DBpia

論 文

부호화한 주파수 도약 대역확산 통신 네트워크의 성능 분석

正會員 金 根 默* 正會員 鄭 榮 地** 正會員 洪 仁 基** 正會員 黃 金 燦**

Performance Analysis of Coded FH /SSMA Communication Network system

Keun Mook Kim* Young Jee Chung** Een Kee Hong** Keum Chan Whang** *Regular Members*

要 約

본 논문에서는 AWGN, 협대역재밍, 페이딩, 사용자간 간섭이 혼재하는 채널에서 FH /SSMA시스템의 성능을 분석하였다. 다수의 사용자가 존재할 때 나타나는 주파수충돌(사용자간 간섭)을 고려하면서, 채널의 보조정보를 이용할 경우와 이용하지 않을 경우를 구분하여 부호별 에러확률과 처리능력을 계산하였다. 분석 결과, 복합적인 간섭이 혼재하는 채널환경에서 RS부호가 길쌈부호보다 우수하며, 쇄상 부호는 같은 부호화율인 RS부호와 거의 동일한 성능을 나타냈다. 페이딩이나 협대역재밍등 복합적인 간섭이 존재하는 채널환경에서는 에러정정용 부호로서 RS 부호가 최적인 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This paper aims to analyse the performance of frequency hopping /spread spectrum multiple access system by employing the channel with mixture of AWGN, partial band jamming, fading and user interference. The performance analysis of FH /SSMA system, taking account of frequency 'hit'(user interference) which occurs in the presence of multiple user, produces the following numerical results by computing error probability and throughput of each code in two cases whether the side information about channel is used or not. The numerical results are as follows : When composite interferences coexist in channel, RS code is significantly superior to convolutional code in terms of performance. Concatenated code provides the same performance as RS code.

The above results show that RS code is pertinent as error-correction code.

I. 서 론

최근 스펙트럼다원접속(SSMA)분야에 대한 관심이 높아가고 있다. SSMA는 주파수 도약 스펙트럼확산 다원접속시스팀(FH /SSMA)과 직접스펙트럼확산 다원접속시스팀(DS /SSMA)으로 구분되어지는데 주파수도약확산 다원접속시스팀은 도약주파수를 증가시킴으로서 스펙트럼확산이 용이하고, 포착시간(acquisition time)이 짧고, 원근문제등이 없는 통신방식이다.

*韓國通信
Korea Telecom
**延世大學校 電子工學科
Dept. of Electrical Engineering, Yonsei University
論文番號 : 92-73(接受1992. 3. 14)

www.dbpia.co.kr

본 논문에서는 AWGN, 협대역재밍, 페이딩, 사용자간 간섭이 혼재하는 채널에서 FH/SSMA시스템의 성능을 채널의 보조정보(side information)를 이용할 경우와 이용하지 않을 경우로 구분 분석한다. 그리고 네트워크의 성능개선을 위하여 RS부호(reed solomon Code), 길쌈부호(convolutional Code), 쇄상부호(concatenated Code)등을 도입하여, 에러확률과 처리능력을 계산해 각 부호별 성능을 비교하므로서 설정한 네트워크모델에서 최적의 부호 및 그 때의 최적의 사용자 수를 도출하여 다원접속방식 성능을 분석한다.

Ⅱ. 시스템과 채널모델

FH/SSMA 시스템은 RF대역폭을 주파수 슬롯이라고 불리는 q개의 부대역폭으로 분할하여, 송신단에서 사용자마다 고유하게 부여된 주파수 도약패턴에 따라 반송 주파수를 슬롯간에서 도약시키는 시스템이다.

그림 1은 FH/SSMA시스템의 전송단으로 K번째의 정보신호는 MFSK의 변조기에 의하여 M-ary심볼로 변조되어 채널로 전송되게 되는데 MFSK변조기의 출력은 아래와 같이 정의된다.

$$C_k(t)=\psi(t)\cos\{2\pi[f_c+(2b_k(t)+1-M)\triangle]t+\theta_k(t)\} \quad (1)$$

여기서 f_c는 MFSK톤에 사용되는 중심주파수이고 $\triangle$는 MFSK톤중 연속되는 두 주파수 사이의 1/2대역이며, $\theta_k(t)$는 MFSK변조기에 의해 발생되는 위상변이이다.

MFSK신호는 송신단마다 고유하게 부여되는 주파수도약 패턴 $f_k(t)\{f_1, f_2, \ldots, f_q\}$에 의하여 주파수도약 확산된다. 여기서는 저속도약(slow-hopping)방식을 사용하여 N_s M-ary심볼($N_b=N_s \log_2 M$비트)이 한 도약주기동안 전송된다.

주파수도약되어 수신단으로 전송되는 신호는 아래와 같은 형태를 갖는다.

$$S_k(t)=2P\,\psi(t)\exp\{j[2\pi\hat{f}_k(t)t+\theta_k(t)+\alpha_k(t)]\} \quad (2)$$

$$\hat{f}_k(t)=(2b_k(t)+1-M)\triangle+f_k(t)-1/2\,(f_1+f_q) \quad (3)$$

본 논문에서는 사용자간의 상호 간섭등이 존재하며, 협대역 재밍, 무선신호의 반사 및 산란에 의한 페이딩이 존재하는 채널을 고려한다.

