

# 실내 무선 페이딩 채널 환경에서 임펄스성 전자간섭파에 의한 GFSK시스템의 성능 분석

## Performance Analysis of GFSK Systems by Impulsive Electromagnetic Noise in Indoor Radio Fading Channel Environment

이 양 선 · 김 지 웅 · 강 희 조

Yang Sun Lee · Ji Woong Kim · Heau Jo Kang

### 요 약

본 논문에서는 실내 무선 통신 환경에서 발생하는 페이딩 현상과 전자기기에서 방출되는 임펄스성 전자간섭파에 따른 GFSK 시스템의 성능을 분석하고 데이터 전송 서비스를 만족하기 위하여 성능 보상 방안으로 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 적용하여 열화된 시스템의 성능을 개선하였다. 결과에 의하면, 페이딩과 임펄스성 전자간섭파에 의해 시스템에 심각한 영향을 미치게 되는데 특히, 직접파 성분이 존재하는 페이딩 보다는 임펄스성 전자간섭파의 발생빈도와 크기에 따라 시스템 성능이 크게 좌우됨을 알 수 있었다. 성능 개선책으로 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 채용함으로써 낮은 신호전력(20 dB)에서도 향상된 성능 개선을 얻을 수 있었고, error floor 구간이 형성되고 시스템에 영향을 크게 미치는 강한 임펄스성 전자간섭파 환경에서도 24 dB 이상에서 성능 개선을 얻을 수 있었다.

### Abstract

In this paper, we analyzed the performance of GFSK system that presence fading effect in indoor radio communication environments and impulsive electromagnetic noise from electronic equipments then we applied the Truncated Type-II Hybrid ARQ scheme to make satisfied in data transmission service. As a result, the system was influenced by fading and impulsive electromagnetic noise. Especially, the system was much degraded by high occurrence frequency and amplitude of impulsive electromagnetic noise than fading which has direct frequency.

By adopting the Truncated Type-II hybrid ARQ technique we can also obtained the performance improvement in the low signal power(20 dB) and over 24 dB in strong impulsive electromagnetic noise environment which is occurred error floor and terribly influenced by the system.

### I. 서 론

디지털 기술이 전기·전자·정보 통신 등의 분야에 핵심 기술로 발전되면서 이에 수반되는 전자기장해 문제는 단순히 기기나 시스템의 신뢰성 측면

뿐만 아니라 전자기 환경 측면에서도 신중히 다루어야 할 사항으로 부각되고 있다<sup>[1]</sup>. 특히, 무선통신은 전자파를 방사하여 통신의 목적을 달성하기 때문에 공간상의 전파 환경에 대한 규제는 매우 엄격하다. 근래의 무선통신은 이동통신의 발전으로 더욱

동신대학교 전기전자공학부(Dept. of Electrical & Electronic Engineering, Dongshin University)

· 논문 번호 : 20010830-112

· 수정완료일자 : 2001년 10월 18일

더 우리 생활 주변에 근접되어 사용되고 있으므로 가정이나 사무실에서 사용되고 있는 전기·전자 기기 및 정보 기기에서 발생하는 전자파가 이들 무선 통신 기기에 전자기적 간섭을 주지 않도록 불요 전자파 방사 기준을 정하여 무선 통신기의 수신 특성 열화를 방지하고 있다<sup>[2],[3]</sup>. 이와 같은 불요 전자간섭에 의한 영향은 순간적으로 강한 전자파 필스에 의하여 기기의 고장이나 인접한 통신 선로에 상호 결합을 일으켜 정보의 오류나 혼신을 주는 등 전자간섭에 의한 영향은 매우 다양해진다. 특히, 무선 홈네트워킹 시스템이 사용되는 실내 무선 환경은 큰 경로 손실뿐만 아니라 심각한 다중경로 페이딩으로 인해 시스템 구성이 어렵고 실내 건물의 기차재 및 기계로부터 발생하는 임펄스성의 전자간섭파의 영향도 받을 수 있다<sup>[4],[5]</sup>. 따라서, 본 논문에서는 실내 무선통신로 환경에서 발생하는 페이딩 현상과 전자기기에서 방출되는 임펄스성 전자간섭파에 따른 GFSK 시스템의 성능을 분석하고 성능 열화에 대한 성능개선기법으로 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 적용하여 시스템 성능 개선 정도를 알아보았다.

