

部分帶域 재밍 環境하에서 熱雜音を 고려한 FH /MFSK 信號의 誤率特性

Error Rate Performance of FH /MFSK Signal with Thermal Noise in the Partial Band Jamming Environments

姜 榮 錫*, 安 重 守*

(Chan-Seok Kang, Jung-Soo Ahn)

요 약

통신 시스템의 傳送 채널에서 발생하는 雜音を 최소화시켜 高品質의 情報을 傳送하고 최적의 시스템을 構成하기 위하여 시스템의 性能을 分析하는 것은 매우 중요하다.

本 論文은 部分帶域 재밍 環境하에서 FH /MFSK信號의 誤率特性을 熱雜音を 무시했을 경우와 熱雜音を 고려했을 경우에 대해 각각 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 分析하였다.

그 결과 熱雜音を 무시한 경우, 시스템이 재밍 fraction ρ 와 E_b/N_j (비트 에너지 對 재밍 電力密度比)에 따른 비트 誤謬 確率은 비트수 K값의 증가에 따라 감소하였으며, 최악의 ρ 값에서 E_b/N_j 에 따른 비트 誤謬 確率은 2FSK 시스템 보다 32FSK시스템이 3.23dB 더 우수함을 알 수 있었다. 또한, 熱雜音を 고려했을 경우에는 K값과 E_b/N_0 (비트 에너지 對 熱雜音 密度比)값이 증가할수록 시스템의 비트 誤謬 確率이 감소함을 알 수 있었으며 최악의 ρ 값에 대해 K=1은 14dB이상에서 K=5는 8dB이상에서 비트 誤謬 確率에 큰 영향을 미치지 못하므로 熱雜音を 무시할 수 있음을 확인하였다.

ABSTRACT

Performance analysis is very important to transmit the high quality information and to construct the optimal system for the minimize the noise from the channel of spread spectrum system.

In this paper the error rate performance is analyzed with computer simulation in noncoherent frequency hopping M-ary frequency shift keying (FH /MFSK) systems with regard to thermal noise under the partial band jamming environments.

As a result, in case the thermal noise is disregarded, bit error probability of system in jamming fraction ρ and E_b/N_j (bit energy to jamming power density) is reduced with the increase of K and in worst case 32FSK system is better than 2FSK system by 3.23dB with the variation of E_b/N_j . In case thermal noise is considered, bit error probability of system are reduced with the increase of K and E_b/N_0 (bit energy to thermal noise density). Bit error probability in connection with worst case ρ is not largely influenced from over the 14dB to K=1 and 8dB to K=5 accordingly thermal noise disregarding.

These results may be useful for avoiding the common vulnerabilities when the spread spectrum system is designed.

* 忠州産業大學校 電子工學科

* Dept. of Electronics Engineering Chung-Ju National University

접수일자: 1992년 12월 23일

I. 序 論

帶域擴散 通信 시스템(spread spectrum communication system)은 情報 전송에 필요한 최소의 帶域 幅 보다 훨씬 더 넓은 帶域幅을 이용하여 상대방에게 전송하는 方式으로 의사 雜音 符號(pseudo noise code)를 사용하여 情報信號를 擴散시키므로 제3자에 의한 고의적인 電波妨害나 盜聽을 피할 수 있을 뿐만 아니라 送信信號의 자체를 은닉할 수 있는 특징을 가지고 있다.

이러한 帶域擴散 通信 시스템의 본격적인 研究는 1950년대 중반 미국에서 시작 되었으며 주로 軍用 通信을 목적으로한 장치가 開發되기 시작하였다. 그후 1970년대 중반부터 특히 아마추어 無線 運用자들이 이용하였고 최근 衛星通信, 距離測定, 移動通信등에 응용되고 있으며 부호분할 다중접속(CDMA: code division multiple access)을 위한 通信에도 이용되고 있다.^[1]

帶域擴散 通信 시스템은 擴散 變調 형태에 따라 직접 시퀀스(DS: direct sequence), 周波數 跳躍(FH: frequency hopping), 이를 혼합한 하이브리드(Hybrid) 방식이 있으며 본 論文에서는 복잡한 周波數 合成器와 誤謬相關이 요구되는 단점을 지니고 있지만, 가장 큰 擴散 帶域을 생성할 수 있고 부분적인 스펙트럼을 회피하기 위한 프로그램이 가능하며, 포착시간이 짧고 원근 문제가 적게 발생하는 FH 방식을 채택하였다. FH 방식은 周波數 跳躍에 따라 한개의 데이터를 전송하기 위하여 2회이상 周波數를 跳躍시키는 高速 周波數 跳躍(FFH: fast frequency hopping) 방식과 1회 周波數 跳躍시 여러개의 데이터를 전송하는 低速 周波數 跳躍(SFH: slow frequency hopping) 방식이 있으며, SFH 방식은 跳躍 速度가 늦어 電波妨害에 대한 혼신 방지 능력이 FFH보다 떨어지지만 시스템의 장치 구성이 간단하고 周波數 合成器의 가격을 낮출 수 있어 MFSK(M-ary frequency shift keying)를 이용하여 跳躍 速度를 情報 速度보다 낮게할 수 있는 長點을 가지고 있다.^[2,6]