같은 채널을 동시에 사용하는 사용자 수를 I라 가정할 때 수신기는 원하는 하나의 신호와 도약패턴을 맞추어야 하며 동기를 이루어야 한다. 이때 나머지 I-1의 신호는 결국 사용자간의 간섭을 일으키게 된다.

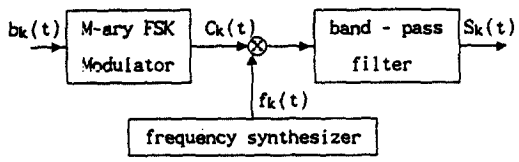

그림 1. 전송단 모델
Fig. 1. Transmitter model

협대역 재밍은 재밍전력 J가 확산대역 W_{ss}중 일부분인 W_J에서만 존재하는 경우로 특정대역이 재밍될 확률 ω로 나타내면 $W_J=\omega W_{ss}$가 된다. 재밍전력이 W_J에 대하여 균등하게 분포되어 있다고 가정하면 전력 밀도는 아래와 같이 정의된다.

$$N_j' = \frac{J}{W_J} = \frac{J}{\omega W_{ss}} = \frac{N_j}{\omega} \quad (4)$$

또한 비선택성 라이스페이딩(Nonselective Rician Fading) 채널모델에선 수신된 신호가 페이딩 되지 않은 요소와 페이딩 되어서 크기가 감소되고 위상이 천이된 요소로 구성되어 있다. 이때 수신된 신호의 크기는 라이스분포를 가지며 M-ary FSK 시스템의 에러확률을 구하면 아래와 같다[1].

$$P_{e,M}(\eta) = \sum_{m=1}^{M-1} \begin{bmatrix} M-1 \\ m \end{bmatrix} \frac{(-1)^{m+1}}{m+1+m\beta(\eta)} \exp\left[\frac{m\delta(\eta)}{M+1+m(\eta)}\right] \quad (5)$$

여기서 $\beta(\eta)=\Lambda(\eta)/(1+\gamma^{-2})$, $\delta(\eta)=\Lambda(\eta)/(1+\gamma^{2})$, $\Lambda(\eta)=E_b\log_2 M/\eta$. E_b : 수신된 신호의 비트당 에너지, η : AWGN의 스펙트럼 밀도, γ^2 : 페이딩되지 않은 신호와 페이딩된 신호크기의 기대값의 비이다.

Ⅲ. 성능분석

재밍, 페이딩 및 사용자 간섭에 의한 잡음이 존재하는 네트워크에서 다원접속 성능을 개선하기 위하

www.dbpia.co.kr

여 부호화 개념을 도입하는 것은 필수적이다. 본 절에서는 성능개선을 위하여 RS부호, 길쌈부호, 쇄상부호를 도입하여 각각의 에러발생확률 및 처리능력(throughput)을 구하였다.

3.1 에러확률

3.1.1 RS 부호

GF(M^m)상의 RS부호를 사용한 FH/SSMA시스템에서 보조정보를 이용하는 경우와 보조정보를 이용하지 않고 단지 에러 정정기능만을 수행하는 경우로 구분하였다. 보조정보를 이용하지 않은 경우 심볼에러의 상한치는 다음과 같이 구해진다.

$$P_s \le 1-(1-P_h)^{I-1}[(1-\omega)(1-P_o)^m+\omega(1-P_{J,0})^m] \quad (6)$$

식(6)에서 P_h는 다른 사용자로부터 간섭을 받아 주파수충돌이 발생할 확률로 RS부호를 사용하는 M-ary FH/SSMA 비동기 네트워크에서 주파수충돌이 발생할 확률은

$$P_h=\left[1+\frac{m}{N_s}\right]\cdot\frac{1}{q} \quad (7)$$

로 나타난다[2].

P_o와 $P_{J,0}$는 AWGN와 협대역 재밍에 의한 에러발생확률로서 식(5)로 부터 $P_o=P_{e,M}(N_o)$, $P_{J,0}=P_{e,M}(N_o+N_J/\omega)$이다. 따라서 이런 채널환경하에서 RS부호를 사용한 경우 부호워드의 에러 발생확률은 다음과 같다.

$$P_{e,s}=\sum_{j=t+1}^{n}\left[\frac{j}{n}\right]\binom{n}{j}P_s^j(1-P_s)^{n-j} \quad (8)$$

여기서, $t=[(n-k)/2]$: RS부호의 에러정정능력

보조정보를 이용하는 경우, 소거된 심볼의 수가 $e=n-k$보다 적을 때의 심볼에러확률은 아래와 같다.

