효율적으로 이용하기 위하여 변조방식, 전송 속도, 반송파 주파수등이 송수신단에 고정되지 않고 회선상태 및 통신량에 따라 적절하게 가변될 수 있는 지능형 통신시스템 개발이 요구되고 있다. 지능형 통신시스템에서는 일반 상용 통신 시스템과 달리 송수신 국간 초기 훈련 데이터(Initial Training Data Sequence)를 전송하지 않고 수신측에 입력되는 데이터로부터 반송파 주파수 동기를 조정하고 심볼 전송 속도, 변조 방식을 식별하여 수신 데이터를 복조하는 신호처리 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 디지털 마이크로파 통신망에서 활용할 수 있는 지능형 통신 시스템을 구현하기 위하여 고속 데이터 통신에 사용되는 QMSK (CCITT V. 22), 8QAM(CCITT V. 29 7200bps), 16QAMI(CCITT V. 22bis), 16QAM2(CCITT V. 29 9600bps), 32QAM의 5개 신호를 대상으로 수신단에서 자동적으로 변조 방식을 식별할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 i) 마이크로파 통신 장애 요인으로 대두되는 Multipath Fading 채널을 설정하고 ii) 수신단에서는 초기훈련이 필요없는 Blind 동화기를 사용하였으며 iii) 수신된 심볼의 진폭 레벨수, 진폭 확률 밀도, 인접심볼간 진폭레벨비를 특징벡터로한 자율 조직 신경망(Self Organized Neural Network)을 사용하여 변조 방식을 식별하였다.

II. 본론

지능형 통신시스템을 구현하기 위한 심볼 전송 속도 및 반송파 주파수 추정에 관한 초기 연구는 주로 PAM, PSK, FSK 신호에 대한 것으로서 반송파 주파수 위상편이를 이용한 순시 위상검출기(3), 지연승산 검파기(Delay and Multiply Dector)(4) 등이 있다. 한편, 지능형 통신 시스템 구현에 가장 중요한 요소인 변조형식 식별에 관한 연구는 1960년대 말부터 Weaver (5), Miller(6), Gadbois(7)등이 수신신호 진폭특성을 이용하여 AM, FM, CW등 아나로그 변조 신호 식별 알고리즘을 제안하였으며 1984년 Lideke(8)가 최초로 BPSK QPSK 8PSK의 디지털 변조 방식을 자동적으로 식별하는 범용 수신기(Universal Demodulator)구현에 관한 연구를 발표하였다. 그러나 이와 같은 변조 방식 식별에 관한 연구들은 상용통신 시스템에서 심각하게 고려하는 채널잡음 왜곡등을 고려하지 않았으며 고속 데이터 전송에 주로 사용하는 QAM방식 추정에 관한 연구는 별무한 실정이었다. 1991년 PSK QAM의 전화 채널용 데이터 신호에 대하여 수신신호의 위상차와 진폭 침투값을 이용하여 상관함수(Correlation), 신호 성좌점(Constellation) 특성등으로 변조 방식을 식별하는 알고리즘이 제안되었으며 전화 채널상에서 모의 실험 결과 신호 성좌점을 이용하는 경우 SNR 20db이하에서는 신호 식별 능력이 급격히 저하됨을 나타내었다. 본 논문에서는 소전력으로 광대역 통신이 가능한 무선디지털 마이크로파 통신망에서 자율 조직 신경회로망을 이용하여 변조방식을 식별하는 지능형 통신 시스템 구현 방법을 제안하였다. 제안된 방법의 타당성을 검증하기 위하여 다중전파경로페이딩 채널 모델을 설정하고 컴퓨터 모의실험을 수행하였다.

[시스템 구성]

일반적인 상용 디지털 시스템에서는 송신 전에 반송파 주파수, 심볼 전송속도, 변조방식의 초기훈련 데이터를 송신하여 수신단의 자동 이득 조정기(AGC), 등화기(Equalizer)등의 파라미터를 조정하고 있으나 지능형 통신시스템 구현을 위한 자동 변조방식 식별시스템에서는 이러한 초기훈련을 거치지 않고도 데이터를 실시간에 처리하여야 하므로 일반 상용 통신 시스템과는 다른 신호 처리 방식이 필요하다. 본 논문에서 제안된 시스템의

계통도는 그림1과 같다.