이러한 帶域擴散 通信 시스템에서 재머(jammer)와 通信者 간에는 서로 상관관계에 있어 通信者의 입장에서 재머의 영향을 최소화하고 양질의 通信을 하고자 하며, 재머의 입장에서 通信을 하지 못하도록 妨害하여야 한다. 그러므로 재머가 通信을 妨害하기 위해서는 넓은 周波數 帶域에 電力을 공급하여야 하며 전체 周波數 帶域에 妨害信號의 電力을 고루 공

급하는 것보다는 部分帶域을 집중적으로 妨害하므로써 通信 시스템의 性能을 저하 시키는 것이 더 효과적이다.^[3]

이러한 FH 通信 시스템에 대한 性能을 향상시키기 위해 初期에는 FSK에 대한 分析이 주류를 이루었으나 최근에는 良質의 通信뿐만 아니라 前者와 같이 다양한 應用을 위해 MFSK, CPFSK등으로 발전하여가고 있다. 이러한 과정에서 지금까지 部分帶域 재밍(jamming)에서 고의적인 재밍雜音에 비해 熱雜音이 상대적으로 작기 때문에 무시하는 경우가 많았으나 본 論文에서는 FH/MFSK 시스템이 部分帶域 재밍 環境하에서 熱雜音을 고려하지 않은 경우와 고려한 경우 각각에 대하여 信號의 誤率特性을 分析해 보았다. 특히 熱雜音을 고려하였을 경우 비트(bit) 에너지 대 재밍 電力 密度比(E_b/N_j)에 대한 誤謬 確率(P_e)값이 비트수 K값과 비트 에너지 대 熱雜音 密度比(E_b/N_0)에 따른 定量的 變化를 分析하였다.

II. 시스템 分析

符號化를 하지 않은 FH/SS시스템에서 가장 크게 효과적으로 영향을 미치는 재머는 平均電力이 제한된 部分帶域 재머이다. 部分帶域 재머는 재밍 fraction ρ 를 조정하여, 재밍 電力의 最大 出力으로서 시스템의 性能에 영향을 미친다. 여기에서 ρ 는 전 周波數 帶域과 쟁된 周波數 帶域과의 比率로 정의된다. ($0 \leq \rho \leq 1$)

PN 符號가 擴散 符號로 사용된 帶域 擴散 시스템에서 部分帶域 재머가 존재하는 FH/MFSK 시스템의 블록도는 그림1과 같고 시스템을 정의하는데 있어서 다음과 같은 가정을 하였다.

- 최악의 경우 部分帶域 재밍은 ρ 의 선택에 의해 BER(bit error rate)이 最大가 된다.
- 재밍은 한번 跳躍과 다음 跳躍과는 독립이며, 일정한 재밍 fraction ρ 을 가지고 있다.
- 재밍 전략은 제한된 平均 電力이다.
- 受信器에서의 檢波는 最大 出力이 檢波器의 最大 값과 일치하는 M-ary 심볼을 선택하며, 受信器는 각 跳躍(hopping)동안 재머가 존재하는지의 여부는 알 수 없다.

1. 熱雜音을 무시했을 때 시스템의 誤謬 確率

Mark 심볼이 傳送되었다고 가정할 때, 첫번째 에너지 檢波器의 出力은 確率密度 函數가 다음과 같이 주어지는 noncentral Chi-square 確率 變數로 정의

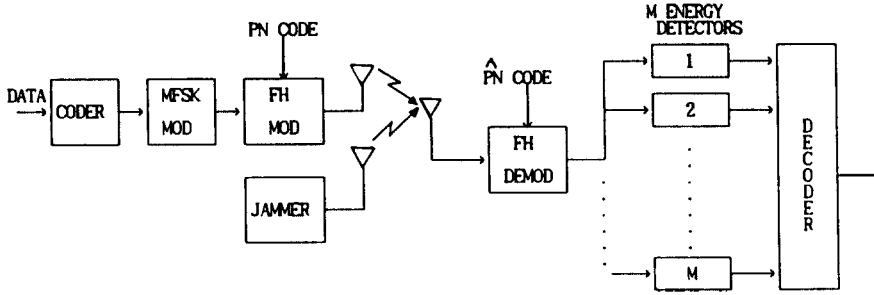


그림 1. FH / MFSK 시스템 블록도

된다.^[4]

$$P(e_1) = \begin{cases} \exp[-e_1 - \frac{E_s}{N_j}] \cdot I_0[2\sqrt{e_1 \frac{E_s}{N_j}}], & e_1 \geq 0 \\ 0, & e_1 < 0 \end{cases} \quad (1)$$