$$P_{e,s:1}=\sum_{j=0}^{e}\binom{n}{j}\varepsilon_s^j(1-\varepsilon_s)^{n-j}\sum_{\substack{e+1\le 2\ell+j\\ \ell+j\le n}}\frac{j+1}{n}\binom{n-j}{\ell}\cdot[1-(1-P_o)^m]^{\ell}\cdot[1-[1-(1-P_o)^m]]^{n-j-\ell} \quad (9)$$

여기서 j는 소거된 심볼의 수, ℓ은 에러가 발생된 심볼의 수이다. ε_s는 심볼이 소거될 확률로서 아래와 같이 구해진다.

$$\varepsilon_s=\omega+[1-(1-P_h)^{I-1}]-\omega[1-(1-P_h)^{I-1}] \quad (10)$$

소거된 심볼의 수가 $e=n-k$보다 클 때 심볼 에러확률은 아래와 같다.

$$P_{e,s:2}=\sum_{j=e+1}^{n}\binom{n}{j}\varepsilon_s^j(1-\varepsilon_s)^{n-j}\sum_{\substack{t+1\le l_1+l_2\\ l_1\le j\\ l_2\le n-j}}\left[\frac{l_1+l_2}{n}\right]\cdot\bar{P}^{l_1}(1-\bar{P})^{j-l_1}\cdot\binom{n-j}{l_2}[1-(1-P_o)^m]^{l_2}\cdot[1-[1-(1-P_o)^m]^{n-j-l_2} \quad (11)$$

여기서 $\bar{P}$는 협대역 재밍이나 사용자 상호간섭에 의하여 발생되는 에러확률로

$$\bar{P}=\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_s}[1-(1-P_{J,0})^m]+\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_s}\left(1-\frac{1}{M^m}\right) \quad (12)$$

이다. 여기서 ε_1는 재밍될 확률로 $\varepsilon_1=\omega(1-P_h)^{I-1}$이고, ε_2는 다른 사용자에 의하여 간섭이 발생할 확률로 $\varepsilon_2=1-\omega(1-P_h)^{I-1}$이다.

결론적으로 RS복호기의 전체 에러확률은 다음과 같다.

$$P_{e,s}=P_{e,s:1}+P_{e,s:2} \quad (13)$$

3.1.2 길쌈부호

구속장 k=3이고 부호화율 1/2, 1/3인 길쌈부호를 선택한 경우, 시스템의 비트 에러확률은 아래와 같이 구해진다[3].

$$P_{e,b}\le\frac{1}{b}\cdot\sum_{j=d_{free}}^{\infty}W_jP_j \quad (14)$$

여기서 1/b는 길쌈부호의 부호화율이고, d_{free}는 부호의 자유도(free distance), P_j는 복호기가 정확한 경로로부터 거리가 j인 경로를 선택하여 에러를 일으킬 확률, 그리고 W_j는 j의 경로를 나타내는 모든 시퀀스의 전체 정보의 가중치(weight)이다[4].

보조정보를 이용하지 않는 경우 P_j의 상한치는 아래와 같이 구해진다[4][5].

www.dbpia.co.kr

$$P_j \le (M-1)q(j;p_s) \tag{15}$$

$$q(n;p)=\sum_{\substack{j(k\\ j+k\le n}}\begin{bmatrix}n\\ j,k\end{bmatrix}(1-p)^j\cdot\left[\frac{p}{M-1}\right]^k\left[\frac{M-2}{M-1}p\right]^{n-j-k} \tag{16}$$

$$+\frac{1}{2}\sum_{i=0}^{(n/2)}\begin{bmatrix}n\\ j,j\end{bmatrix}(1-p)^j\cdot\left[\frac{p}{M-1}\right]^j\left[\frac{M-2}{M-1}p\right]^{n-2j}$$

보조정보를 이용할 경우 P_j의 상한치는 아래와 같이 구해진다.

$$P_j \le (M-1)\bar{q}(j;p_s) \tag{17}$$

여기서 $\bar{q}(j;p_s)$는 보조정보를 이용할 경우로서 아래와 같이 구해진다.

$$\bar{q}(j;p_s)=\varepsilon_s^n q(n;\bar{p})+\sum_{i=0}^{n-1}\begin{bmatrix}n\\ 1\end{bmatrix}\varepsilon_s^1(1-\varepsilon_s)^{n-1}\cdot q(n-1;P_o) \tag{18}$$

여기서 $\bar{p}$는 RS부호 분석에서 구해진 식(12)의 값이다.