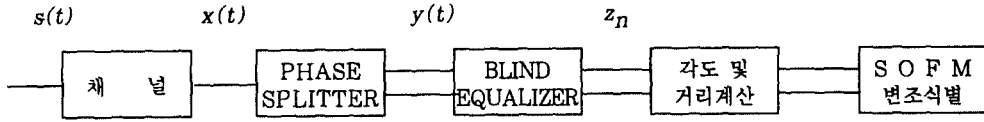


그림 1. 성좌점을 이용한 변조형식 식별 계통도

Fig 1. The block diagram for the identification algorithm of the modification type using the signal constellation

그림1의 계통도에서 송신신호는 (1)식과 같으며

$$S(t) = \text{Re}\{U(t)e^{j(2\pi f_c t + \phi)}\} \quad (1)$$

여기서 $U(t)$ 는 PSK의 경우에는 (2)식, QAM은 (3)식으로 된다.

$$\begin{aligned} U(t) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n g_0(t - nT) \\ &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{j\theta_n} g_0(t - nT) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} U(t) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n g_0(t - nT) \\ &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} (a_n + jb_n) g_0(t - nT) \end{aligned} \quad (3)$$

이때 T 는 심볼주기이고, $g_0(t)$ 는 raised cosine 함수로 정형된 신호 펄스로 (4)식과 같으며 그 푸리에 변환쌍은 (5)식과 같다.

$$g_0(t) = \frac{\sin \pi t/T \cos \alpha \pi t/T}{\pi t/T - 4\alpha^2 t^2/T^2} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} &T \quad 0 \leq |f| < (1-\alpha)/2T \\ G_0(f) &= \frac{T}{2} \left[1 - \sin \left\{ \frac{\pi}{\alpha} \left(fT - \frac{1}{2} \right) \right\} \right] \\ &(1-\alpha)/2T \leq |f| \leq (1+\alpha)/2T \\ 0 & \quad |f| \geq (1+\alpha)/2T \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 α 는 roll-off factor로서 $0 \leq \alpha \leq 1$ 이다. 수신 신호 $x(t)$ 는 (6)식으로, 이때 $w(t)$ 는 위상편이나 주파수 offset에 기인되는 시변 위상 편이이며 $w(t)$ 는 채널에서의 가산성 백색잡음(AWGN)이다.

$$x(t) = \text{Re} \left[\sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n g(t - nT) e^{j(2\pi f_c t + \alpha t)} \right] + w(t) \quad (6)$$

복소 변환기(phase splitter)를 통한 복소 출력신호는 (7)식과 같으며, 이때 $h(t)$ 는 기저대역 등가 임펄스 응답이고 $v(t)$ 는 복소 잡음함이다.

$$y(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n h(t - nT) e^{j2\pi f_c t} + v(t) \quad (7)$$

동화기 출력은 (8)식과 같으며 여기서 Y_n 은 복소 신호 벡터이고, C_n 은 동화기의 복소탭 계수이다.

$$z_n = Y_n C_n \quad (8)$$

(8)의 결과를 이용하여 진폭을 계산하고 자율조직 신경망의 입력으로 사용하여 변조 방식을 식별한다. 자율조직 신경망은 (9)식과 같이 패턴공간에 분포된 특징의 유사성에 따라 가장 대표적인 패턴을 중심으로 측방 상호작용에 의해 무리화가 이루어지며, 이러한 특성을 이용하여 벡터 양자화기로 널리 사용되고 있다. 자율조직 신경망을 이용한 패턴인식은 전처리과정 특징벡터추출 분류 및 인식단계를 거친다. 전처리 과정에서는 입력된 패턴이 인식기에 필요한 산술 또는 심벌형태의 내부 표현 값으로 변환되고 특징추출 단계에서는 개별요소가 유형의 특징을 포함하고 있는 특징 벡터를 추출하여 유형의 분류에 용이한 데이터를 제공한다. 분류 및 인식 단계에