그리고, 다른 $M-1$ 개의 에너지 檢波器는 信號 성분을 가지고 있지 않다. 따라서 雜音항만을 가지고 있을 것이므로, 그것들의 出力은 제2자유도를 가지는 central Chi-square 確率 變數로 정의된다.

$$P(e_i) = \begin{cases} \exp(-e_i), & e_i \geq 0 \\ 0, & e_i < 0 \end{cases} \quad (i=2, 3, 4, \dots, M) \quad (2)$$

여기에서, M 信號는 직교信號이기 때문에 e_i 는 모두 統計적으로 독립이다.

M -ary 심볼 誤譯 確率は 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} P_s &= \Pr \left\{ \bigcup_{i=2}^M (e_i \geq e_1) \right\} \\ &= 1 - \Pr \left\{ \bigcap_{i=2}^M (e_i < e_1) \right\} \\ &= 1 - \int_0^\infty p(e_1) \left[\int_0^{e_1} p(e_2) de_2 \right]^{M-1} de_1 \end{aligned} \quad (3)$$

이 식에 식 (1)과 식 (2)를 대입하고, $u = \sqrt{2e_1}$, $v = \sqrt{2e_2}$ 로써 變數를 置換하면, 식 (3)은 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} P_s &= 1 - \exp\left[-\frac{E_s}{N_j}\right] \cdot \int_0^\infty u \cdot \exp\left[-\frac{u^2}{2}\right] \cdot I_0\left(u \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_s}{N_j}}\right) \\ &\quad \cdot \left[\int_0^u v \cdot \exp\left[-\frac{v^2}{2}\right] dv \right]^{M-1} du \end{aligned} \quad (4)$$

이 식에서

$$\begin{aligned} \left[\int_0^u v \cdot \exp\left[-\frac{v^2}{2}\right] dv \right]^{M-1} &= \left[1 - \exp\left[-\frac{u^2}{2}\right] \right]^{M-1} \\ &= \sum_{j=0}^{M-1} (-1)^j \binom{M-1}{j} \exp\left[-\frac{j \cdot u^2}{2}\right] \end{aligned} \quad (5)$$

이므로 식 (4)는

$$\begin{aligned} P_s &= 1 - \exp\left[-\frac{E_s}{N_j}\right] \cdot \sum_{j=0}^{M-1} (-1)^j \binom{M-1}{j} \\ &\quad \cdot \int_0^\infty u \cdot \exp\left[-\frac{(j+1)u^2}{2}\right] \cdot I_0\left(u \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_s}{N_j}}\right) du \\ &= 1 - \exp\left[-\frac{E_s}{N_j}\right] \cdot \sum_{j=0}^{M-1} (-1)^j \binom{M-1}{j} \\ &\quad \cdot \left(\frac{1}{j+1}\right) \cdot \exp\left[-\frac{E_s}{(j+1) \cdot N_j}\right] \end{aligned} \quad (6)$$

이 된다.

식 (6)에서 $i=j+1$ 로 대치하면

$$\begin{aligned} P_s &= 1 - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M-1} (-1)^{i-1} \binom{M}{i} \cdot \exp\left[-\frac{E_s}{N_j} \cdot \frac{i-1}{i}\right] \\ &= \frac{1}{M} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \cdot \exp\left[-\frac{E_s}{N_j} \cdot \frac{i-1}{i}\right] \end{aligned} \quad (7)$$

直交 信號가 사용되었을 때, 信號空間에서 어떤 信號와 다른 信號와의 거리는 같다. 그러므로 誤譯가 발생되었을 때, 심볼 誤譯은 $M-1$ 개의 서로 다른 심볼이 類似度(likelihood)로 나타난다. 따라서 비트 誤譯 確率의 平均數는 다음과 같이 주어진다.

$$P_b = \frac{M}{2(M-1)} P_s \quad (8)$$

$$= \frac{1}{2(M-1)} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \cdot \exp\left[-\frac{K \cdot E_b}{N_j} \cdot \frac{i-1}{i}\right] \quad (9)$$