3.1.3 쇄상부호

전송될 정보는 먼저(n,k) 외부부호로 부호화되고 이 외부부호기의 출력정보는 (N,K)내부부호로 부호화된다. 이때 전체 부호워드에 대한 정보심볼은 kK이고 부호화율은 rR=kK/nN이다. 일반적으로 외부부호로서는 RS부호가 용장(redundancy)의 높은 효율을 제공할 뿐만아니라 블록길이와 심볼크기가 넓은 범위의 메세지크기를 수용하기 위해 조정될 수 있기 때문에 많이 사용된다. 내부부호로 에러감지용 블록부호를 사용하는 경우를 분석하였다. 쇄상부호 구조에서의 내부부호는 한 도약 내에서 발생되는 에러를 감지하기 위해서 사용되고, 내부부호의 한 워드는 한개의 RS심볼로 구성된 경우로 가정한다. 에러가 감지되지 않을 확률 $P_{u,d}$는[3]

$$P_{u,d}=\sum_{i=1}^{n} A_i\,\alpha_{n,i} \tag{19}$$

이고, 여기서, A_i는 해밍가중치(hamming weight)이 i인 부호워드의 수이고 $\alpha_{n,i}$의 상한치는 다음과 같다.

$$\alpha_{n,i} < \begin{cases} (1-P_h)^{i-1}[1-\omega)(\frac{P_o}{M-1})^i\cdot(1-P_o)^{n-i} \\ \quad +\omega(\frac{P_{J,o}}{M-1})^i(1-P_{J,o})^{n-i}]; & 0\le i\le n \\ (1-P_h)^{i-1}[(1-\omega)(\frac{P_o}{M-1})^n \\ \quad +\omega(\frac{P_{J,o}}{M-1})^n]+\frac{1-(1-P_h)^{i-1}}{(M-1)^n}; & i=n \end{cases} \tag{20}$$

따라서 적어도 하나의 심볼에러가 발생할 확률은 $1-\alpha_{n,0}$ 이므로 에러가 감지될 확률은

$$P_d=1-\alpha_{n,o}-P_{ud} \tag{21}$$

이다. 높은 부호화율(r=k/n이 1에 근접하는 경우)에서는 A_i가 다음과 같다[6].

$$A_n=[(M-1)^n+(-1)^n\cdot(M-1)]/M \tag{22}$$

RS복호기에서 에러로 감지되어 소거된 정보만 정정하는 경우의 에러확률은

$$P_{e,s}=\sum_{\substack{j+1\le\hat{n}\\ \hat{e}+1\le 2l+j}}\frac{j+1}{\hat{n}}\begin{bmatrix}\hat{n}\\ j,1\end{bmatrix}\cdot P_{ud}^l P_d^j(1-P_{ud}-P_d)^{\hat{n}-l-j} \tag{23}$$

이다. RS복호기가 내부 복호기에서 소거된 정보와 내부복호기에서 감지하지 못한 에러를 동시에 정정하는 경우는 앞 장 RS부호의 경우와 같이 소거된 정보와 감지되지 않은 에러 갯수의 합이 $\hat{e}=\hat{n}-\hat{k}$보다 적을 때는 동시에 정정하고, 그 이상일 때는 에러정정만 한다. 소거/에러심볼을 동시 정정하는 모드에서의 에러 확률($P_{e,s:1}$)은 n과 e대신에 $\hat{n}$과 $\hat{e}$로 대체하면 식(23)과 같다. 그리고 에러정정 모드에서의 에러확률($P_{e,s:2}$)은 감지된 에러와 감지되지 않은 에러의 합이 $t=[(\hat{n}-\hat{k})/2]$보다 작을 때 발생하므로 아래와 같이 구해진다.

$$P_{e,s:2}=\sum_{j=\hat{e}+1}^{\hat{n}}\begin{bmatrix}\hat{n}\\ j\end{bmatrix}P_d^j(1-P_d)^{\hat{n}-j}\cdot\sum_{0\le l\le n-j}\frac{j+1}{\hat{n}}\begin{bmatrix}\hat{n}-j\\ l\end{bmatrix}P_{ud}^l(1-P_{ud})^{\hat{n}-j-l} \tag{24}$$

따라서 소거/에러심볼을 동시에 정정하는 경우의 에러확률은

www.dbpia.co.kr

$$P_{e,s}=P_{e,s:1}+P_{e,s:2} \tag{25}$$

이다.

3.2 처리능력

처리능력은 주어진 네트워크에서 동시에 에러 없이 전송할 수 있는 부호워드(패킷)의 평균 수로 정의된다. 네트워크에서 사용자간의 상호간섭 및 잡음에 의한 영향이 각 수신단에서 모두 같을 때(즉, 부호워드가 에러 없이 수신될 수 있는 확률 $P_c(I)$가 같을 때) 처리능력 $S(I)$는 $S(I)=I\cdot P_c(I)$이고, 여기서 $P_c=1-P_{e,s}$로 각각의 부호에 대하여 구한 에러확률로 부터 구할 수 있다.

그런데 여기서 구한 처리능력은 광대역화에다 부호화를 시킨 네트워크의 처리능력으로서 이것을 협대역 및 부호화율에 대해서 정량화를 시켜서 처리능력을 구하면 아래와 같다.

$$W=\frac{k}{nq}\cdot I\cdot P_c(I) \tag{26}$$

이와같이 구해진 처리능력의 단위는 채널슬롯 및 채널 사용율당 전송되는 정보의 수이다.