는 최적의 매칭점수를 갖는 가장 유사한 부류를 찾아냄으로서 패턴인식 과정이 종료된다.

$$\begin{aligned} \|x - m\|^2 &= \text{MIN}_m \|x - m\|^2 \\ w_i^*(n-1) &= w_i^*(n) + \varepsilon(\eta, \theta) \\ &\quad [X_i(n) - w_i^*(n)] \\ w_i^*(n-1) &= w_i^*(n) + \varepsilon(\eta, \varphi) \\ &\quad [X_i(n) - w_i^*(n)] \end{aligned} \quad (9)$$

여기서 n 은 학습의 반복회수, $\varepsilon(\eta, \theta)$ 은 이득조절 단조감소 함수이며, φ 는 인접 유니트를 결정하는 요소로서 최대값에서 영이 될때까지 감소된다.

III. 모의실험 및 고찰

변조형식 식별에 대한 모의실험은 UNIX상에서 C언어로 수행되었다. 변조형식 식별을 위한 대상신호로는 QPSK, 8QAM, 16QAM1, 16QAM2, 32QAM의 5개이며 모의실험은 복소기저대역(Baseband)신호 처리하였다. 마이크로파 통신에서 Multipath fading이 발생하였을 경우 통신장애 유발확률을 예측하기 위한 채널 모델링에 관한 연구는 1970년대초 디지털 마이크로파 통신이 주파수 선택성 페이딩에 취약함을 인식한 후, 통신장애 확률을 예측하기 위하여 파라미터간의 결합확률 및 분포를 고려한 여러가지 채널 모델이 제시되었다. [5] [6]

[Multipath 페이딩 채널]

디지털 마이크로파 통신 채널에서 다중경로 전파 페이딩 특성을 알아 보고 채널 모델링을 한다. 송신 신호 $s(t)$ 는

$$S(t) = \text{Re}[U(t)e^{j2\pi f_c t}] \quad (10)$$

채널을 통과하여 수신된 신호는 다중경로 전파에 의한 전파지연과 감쇠항을 포함하게 되는데 이 두항은 시간에 따라 변화하므로 수신된 대역통과 신호 $x(t)$ 는 식 (11)로 나타낼수 있다.

$$x(t) = \sum_n \alpha_n(t) S[t - \tau_n(t)] \quad (11)$$

여기서 $\alpha_n(t)$ 는 n 번째 경로에서의 진폭감쇠항이고 $\tau_n(t)$ 는 그 경로에서의 전파지연을 나타낸다. 식 (10)을 (11)에 대입하면

$$x(t) = \text{Re} \left\{ \sum_n \alpha_n(t) e^{-j2\pi f_c \tau_n(t)} U[t - \tau_n(t)] e^{j2\pi f_c t} \right\} \quad (12)$$

으로 나타낼수 있고 수신된 신호 $x(t)$ 를 복조후 저역 필터를 통과시키면 다음과 같다.

$$r(t) = \sum_n \alpha_n(t) e^{-j2\pi f_c \tau_n(t)} U[t - \tau_n(t)] \quad (13)$$

식 (13)으로 부터 채널의 임펄스응답은 아래와 같다.

$$\begin{aligned} C(\tau, t) &= \sum_n \alpha_n(t) e^{-j2\pi f_c \tau_n(t)} \delta[t - \tau_n(t)] \\ &= \alpha(\tau, t) e^{-j2\pi f_c \tau} \end{aligned} \quad (14)$$

여기서 $\alpha(\tau, t)$ 는 응답시간 t 및 임펄스 부여시 지연된 시간 $t-T$ 에서의 채널 임펄스 응답에 해당된다. 식(13)에서 $U(t)=1$ 이면 수신신호 $r(t)$ 는 아래식과 같다.

$$\begin{aligned} r(t) &= \sum_n \alpha_n(t) e^{-j2\pi f_c \tau_n(t)} \\ &= \sum_n \alpha_n(t) e^{-j\theta_n(t)} \end{aligned} \quad (15)$$