여기서, $K \cdot E_b = E_b$ 로 주어지며 K 는 비트 수로 MFSK에서 M 개의 搬送波 周波數가 있고 각 周波數에 K 비트의 情報를 전송하게 되며 $M = 2^K$ 가 성립된다. 部分帶域 재머는 全 擴散 스펙트럼 帶域幅의 일부인 ρ ($0 < \rho \leq 1$)로 전체 電力 J 를 제한하여 선택한다. 따라서 재밍雜音 密度 函數는

$$N_j' = \frac{J}{W_j} = \frac{J}{\rho \cdot W} = \frac{N_j}{\rho} \quad (10)$$

이 되고, 이것에 상응하여 瞞된 帶域에서 감소된 SNR 레벨은 다음과 같이 된다.

$$\frac{E_b}{N_j'} = \frac{\rho \cdot E_b}{N_j} \quad (11)$$

따라서 部分帶域 재밍은 確率 ρ 를 가지고 M -ary 傳送이 瞞되므로, 조건부 비트 誤謬 確率은 다음과 같이 된다.^[5]

$$P_b = \rho \cdot P_b \left(\frac{\rho \cdot E_b}{N_j} \right) \\ = \frac{\rho}{2(M-1)} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \cdot \exp\left[-\frac{\rho \cdot K \cdot E_b}{N_j} \cdot \frac{i-1}{i}\right] \quad (12)$$

최악의 部分帶域 재머는 주어진 M 과 E_b/N_j 에 대해, P_b 를 最大로 하기 위한 ρ 를 선택한다. 따라서 結果的인 平均 性能은

$$P_b = \max_{0 < \rho \leq 1} \left[\frac{\rho}{2(M-1)} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \cdot \exp\left[-\frac{\rho \cdot K \cdot E_b}{N_j} \cdot \frac{i-1}{i}\right] \right] \quad (13)$$

로 주어지며, 이 結果 熱雜音을 무시한 경우 FH/MFSK 시스템의 비트 誤謬 確率은 다음과 같다.

$$P_b = \begin{cases} \frac{\beta}{E_b/N_j}, & \rho wc = \frac{\gamma}{E_b/N_j}, \frac{E_b}{N_j} \geq \gamma \\ \frac{1}{2(M-1)} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \\ \exp\left[-\frac{K(i-1)E_b}{iN_j}\right], & \rho wc = 1, \frac{E_b}{N_j} \leq \gamma \end{cases} \quad (14)$$

여기에서 γ 는 식(13)을 만족하는 E_b/N_j 값이고, β 는 다음과 같다.

$$\beta = \frac{\gamma}{2(M-1)} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \cdot \exp\left[-\gamma \cdot K \cdot \frac{i-1}{i}\right] \quad (15)$$

2. 熱雜音을 고려한 시스템의 誤謬 確率

帶域 擴散 通信 方式은 일반 시스템과 다르게 채널 상에는 送受信器에서 발생하는 雜音과 채널상에서 발생하는 雜音등을 합한 雜音(N_0) 이외에 재밍雜音(N_j)등이 추가된다.

그러므로 帶域擴散 通信 시스템에서 시스템의 性能을 分析할 때, 두 雜音을 모두 고려해야 하는 어려움이 있고, 또 고의적인 재밍雜音에 비해 熱雜音이 상대적으로 작기 때문에 일반적으로 熱雜音은 무시하여 적용하고 있다.

그러나 시스템의 部分帶域 재밍 環境하에서 熱雜音이 무시될 정도가 아닌 경우 그 영향을 고려하여 性能을 分析하였다.^[2]

또한 熱雜音을 무시하였을 경우와 비교하여 다음과 같은 檢證 方法으로 타당성을 立證하였다. 즉, 熱雜音을 무시할 경우에는 재밍雜音만 존재하므로 N_j 로 되고, 熱雜音을 고려할 경우는 $N_0 + N_j$ 가 된다.

部分帶域 재밍 環境하에서 熱雜音을 고려한 시스템의 誤謬 確率은 熱雜音 干涉과 熱雜音+재밍雜音 干涉에 대해 각각 계산하여 두 結果를 平均한다.

- 1). 熱雜音 계산은 $N_j = N_0$ 를 이용하고,
- 2). 熱雜音+재밍雜音 계산은 $N_j = N_0 + N_j'$ 를 사용한다.