Ⅳ. 결과 및 고찰

본 절에서는 각각의 부호에 대하여 보조정보를 이용할 경우와 이용하지 않을 경우로 구분하여 E_b/N_J에 따른 비트에러확률과 사용자수에 따른 처리능력을 구하고 그 결과를 비교분석 하였다.

그림 2는 RS(32,16)인 부호를 사용한 시스템에서 재밍의 협대역폭 $\omega=0.1$, 신호대 AWGN의 비 $E_b/N_o=12$ db, 사용자 수 $I=5$일때 $\gamma^2=0.\ 0.01,\ 0.1,\ 0.5,\ 1$일 경우에 비트에러확률을 구하였다. E_b/N_J의 값이 10db와 20db사이에서 에러 발생확률이 급격히 감소하고 그이상에서는 에러발생 확률이 10^{-6} 부근으로 수렴함을 알 수 있다. 즉 재밍에 대하여 성능을 최적으로 개선시키기 위하여는 E_b/N_J를 10db와 20db사이에서 조정하는 것이 바람직하다. 또한 γ^2이 증가함에 따라 성능은 γ^2의 증가비보다 더 저하되고 $\gamma^2=0.5$ 이상에서는 에러 발생확률이 10^{-3}에서 수렴하여 신호전력을 증가시켜도 에러발생 확률이 10^{-3} 이하로는 개선되지 않는다.

그림 3은 RS부호장 n=32이고, 재밍의 협대역 $\omega=0.1$, 페이딩요소인 $\gamma^2=0.01$, $E_b/N_o=20$db, $E_b/N_J=20$dn일 때 정보장의 길이 k 값을 변화시켜 처리능력을 구한 결과이다. 처리능력은 사용자수가 증가할 때 일정수준까지 증가하다가 감소하며, 부호화율이 증가할수록 처리능력도 같이 증가한다.

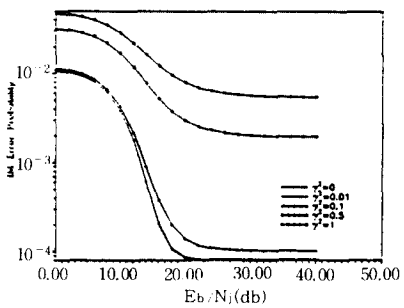

그림 2. RS부호에서의 비트에러확률(보조정보를 이용하지 않은 경우)

Fig. 2. Bit error probability employing RS code without side information

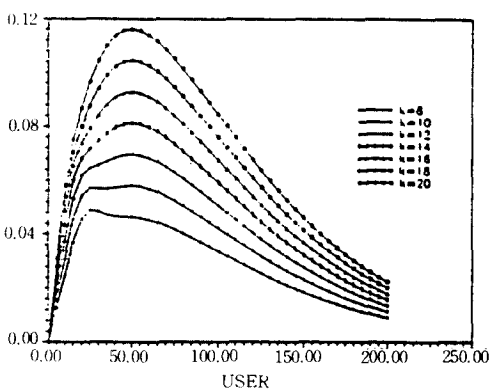

그림 3. RS부호에서의 처리능력(보조정보를 이용하지 않는 경우)

Fig. 3. Normalized throughputs employing RS code without side information

그림 4는 채널의 보조정보를 이용하여 사용자 간섭이나 재밍에 의하여 영향을 받은 심볼은 전부 소거시켜 복호기에서 소거된 심볼을 정정하는 경우이다. $\omega=0.1$, $E_b/N_J=12$db, $I=5$, RS(32,16)인 조건하에 에러확률 분포를 나타냈다. 보조정보를 이용한 경우 잡음에 의하여 영향을 받은 심볼을 전부 소거시켜서

www.dbpia.co.kr

RS부호가 소거된 정보를 일반 에러 발생건수의 2배를 정정할 수 있기 때문에 에러확률이 월등히 개선됨을 알 수 있다.

그림 5는 네트워크의 처리능력을 앞의 경우와 동일 조건하에서 분석한 결과로 보조정보를 이용하지 않을 경우와 달리 부호화율에 따라 최대 처리능력의 값이 일정수준까지 부호화율이 증가함에 따라 증가하지만 그 수준을 초가하면 감소함을 알 수 있다. 이는 부호의 에러정정 능력의 한계를 벗어남으로서 나타나는 결과이다.

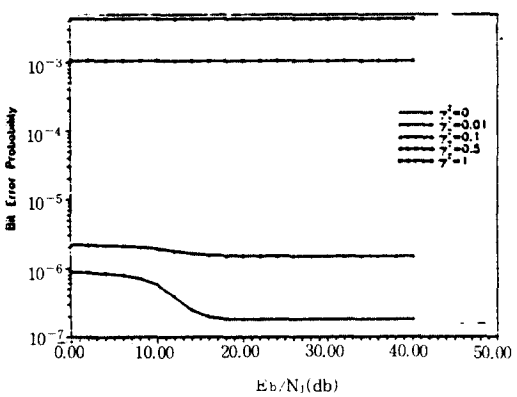

그림 4. RS부호에서의 비트에러확률(보조정보를 이용한 경우)