즉, 수신신호는 진폭 $\alpha_n(t)$ 와 위상 $\theta_n(t)$ 를 가지는 여러개의 시변벡터의 합으로 구성되며, $\tau_n(t)$ 는 각각의 전파 경로에 따라 불규칙하게 변하므로 랜덤프로세스로 모델링할 수 있으며, 채널의 시변 임펄스응답 $C(\tau, t)$ 는 가우시안 랜덤프로세스가 된다. 위상 $\theta_n(t)$ 가 시간적으로 변화함으로써, 벡터 $\alpha_n e^{j\theta_n}$ 에서 수신신호의 진폭이 변동하는 페이딩 현상이 발생된다. 임펄스응답 $C(\tau, t)$ 가 평균이 영인 복소 가우시안 프로세스로 모델링될 경우 진폭 $|C(\tau, t)|$ 는 레일리히 분포함수특성을 가지며 이 경우 채널은 레일리히 페이딩 채널이 된다[5]. 본 논문에서 제안된 변조방식 식별시스템에 사용되기 위해서는 초기훈련을 하지 않고도 채널 왜곡을 보상할 수 있는 blind 등화기를 사용하였으며 탭 계수 결정식은 다음과

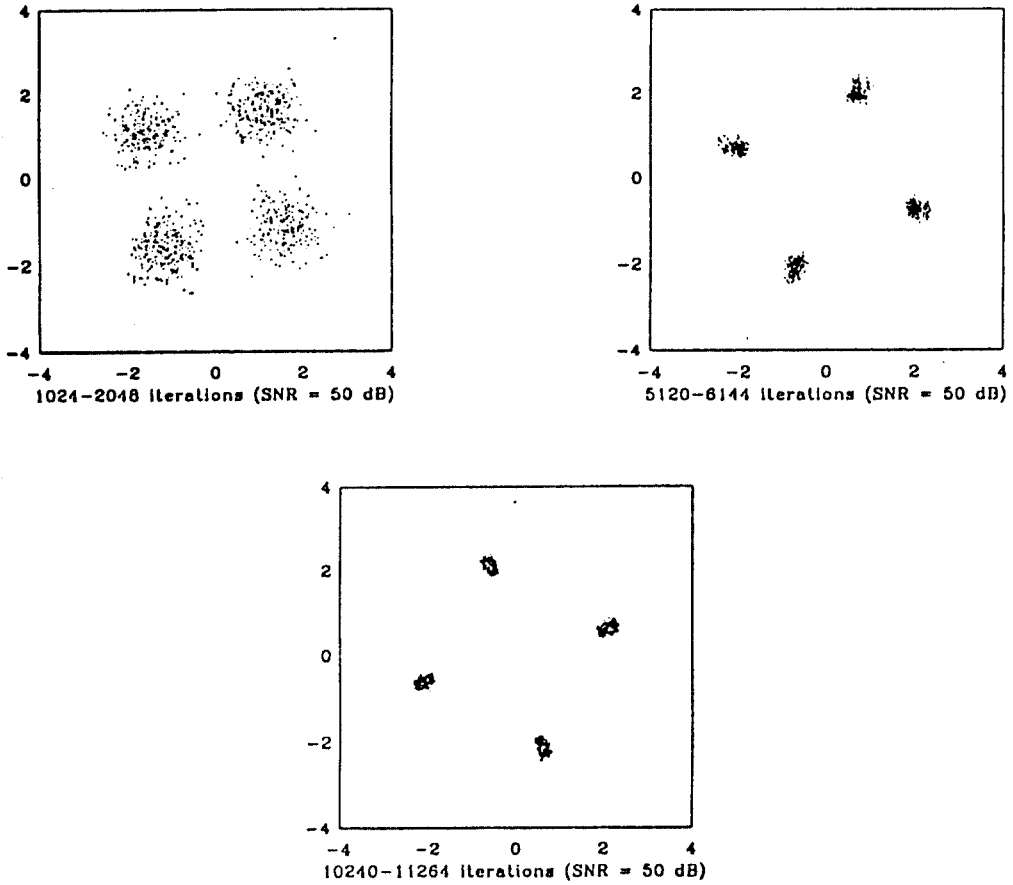


그림 2. Blind 등화기 수렴상태

Fig 2. The convergence state of blind equalizer

표 1. QAM 성과별 특징벡터

Table 1. The characteristic feature of each QAM constellation

변조 형태	Muag	Pn					Rmn			
		P1	P2	P3	P4	P5	R12	R23	R34	R45
QPSK	1	1.0								
8QAM	2	.5	.5				2.1213			
16QAM1	3	.24	.5	.25			2.2360	1.3416		
16QAM2	4	.25	.25	.25	.25		2.1213	1.4142	1.1785	
32QAM	5	.125	.25	.125	.25	.25	2.2360	1.3416	1.2018	1.1435