## II. 시스템 모델

### 2-1 GFSK 시스템

그림 1은 본 논문에서 제안한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 적용한 GFSK 시스템의 해석 모델을 나타낸다. 가우스 필터는 반송파 파워나 점유 대역폭 및 부호-클럭 복구성능 등의 측면에서 장

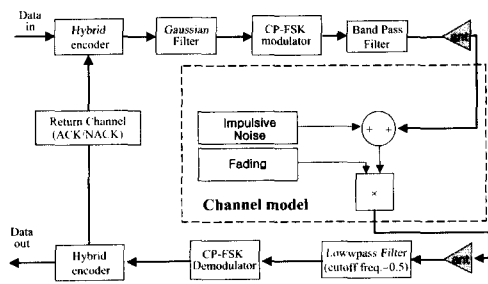


그림 1. GFSK 시스템 해석 모델  
Fig. 1. Analysis model of GFSK system.

점을 갖기 때문에 많이 사용되고 각 부호들은 앞뒤에 부호들과만 서로 밀접하게 상호작용 하게 된다. 이러한 특징으로 특정 형식으로 늘어선 신호배열이 상호 작용하는 경향을 줄여 증폭기를 보다 쉽고 효율이 좋도록 만든다<sup>[6]</sup>.

### 2-2 페이딩 채널

채널을 통해 수신되는 신호는 가시거리 성분인 직접파 성분과 전송로에 인접한 물체로부터 반사되어 시간지연을 갖고 도달하는 반사파 성분으로 구성된다. 직접파 성분은 이동체의 움직임 등에 의한 도플러 쉬프트와 왜곡이 없이, 자유공간에서 발생하는 감쇄만을 받아 수신되고 반사파 성분은 직접파와 같은 형태를 지니지만 진폭은 Rayleigh 분포하고 위상은 일양 분포한다. 이러한 직접파 성분과 반사파 성분이 합쳐져서 수신신호는 Rician 분포를 한다. Rician 페이딩의 p.d.f는 다음과 같이 나타내진다.

$$\begin{aligned}
 p(R) &= \frac{R}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{R^2+a^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{aR}{\sigma^2}\right) \\
 &= \frac{R}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2} - \frac{1}{\gamma^2}\right) I_0\left(\frac{aR}{\sigma^2}\right) \\
 &= \frac{R}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2} - k\right) I_0\left(\frac{aR}{\sigma^2}\right) \quad (1)
 \end{aligned}$$

여기서,

$$\gamma^2 = \frac{2\sigma^2}{a^2}, \quad k = \frac{1}{\gamma^2} \text{ 직접파 대 반사파 전력비}$$

$\sigma^2$  ; 반사파 전력비

$a$  ; 직접파 전력비

$\gamma^2$ 과 나카가미 페이딩의 페이딩 지수  $m$ 의 관계는 다음과 같다<sup>[7]</sup>.

$$\gamma^2 = \frac{m - \sqrt{m^2 - m}}{\sqrt{m^2 - m}}, \quad m \geq 1$$

따라서,  $m$ 과  $k$ 와의 관계를 구하면 표 1과 같다.

### 2-3 임펄스성 전자간섭파 모델

임펄스 잡음의 통계적 모델 중에서 Middleton의 A급 임펄스 잡음은 무선 통신 시스템의 성능 평가에 있어서 취급하기 쉽고, 거의 모든 종류의 실제 임펄

표 1. Rician 페이딩과 나카가미 페이딩의 비교  
Table 1. Comparison of Rician fading and Nakagami fading.