그 結果式은 (16)과 같다. 따라서 瞞된 帶域의 fraction이 ρ 이기 때문에 平均 비트 誤謬 確率은 다음과 같이 주어진다.^[6]

$$P_b = (1-\rho) \cdot P_b \left(\frac{E_b}{N_0} \right) + \rho \cdot P_b \left[\frac{E_b}{N_0 + N_j'} \right] \\ = (1-\rho) \cdot P_b \left(\frac{E_b}{N_0} \right) + \rho \cdot P_b \left[\frac{1}{\frac{1}{E_b/N_0} + \frac{1}{\rho \cdot E_b/N_j}} \right] \\ = \frac{1-\rho}{2(M-1)} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \exp\left[-K \frac{E_b}{N_0} \left(1 - \frac{1}{i}\right)\right] \\ + \frac{\rho}{2(M-1)} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \exp\left[\frac{-K \left(1 - \frac{1}{i}\right)}{\frac{1}{E_b/N_0} + \frac{1}{\rho \cdot E_b/N_j}}\right] \quad (16)$$

재머의 觀點에서는 적절하게 재밍 fraction을 조절하여, 비트 誤謬 確率을 最大값이 되도록 시도할 것이다. 따라서 비트 誤謬 確率을 最大로 하는 ρ 를 구하기 위하여 식(16)을 微分하면

$$\begin{aligned} \frac{dP_b}{d\rho} = & \frac{-1}{2(M-1)} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \exp\left[-K \frac{E_b}{N_0} \left(1 - \frac{1}{i}\right)\right] \\ & + \frac{1}{2(M-1)} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \exp\left[\frac{-K \left(1 - \frac{1}{i}\right)}{\frac{E_b}{N_0} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{E_b}{N_j}}\right] \\ & + \frac{\rho}{2(M-1)} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \cdot \frac{-K \left(1 - \frac{1}{i}\right) \left(\frac{1}{E_b/N_j}\right)}{\left[\frac{1}{E_b/N_0} + \frac{1}{\rho} + \frac{1}{E_b/N_j}\right]^2} \\ & \cdot \exp\left[\frac{-K \cdot \left(1 - \frac{1}{i}\right)}{\frac{1}{E_b/N_0} + \frac{1}{\rho} + \frac{1}{E_b/N_j}}\right] \quad (17) \end{aligned}$$

이 되고, 이 식으로 부터 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 E_b/N_0 , E_b/N_j , K 를 조절하여 最適의 ρ 값을 補間法으로 찾아냈으며 그 結果 最適의 ρ 값은 다음과 같이 일반식으로 表現된다.

$$\rho_{wc} = \frac{\gamma}{E_b/N_j} \quad (18)$$

그러므로 최악의 部分帶域 재밍 環境하에서 熱雜音을 고려할 경우 비트 誤謬 確率은

$$\max_{0 < \rho \leq 1} P_b = \begin{cases} \rho_{wc} = 1 : \frac{E_b}{N_j} \leq \gamma \\ \frac{\beta}{E_b/N_j} + \beta_0, \rho_{wc} = \frac{\gamma}{E_b/N_j} : \frac{E_b}{N_j} \geq \gamma \end{cases} \quad (19)$$

로 주어지고, 여기에서 파라메타 β 와 β_0 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \beta = & \gamma \cdot \left\{ \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \exp\left[-K \frac{\gamma \cdot E_b}{E_b + \gamma \cdot N_0} \left(1 - \frac{1}{i}\right)\right] \right. \\ & \left. - \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \exp\left[-K \frac{E_b}{N_0} \left(1 - \frac{1}{i}\right)\right] \right\} \quad (20) \end{aligned}$$

$$\beta_0 = \frac{1}{2(M-1)} \sum_{i=2}^M (-1)^i \binom{M}{i} \exp\left[-K \frac{E_b}{N_0} \left(1 - \frac{1}{i}\right)\right] \quad (21)$$

III. 컴퓨터 시뮬레이션 結果 및 檢討

FH/MFSK 시스템이 部分帶域 재밍 環境하에서 각각의 K 값에 대해 熱雜音을 무시한 경우와 무시하지 않은 경우로 나누어 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 分析하였다.

그 結果, 먼저 熱雜音을 무시한 경우 ρ 와 E_b/N_j 에 따른 비트 誤謬 確率은 式(12)를 利用 그림 2와 그림 3에 나타내었으며, K 값이 증가할수록 각각의 ρ 값 즉, 재밍 信號가 全帶域에 걸쳐 분포될 경우 각각의 包絡線을 연결하여 E_b/N_j 값이 감소하므로 항재밍 (Anti-Jamming) 特性이 더 우수함을 알 수 있었다. 또한, 최악의 ρ 값에서 E_b/N_j 에 따른 비트 誤謬 確率은 式(14)를 利用 그림 4에 나타내었다. 그 結果 $K=1$ 인 경우, 10^{-5} 비트 誤謬 確率에서 E_b/N_j 값은 45.66dB이었으며, $K=2$ 인 경우에는 E_b/N_j 값이 43.67dB이었고, $K=3$ 인 경우에는 42.91, $K=4$ 인 경우에는 42.59, $K=5$ 인 경우에는 42.43dB값을 나타내므로, 2FSK 시스템 보다 32FSK 시스템의 性能이 23dB 더 우수함을 알 수 있었다.