같다. [7] (8)

$$C_{n+1} = C_n - \lambda_2 Y^* z_n (|z_n|^2 - R_2)$$

$$R_2 = \frac{E|C_n|^k}{E|C_n|^2} \tag{10}$$

여기서 λ_2 는 등화기의 step size이며 이를 QPSK(50dB)에 적용한 수렴과정은 그림2와 같다.

자율조직망의 훈련은 각 변조형식별 SNR이 50.

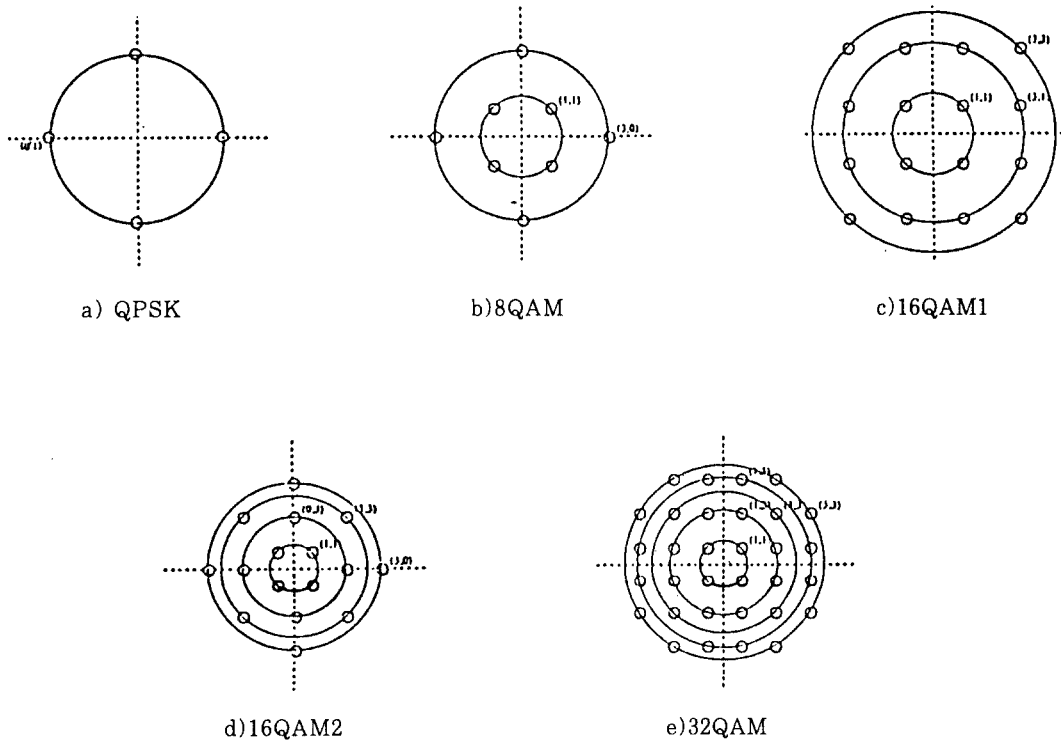


그림 3. QAM성좌와 심볼 진폭
 Fig 3. QAM constellation and its symbol magnitude

40, 30, 25, 20dB의 5개 유사데이터를 사용하여 5000회 훈련시킨 결과 10×10 출력노드중에서 QPSK(8, 2), 8QAM(8, 3), 16QAM1(0, 6), 16QAM2(8, 1), 32QAM(7, 9)으로 각각 선택되었다.