Fig. 4. Bit error probability employing RS code with side information

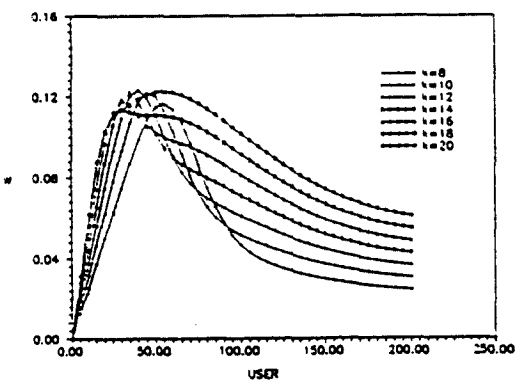

그림 5. RS부호에서의 처리능력(보조정보를 이용한 경우)

Fig. 5. Normalized throughputs employing RS code with side information

RS부호의 경우와 동일 조건하에서 보조정보를 이용하지 않았을 때 길쌈부호의 에러확률을 그림 6에 나타내었다. 에러확률 분포의 형태는 RS부호의 경우와 유사하고 E_b/N_J의 값이 10db와 20db사이에서 에러발생 확률이 급격히 감소하였다.

$\gamma^2=0.5$이상인 경우는 성능이 떨어지고 E_b/N_J의 값이 증가되어도 성능개선비가 둔화됨을 알 수 있는데, RS부호의 경우와 마찬가지로 페이딩에 의한 영향이 SNR을 증가시켜 성능 개선을 할 수 있는 범위를 넘어선 경우이다.

처리능력도 RS부호의 경우와 같은 방법으로 정량화하여 부화화율 1/2과 1/3인 경우 사용자수와 관계로 보면 그림 7과 같다.

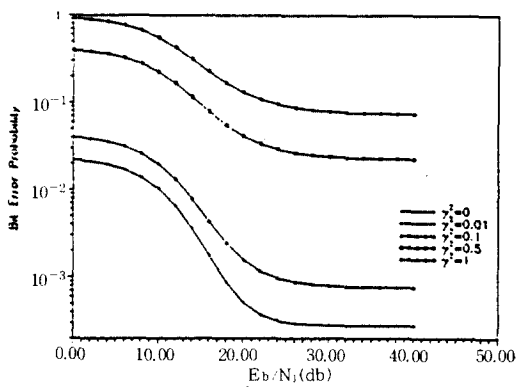

그림 6. 길쌈부호에서의 비트에러확률(보조정보를 이용하지 않는 경우)

Fig. 6. Bit error probability employing convoltional code without side information

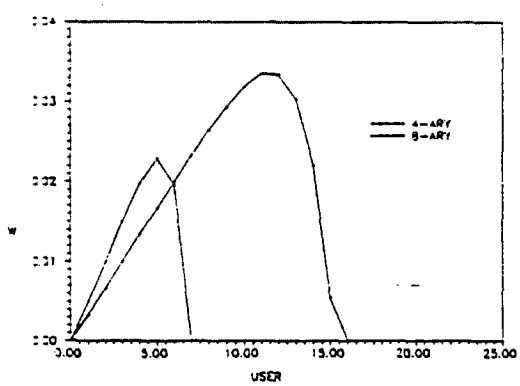

그림 7. 길쌈부호에서의 처리능력(보조정보를 이용하지 않는 경우)

Fig. 7. Normalized throughputs employing convolutional code without side information

www.dbpia.co.kr

보조정보를 이용한 경우 보조정보를 이용하지 않는 경우와 동일 환경하에서의 에러확률 분포는 그림 8과 같다. 마찬가지로 보조정보를 이용한 경우 월등한 성능 개선을 확인할 수 있다. RS부호를 사용한 경우와 유사하게 페이딩 요소인 γ^2=0.1이상에서는 E_b/N_J가 증가하여도 성능개선이 이루어지지 않음을 볼 수 있다. 처리능력을 부호화율 1/2과 1/3인 경우 사용자수와 관계로 보면 그림 9와 같다. RS부호와 마찬가지로 사용자수가 일정 수준까지 증가하면 처리능력도 같이 증가하고 그 이상에서는 감소하는데, 이때의 처리능력 및 최적 사용자 수는 RS부호에 비하여 떨어짐을 알 수 있다.