熱雜音을 고려한 경우에 式(16)을 利用하여 分析해 보면 그림 5는 $K=1$ 이고 E_b/N_0 값이 11[dB]인 경우로서, 모든 ρ 값에 대해 E_b/N_j 값에 관계없이 10^{-3} 이상의 誤謬 確率을 나타내, 熱雜音의 영향력이 심각하게 나타남을 알 수 있었다. 그림 6은 $K=5$ 이고 E_b/N_0 값이 15[dB]인 경우로 ρ 값이 증가하고 E_b/N_j 값이 감소함에 따라 誤謬 確率에 감소됨을 알 수 있었으며, 이것은 시스템의 性能이 향상되고 있음을 나타내는 것이다. 따라서 K 값이 증가할 수록, 비트 에너지 대 熱雜音 密度 비 E_b/N_0 가 증가할 수록 시스템의 誤謬 確率은 감소함을 알 수 있었다. 또한, 최악의 ρ 값에서 시스템을 式(19)를 利用하여 分析한 結果를 그림 7과 그림 8에 각각 나타냈으며 그 結果 E_b/N_0 값이 증가할 수록 誤謬 確率에 감소함을 알 수 있었고, $K=1$ 일때 14dB 이상, $K=5$ 일때 8dB 이상에서 誤謬 確率에 대해 그다지 영향력을 미치지 않으므로 熱雜音을 무시할 수 있음을 알 수 있었다.

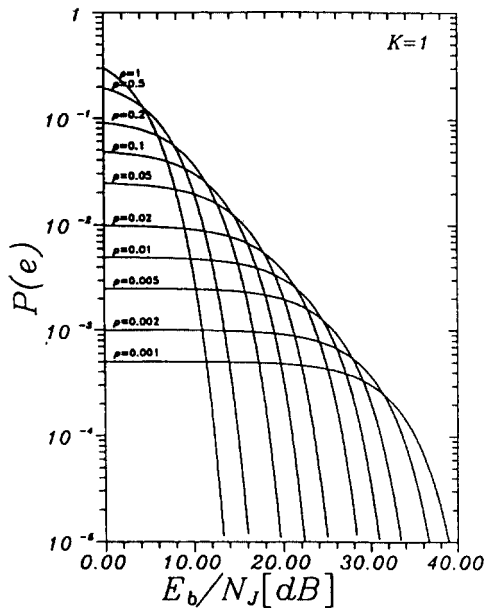


그림 2. 熱雜음을 무시한 경우, ρ 와 E_b/N_j 에 따른 비트 誤 謬 確率($K=1$)

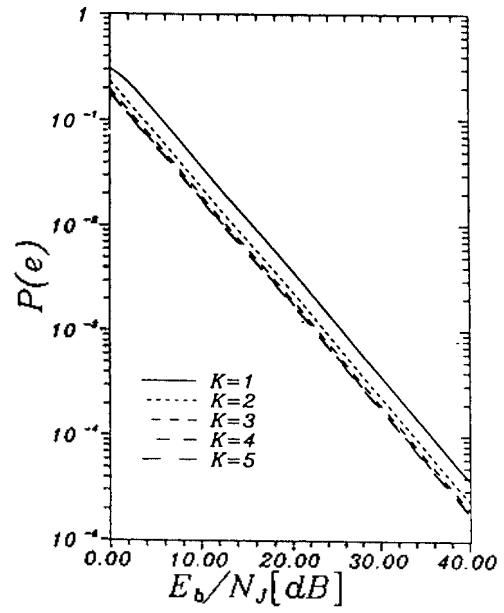


그림 4. 최악의 ρ 값에서 熱雜음을 무시하였을 경우, E_b/N_j 에 따른 비트 誤 謬 確率

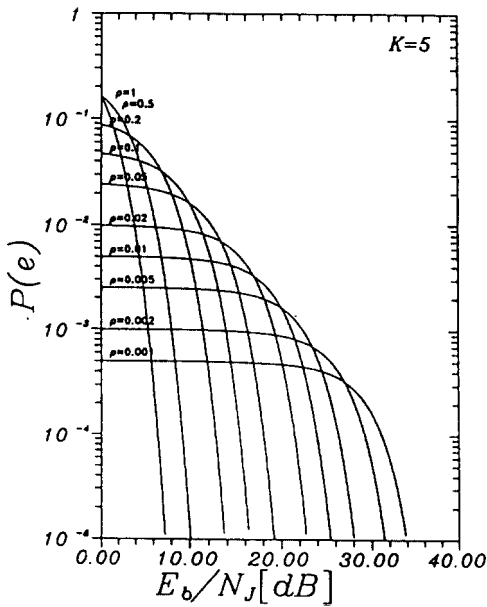


그림 3. 熱雜음을 무시한 경우, ρ 와 E_b/N_j 에 따른 비트 誤 謬 確率($K=5$)