본 인식 모의실험은 레일리 페이딩 채널에서 발생하는 부가성분포잡음을 고려하여 SNR을 50db부터 30db까지는 5db간격으로, 30db부터 10db까지는 2db, 10db부터 0db까지는 1db간격으로 각각 가변시켜가며 인식도를 시험한 결과, 32QAM은 12db, 16QAM2는 18db, 16QAM1은 16db, 8QAM은 10db까지 각각 인식하였으며, QPSK는 2db까지 식별함으로써 잡음에 강함을 알 수 있었다.

이를 더 자세히 살펴보면 표2와 같다. 이는 각 변조형식별 특징벡터를 검토한 결과 페이딩과 부가성 잡음으로 SNR이 저하되는 경우 정확한 수신심볼 진폭값의 갯

수는 감소하여 각 심볼당 진폭발생확률(P_n)은 감소되지만 인접심볼진폭비(R_{mn})는 큰 차이가 없는데 기인됨을 알 수 있다. 이상의 모의실험 결과로부터 미상 QAM 신호에 대하여 진폭특성을 특징벡터로 한 자율조직망으로 변조형식을 식별하는 경우 잡음에 대단히 강한 특성을 나타내고 있어 효율적임을 알 수 있다.

[SOFM 패턴인식 장치]

변조방식을 식별하는 자율조직망은 2차원 출력노드 (10×10)로 입력노드와 연결되며 주요기능으로는 첫째, 전처리망에서는 수신되는 입력데이터로부터 개별요소 유형의 특징벡터를 추출하여 입력 분리함수 기능을 수행하는데 본 논문에서는 (8)식의 z_n 으로부터 계산된 심볼 진폭을 활용하여 심볼진폭의 레벨수(N_{mag}), 각 진폭의 발생확률(P_n), 인접심볼진폭비(R_{mn})를 추출하였으며

표 2. SNR 변화에 따른 출력노드 분류

Table 2. Classification of outnode on varying SNR

S N R (dB)	QPSK		8 QAM		16 QAM 1		16 QAM 2		32 QAM	
	출력 노드	disistance	출력 노드	disistance	출력 노드	disistance	출력 노드	disistance	출력 노드	disistance
50	8.2	4.655951	8.3	5.123811	0.6	11.253948	8.1	6.191523	7.9	20.586396
45	8.2	4.655951	8.3	5.124744	0.6	11.253948	8.1	6.191523	7.9	20.585517
40	8.2	4.655951	8.3	5.127701	0.6	11.196885	8.1	6.252333	7.9	20.511534
35	8.2	4.655951	8.3	5.131168	0.6	11.154863	8.1	6.203740	7.9	20.156712
30	8.2	4.655951	8.3	5.129395	0.6	10.947419	8.1	6.272391	7.9	19.411852
28	8.2	4.655951	8.3	5.126008	0.6	10.813293	8.1	6.312904	7.9	19.08122
26	8.2	4.655951	8.3	5.134509	0.6	10.619342	8.1	6.342698	7.9	18.431278
24	8.2	4.655951	8.3	5.137984	0.6	10.269442	8.1	6.580017	7.9	18.001737
22	8.2	4.655951	8.3	5.140446	0.6	9.789367	8.1	6.660821	7.9	16.22633
20	8.2	4.655951	8.3	5.139227	0.6	9.225922	8.1	6.795194	7.9	16.30328
18	8.2	4.655951	8.3	5.119163	0.6	8.411067	8.1	6.867628	7.9	15.471991
16	8.2	4.655951	8.3	5.061883	0.6	7.169655			7.9	13.657444
14	8.2	4.655951	8.3	4.932602					7.9	11.304485
12	8.2	4.655642	8.3	4.723263					7.9	11.174181
10	8.2	4.655431	8.3	4.448423						
9	8.2	4.655297								
8	8.2	4.65505								
7	8.2	4.65509								
6	8.2	4.655654								
5	8.2	4.656375								
4	8.2	4.656375								
3	8.2	4.660121								
2	8.2	4.6627								