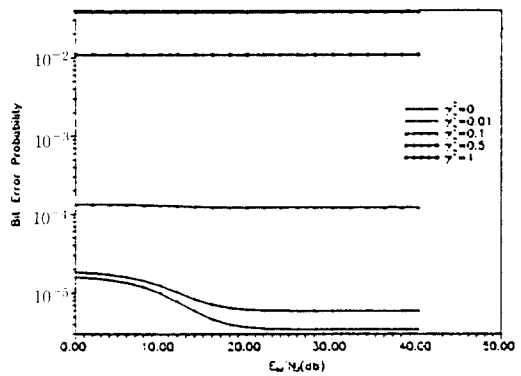

그림 8. 길쌈부호에서의 비트에러확률(보조정보를 이용한 경우)

Fig. 8. Bit error probability employing convolutional code with side information

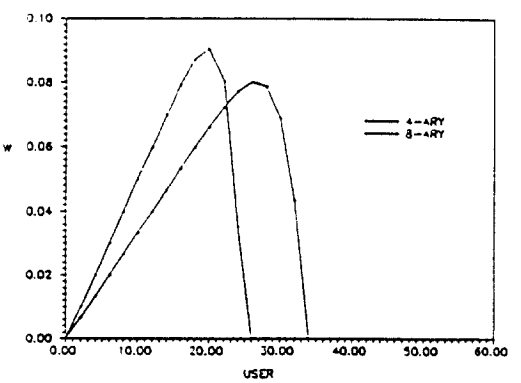

그림 9. 길쌈부호에서의 처리능력(보조정보를 이용한 경우)

Fig. 9. Normalized throughputs employing convolutional code with side information

채상부호를 사용하였을 경우 앞에서의 다른 부호와 동일 채널 환경하에서 에러발생 확률분포를 보면, 내부부호에서 감지되어 소거된 정보와 일부 에러를 정정하는 경우는 그림 10과 같고, 소거된 정보와 에러정정을 병행하여 수행하는 경우는 그림 11과 같다. 결과를 살펴보면 에러발생확률이 10^{-9}이하로 떨어져 성능이 월등히 개선됨을 알 수 있고 페이딩 요소인 γ^2=0.5일 경우도 성능이 신호전력을 크게함에 따라 성능이 개선됨을 알 수 있다. 그리고 3장에서 분석한 결과를 적용하여 처리능력과 부호화율과의 관계를 분석한 결과 처리능력이 비례적으로 증가하였는데 이는 내부부호에서 에러감지 전용기능을 수행하기 때문에 발생되는 현상이다.

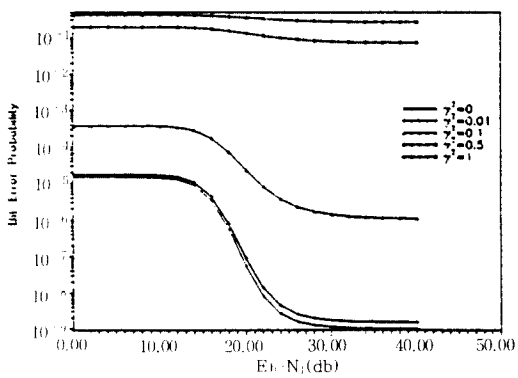

그림 10. 채상부호에서 소거된 심볼만 정정하는 경우 에러확률

Fig. 10. Bit error probability employing concatenated code in the case of erasure /error decoding

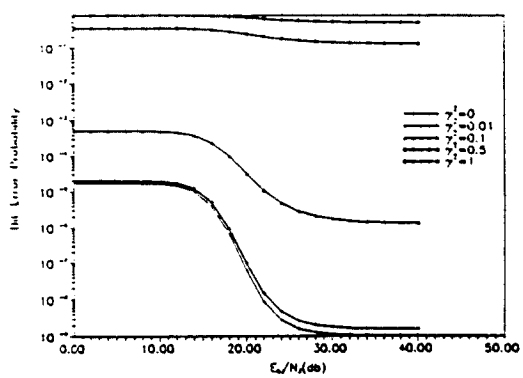

그림 11. 채상부호에서 소거/에러 심볼을 병행하여 정정하는 경우 에러확률

Fig. 11. Bit error probability employing concatenated code in the case of erasure /error parallel decoding

www.dbpia.co.kr

γ^2=0.01, E_b/N_J=15db일 경우 각 부호별 에러발생 확률을 종합적으로 비교하여 보면 그림 12와 같다. 결과에서와 같이 RS부호를 사용하였을 경우가 길쌈부호보다 성능이 월등이 개선됨을 알 수 있다. 또한 보조정보를 이용할 경우 모든 부호에서 성능이 개선되나 특히 RS부호의 특성상 성능의 개선율이 더 뛰어남을 알 수 있다. 쇄상부호를 사용하였을 경우 동일 부호화율에 해당되는 RS부호와 거의 비슷한 에러확률을 나타내면서 H/W의 복잡도를 감소시킬 수 있다.

RS부호와 길쌈부호와의 처리능력 비교는 그림 13과 같은데 그 결과 본 네트워워크와 같이 협대역재밍 및 페이딩이 혼재하는 환경하에서는 RS부호가 길쌈부호에 비하여 월등히 우수한 성능을 발휘할 수 있다.