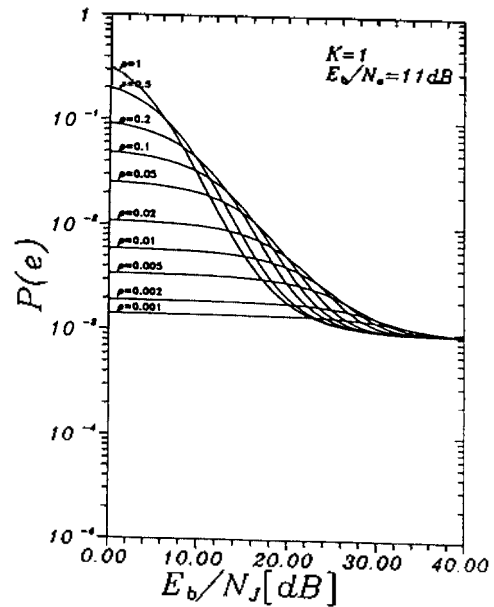


그림 5. 熱雜음을 고려한 경우, $K=1$, $E_b/N_0=11\text{dB}$ 일 때, ρ 와 E_b/N_j 에 따른 비트 誤 謬 確率

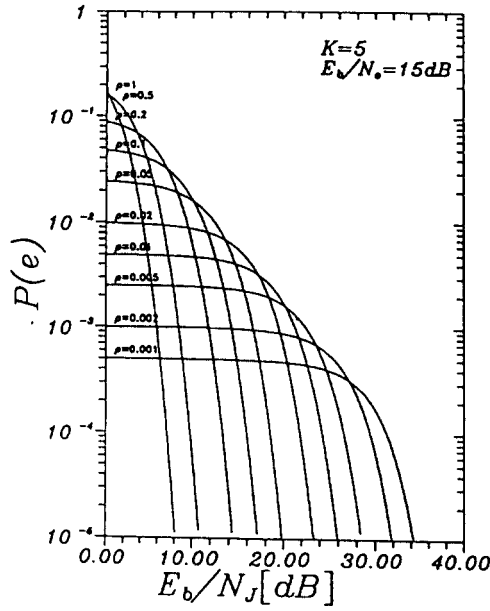


그림 6. 熱雜音을 고려한 경우, $K=5$, $E_b/N_0=15\text{dB}$ 일 때, ρ 와 E_b/N_j 에 따른 비트 誤謬 確率

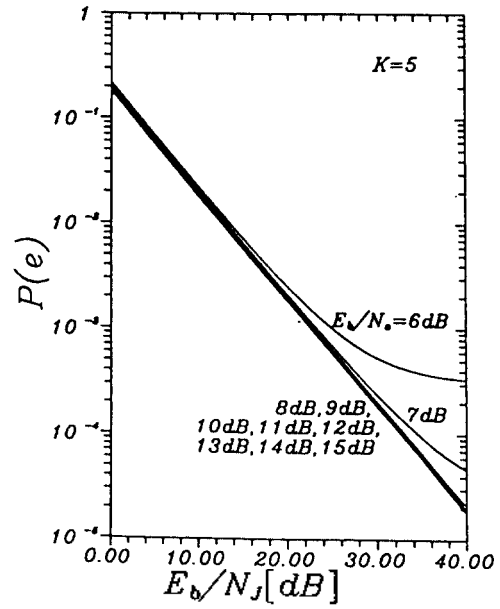


그림 8. 최악의 ρ 값에서 熱雜音의 변화에 따른 비트 誤謬 確率($K=5$)