나카가미 페이딩 지수(m)	Rician 페이딩	
	$r^2$	$k$
1	$\infty$	0 (Rayleigh fading)
2	0.414	2.24
3	0.2247	4.45
4	0.1547	6.464
5	0.118	8.5
$\infty$	0	$\infty$ (nonfading)

스 잡음을 표현하는데 사용되는 정량화된 방법이다. 일반적으로 협대역 잡음  $n(t)$ 를 동상 성분과 직교 성분으로 나타내면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$n(t) = x(t) \cos \omega_c t - y(t) \sin \omega_c t \quad (2)$$

여기서  $\omega_c$ 는 협대역 잡음의 중심 각 주파수이다. 잡음  $n(t)$ 를 A급 임펄스 잡음으로 가정할때 이에 대한 결합확률밀도함수(p.d.f.)는 다음과 같다.

$$p_I(x, y) = e^{-A} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{A^j}{j! 2\pi W \sigma_j^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2W \sigma_j^2}\right) \quad (3)$$

이때, Jacobian 정리를 사용하여 각각 직교성분과 동상 성분으로 나타내면 다음과 같다.

$$p_I(x) = e^{-A} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{A^j}{j! \sqrt{2\pi W \sigma_j^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2W \sigma_j^2}\right)$$

$$p_I(y) = e^{-A} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{A^j}{j! \sqrt{2\pi W \sigma_j^2}} \exp\left(-\frac{y^2}{2W \sigma_j^2}\right) \quad (4)$$

여기서,

$$\sigma_j^2 = \frac{j/A + \Gamma'}{1 + \Gamma'}$$

$\Gamma' = \sigma_G^2 / \sigma_I^2$ 는 가우스 잡음 전력 대 임펄스 잡음 전력비, A는 임펄스 지수(단위 시간당 임펄스 성분이 차지하는 비율),

$W = \sigma_G^2 + \sigma_I^2$ 는 전체 잡음 전력을 나타낸다<sup>[8]</sup>.

식 (4)에서 정의한 임펄스성 잡음에 대하여 정규화된 ( $W=1$ ) 확률밀도함수와 시간축에서의 파형을 그림 2, 그림 3에서 각각 나타내었다. 임펄스성이 약한 환경은 진폭이 큰 성분에 대한 확률값이 서서히 감소하지만, 임펄스 성이 강한 환경에서는 0에

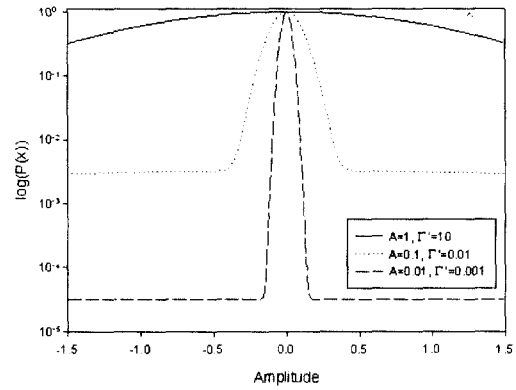


그림 2. 정규화된 임펄스성 전자간섭파의 확률밀도 함수

Fig. 2. The probability density function of normalized impulsive electromagnetic noise.

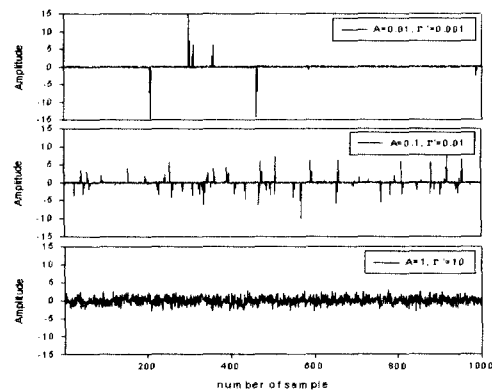


그림 3. 임펄스성 전자간섭파의 시간 파형

Fig. 3. Waveform of Impulsive electromagnetic noise.

근접한 진폭 성분이 주를 이루며 진폭이 큰 성분에 대한 확률 값은 일정하게 나타난다.

그림 2와 그림 3에서 A가 0.01,  $\Gamma'$ 가 0.001인 환경은 임펄스성이 강한 환경을 나타내고, A가 1이고,  $\Gamma'$ 가 10인 환경은 가우스 잡음 환경에 근접하는 환경이다.