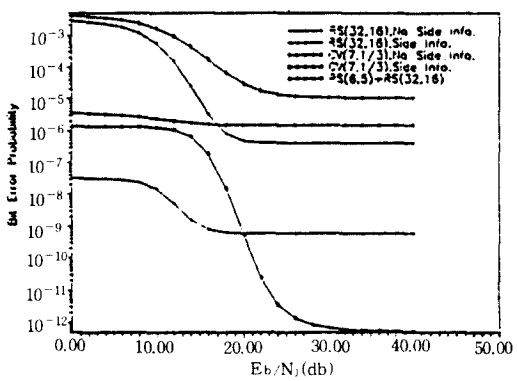

그림 12. 각 부호별 에러확률

Fig. 12. Error probabilities for each coding scheme

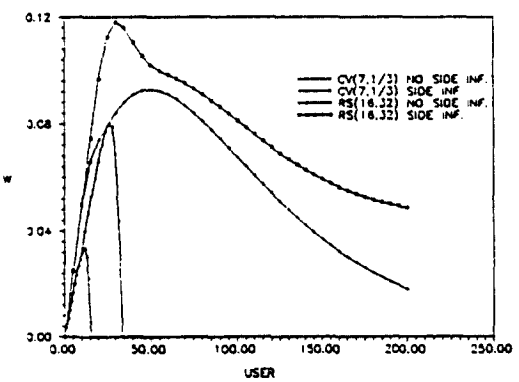

그림 13. RS부호와 길쌈부호의 처리능력 비교

Fig. 13. Comparison of throughput for RS code and Convolutional code

V. 결 론

본 논문에서는 AWGN, 협대역 재밍, 페이딩, 사용자간의 간섭등을 모두 포함하는 채널환경을 모델링하여 FH/SSMA네트워크시스템의 성능을 보조정보를 이용할 경우와 이용하지 않을 경우를 구분하여 부호별 에러확률과 처리능력을 계산하여 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다. 채널의 보조정보를 이용할 경우 모든 부호에서 성능이 월등히 개선되었다. 정보신호와 재밍신호의 전력비인 E_b/N_J가 10~20 db사이에서 에러발생 확률이 급격히 감소하고 그 이상에서는 더 이상 개선되지 않으므로, 재밍에 대해서 효과적으로 대처하기 위해서는 E_b/N_J를 20 db수준으로 조정하는 것이 최적이다. 복합적인 간섭이 혼재하는 채널환경에서는 RS부호가 길쌈부호보다 월등히 우수하며, 쇄상부호는 같은 부호화율인 RS부호와 거의 동일한 성능을 나타내므로 쇄상부호를 사용할 경우 같은 성능을 얻으면서 H/W의 복잡성을 감소시킬 수 있다. 이상의 결과를 통하여 페이딩이나 협대역재밍등 복합적인 간섭이 존재하는 채널환경에서는 에러정정용 부호로서 RS부호가 최적인 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. E.A. Geraniotis and J.W. Gluck, "Coded FH/SS communications in the presence of combined partial band noise jamming, rician nonselective fading, and multiuser interference," IEEE Journ. selected areas in communications, vol.SAC-5, pp.194-214, Febuary 1987.
2. E.A.Geraniotis and M.B.Pursley, "Error probabilities for slow frequency hopped spread-spectrum multipie access communications over fading channels," IEEE Trans. communications, vol.COM-30, pp.996-1009, May 1982.
3. G.C. Clark and J.B. Cain, Error-correction for digital communication New York : Plenum, 1981.
4. A.M. Michelson and A.H. Levesque, Error-control techniques for digital communication, New York : Wiley 1985.

www.dbpia.co.kr

5. J.Conan, "The weight spectra of some short low-rate convolutional codes," IEEE Trans. communications, vol.COM-32, pp.1050-1053, September 1984.

6. F.J.MacWilliams and N.J.A. Sloane, the theory of error-correcting codes Amsterdam, the Netherlands : North-Holland, 1977.

金 根 默(Keun Mook Kim) 정회원
1958년 1월 5일생
1980년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)
1982년 2월 : 연세대학교 전기공학과 대학원(공학석사)
1992년 2월 : 연세대학교 전기공학과 대학원(공학박사)
1982년~1985년 : 금성사 중앙연구소 근무
1985년~현재 : 한국통신 근무
※주관심분야 : Spread-spectrum 통신, 채널 코딩 등임

鄭 榮 地(Young Jee Chung) 정회원
1959년 10월 22일생
1982년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)
1984년 2월 : 연세대학교 전기공학과 대학원 졸업(공학석사)
1984년 3월~현재 : 연세대학교 전기공학과 박사과정
1984년 1월~1987년 7월 : 금성계전(주) 연구소 근무
1984년 3월~현재 : 삼성종합기술원 근무중
※주관심분야 : 이동무선통신 및 spread spectrum 통신, 탄성표면파 소자및 그응용분야

洪 仁 基(Een Kee Hong) 정회원
1966년 1월 22일생
1989년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)
1991년 2월 : 연세대학교 전기공학과 대학원(공학석사)
1991년 3월~현재 : 연세대학교 전기공학과 박사과정
※주관심분야 : Spread-spectrum 통신, 채널 코딩, 이동무선 통신등임

黃 金 燦(Keum Chan Whang) 정회원
1944년 7월 18일생
1967년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)
1975년 6월 : Polytechnique Institute of New York 공

www.dbpia.co.kr