그림 3의 각변조형식별 특징벡터는 표 1과 같다. 둘째, 분리함수를 비교하고 최대함수 값을 갖는 노드를 선택하는 기능, 셋째, 선택된 노드 및 인접노드가 동시에 활성화되는 측방연결 작용, 넷째, 활성화된 노드의 파라미터가 현재 입력과 관련된 분리함수값을 증가시키는 과정으로 구성되어 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 디지털 마이크로파 통신망에서 지능형 통신 시스템을 구현하기 위하여 변조 방식을 식별하는

방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 기존의 연구에서는 고려하지 않았던 Multipath 페이딩 통신채널 특성에 의한 왜곡 및 백색잡음을 부가하여 실제적인 통신채널을 고려하였다. 또한 변조방식 식별기에는 초기혼련 데이터가 필요없는 Blind 동화기를 채택하였고 수신되는 디지털 신호의 진폭레벨수, 진폭 확률밀도, 인접심볼 간 진폭비를 특징벡터로 한 자율조직망으로 구현하여 모의실험결과, SN비가 2dB에서도 QPSK 신호를 식별함으로써 내잡음특성이 있음을 알 수 있었다. 또한 모의 실험시 입력 신호의 사전정보는 신호스펙트럼에서 알 수 있는 근사적인 중심주파수와 전송속도만 알고 있

다고 가정하여 효용성이 입증되었다. 본 연구 결과는 상용통신 장비들을 인공지능화하여 통신회선 효율을 제고시키는데 활용할 수 있다.

참고문헌

1. Curtis A. Siller, "Multi-path Propagation," IEEE Commun. Mag., vol.22, No.2, Feb. 1984.
2. F.F. Liedtke, "Computer Simulation of an Automatic Classification Procedure for digitally Modulated Communication Signals with unknown Parameters," Signal Processing, vol. 7, pp.311-322, 1984.
3. 김병진, 조동호, "전화채널용 표준변조방식의 식별에 관한 연구," 한국통신학회지, vol.16, pp. 207-218, Mar. 1991.
4. T. Kohonen, "self-organized formation of topographically correct feature maps," Biol. Cybern. 43, pp.56-69, 1982.
5. W. D. Rummler, "Multi-path Fading Channel models for Microwave Digital Radio," IEEE Commun. Mag., vol. 24, No. 11, Nov. 1986.
6. J. A. Hoffmeyer, "Measurement, Modeling, and Simulation of Digital LOS Microwave Channels with Applications to Outage Prediction," IEEE Trans. Commun., vol. 39, Sep. 1991.
7. Y. Sato, "A method of self-recovering equalization for multilevel amplitude modulation systems," IEEE Trans. Commun., vol. COM-23, pp.679-682, Jun. 1975.
8. D. N. Godard, "Self-Recovering Equalization and Carrier Tracking in Two-Dimensional Data Communication Systems," IEEE Trans. Commun., vol. COM-28, pp. 1867-1875, Nov. 1980.
9. 정은호, 김진구, "패턴인식을 위한 자율조직망의 적용가능성에 관한 연구," 한국통신학회지 vol. 16, pp.403-412, May. 1991.

金珍九 (Jin Goo Kim)

정희원

洪義鎬 (Ui Seok Hong)

정희원

1983년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 졸업(공학사)
1987년 8월 : 광운대학원 전자통신과 졸업(공학석사)
1991년 8월 : 광운대학교 전자통신공학과 박사과정수료

1968년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 졸업(공학사)
1973년 9월 : 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
1982년 11월 : 독일 Aachen 공대 전자공학과 졸업(공학박사)
1976년 10월~1982년 12월 : 독일 Aachen 공대 초고주파 연구소 연구원
1986년 2월~1987년 2월 : 미국 University of Texas(Austin)객원교수
1973년 9월~현재 : 광운대학교 전파공학과 교수
1984년 3월~현재 : 본 학회 이사, 자격이사
1989년 1월~1991년 12월 : 대한전자 공학회 편집위원
1991년 1월~현재 : 한국전자과학기술학회 평의원
1991년 1월~현재 : 통신위성 우주산업 연구회 이사
* 주관심분야 : MIC 및 MMIC회로 설계, ANTENNA & WAVE PROPAGATION 이동 및 위성통신