IV. 結 論

本 論文에서는 대부분의 部分帶域 재밍 環境 하에서 帶域擴散 通信 시스템을 分析하는데 있어서 재밍 雜音에 비해 상대적으로 작은 熱雜音을 무시하였지만, 通信者의 수요 증가에 따른 시스템의 複雜性과 電波資源의 고갈로 채널상에서 발생되는 熱雜音을 무시할 수 없으므로 本 論文에서는 部分帶域 재밍 環境 하에서 FH/MFSK 信號의 誤率 特性을 熱雜音을 무시한 경우와 熱雜音을 고려한 경우에 대하여 각각 分析하였다. 그 결과 熱雜音을 무시한 경우, 시스템이 재밍 fraction ρ 와 E_b/N_j 에 따른 비트 誤謬 確率は K 값의 증가에 따라 감소하였으며, 일정한 K 값에 대해 ρ 값이 증가하고 E_b/N_j 값이 감소할수록 비트 誤謬 確률이 증가됨을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 알 수 있었다. 또한 최악의 ρ 값에서 E_b/N_j 에 따른 비트 誤謬 確率は K 값이 증가함에 따라 시스템의 性能이 우수함을 알 수 있었다. 熱雜音을 고려했을 경우에는 K 값과 E_b/N_0 값이 증가할수록 비트 誤謬 確률이 감소함을 알 수 있었으며 최악의 ρ 값에 대해 $K=1$ 일 때 14dB 이상 $K=5$ 일 때 8dB 이상에서는 비트 誤謬 確률에 큰 영향을 미치지 못하므로 무시할 수 있음을 알 수 있었다.

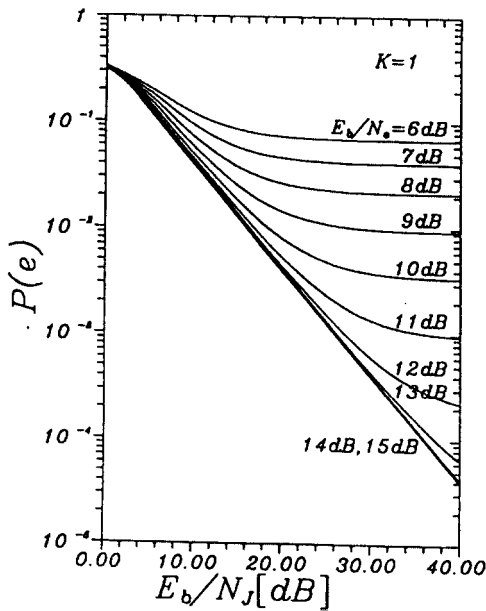


그림 7. 최악의 ρ 값에서 熱雜音의 변화에 따른 비트 誤謬 確率($K=1$)

이러한 帶域擴散 通信 시스템에 대한 誤謬 確率을 감소 시키기 위해 誤謬 訂正 符號를 적용하는 研究가 계속되고 있고 특히 熱雜音의 정도에 따라 最適 符號를 찾아내는 研究가 필요하며 廣大역으로 傳送되는 帶域擴散 通信 시스템에서 熱雜音을 고려하여 설계한다면 더 우수한 시스템이 개발 되리라 기대된다.

參 考 文 獻

1. DAVIES, WARD JAMES, "Interference Effects in Direct Sequence Spread Spectrum Communication System," U.M.I Dissertaion Services, pp.1-5, Dec. 1989.
2. M. K. Simon, J. K. Omura, R. A. Scholtz, B. K. Levitt, "Spread Spectrum Commenciations," vol.1-3, Computer Science press, 1985.
3. S. W. Houston "Modulation Techniques for Communication, Part I : Tone and Noise Jamming Performance of Spread Spectrum M-ary FSK and 2, 4-ary DPSK Waveforms," IEEE, Nat'l Aerospace and Electronics Conf., pp. 51-58, 1975.
4. Leoland E. Miller, Jhong S. Lee, Apman P. Kadrichu, "Probability of Error Analyses of a BFSK Frequency-Hopping System with Diversity Under Partial-Band Jamming Interference-Part III:Perference of a Square-Law Self-Normalizing Soft Decision Receiver," IEEE Trans. Commun. vol. COM-34, No.7, pp.669-675, July, 1986.
5. A. J. Viterbi, "Spread Spectrum Communications-Myths and Realities," IEEE commun., Soc. Mag., vol.17, May 1979.
6. R. E. Ziemer and R. S. Peterson, "Digital Communications and Spread Spectrum Systems," Macmillan Publishing Company, New York, 1985.

▲姜 榮 錫

(정회원)



1961年 7月 29日生
 1980년 2월 : 국립 충주공업전문
 학교 졸업
 1987년 2월 : 단국대학교 전자공
 학과 졸업(공학사)
 1992년 2월 : 청주대학교 대학원
 전자공학과 졸업(공
 학석사)

1986년 11월 ~ 현재 : 국립 충주산업대학교 전자공학과
 ※주관심분야 : Digital통신 시스템, Spread Spectrum
 통신시스템 등임

▲安 重 守

(정회원)



1944年 8月 11日生
 1975년 2월 : 명지대학교 대학원
 졸업(공학석사)
 1992년 2월 : 청주대학교 대학원
 졸업(공학박사)
 1993년 ~ 현재 : 국립 충주산업대
 학교 전자공학과 교
 수

※주관심분야 : Digital통신 시스템, Spread Spectrum
 통신 시스템, 이동통신 등임