### III. 시스템 성능 해석 및 검토

#### 3-1 임펄스성 전자간섭파에 의한 오율 성능

임펄스 전자간섭파 환경에서의 GFSK 시스템의

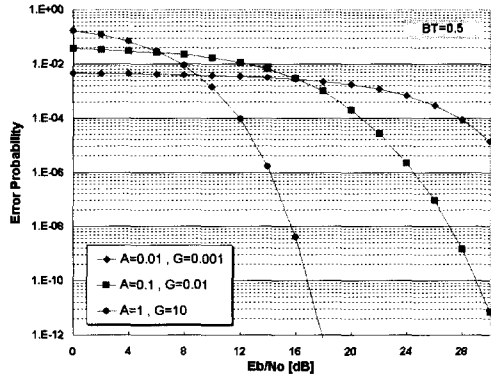


그림 4. 임펄스성 전자간섭 환경에서 GFSK 시스템 성능 ( $G = \Gamma'$ ,  $BT=0.5$ )  
 Fig. 4. Performance of GFSK system in impulsive electromagnetic noise environment. ( $G = \Gamma'$ ,  $BT=0.5$ )

오울식은 식 (4)를 이용하여 다음과 같이 구해진다.

$$P_{GI} = \frac{1}{2} \exp(-A) \sum_{j=0}^{\infty} \frac{A^j}{j!} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{\beta \cdot \gamma}{\sigma_j^2}} \right) \quad (5)$$

여기서,

$\beta$  = Gaussian Filter BT함수의 감쇄상수  
 $\gamma$  = 평균 SNR(signal to noise power ratio)

그림 4는 임펄스성 전자간섭 환경에서 GFSK 시스템의 성능을 나타낸 그림이다.

그림에서 보는 바와 같이 16 dB 이상에서 임펄스 잡음지수의 크기에 따라 성능 차이가 뚜렷이 나타나는 것을 알 수 있고 그 이하에서는 강한 임펄스성 전자간섭과( $A=0.01$ ,  $\Gamma' = 0.001$ )보다 약한 임펄스성 전자간섭과( $A=0.1$ ,  $\Gamma' = 0.01$ )에서 성능이 열화되는 것을 알 수 있다. 이는 그림 3에서 보는 바와 같이 강한 임펄스성 전자간섭과 환경은 임펄스성 전력은 크지만 빈번하게 발생하지 않으나, 약한 임펄스성 전자간섭과 환경은 비록 임펄스성 전력은 상대적으로 작지만 훨씬 빈번하게 발생하므로 낮은 신호 전력에서 BER 성능에 더 큰 영향을 미치게 된다.

### 3-2 임펄스성 전자간섭과와 페이딩 환경에서의 오울 성능

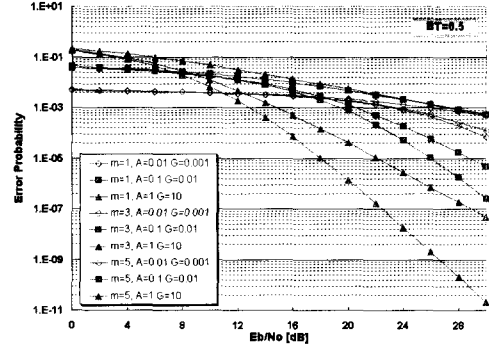


그림 5. 페이딩과 임펄스성 전자간섭 환경에서 GFSK 시스템 성능  
 Fig. 5. Performance of GFSK system in fading and impulsive electromagnetic noise environment.

임펄스 전자간섭과와 페이딩에 의한 GFSK 시스템의 오울식은 식 (1)과 식 (5)에 의해서 페이딩 심도지수로 나타낼 수 있다.

$$P_{\alpha 0} = \frac{1}{2} e^{(-A)} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{A^j}{j!} \left[ 1 - \sqrt{\frac{4\beta\gamma}{m\pi\sigma_j^2}} \cdot \frac{\Gamma\left(m + \frac{1}{2}\right)}{\Gamma(m)} \left( \frac{-\beta\gamma}{m\sigma_j^2} + 1 \right)^{-\left(m + \frac{1}{2}\right)} \cdot {}_2F_1\left(1, m + \frac{1}{2}; 1.5; \frac{-\beta\gamma}{m\sigma_j^2 + \beta\gamma}\right) \right] \quad (6)$$

그림 5는 페이딩과 임펄스성 전자간섭 환경에서 GFSK 시스템의 성능을 나타낸 그림이다.

그림에서 보는 바와 같이 직접파 성분이 없는 rayleigh 분포의 페이딩 환경에서는 임펄스성 전자간섭과의 영향과는 무관하게 페이딩에 의한 시스템 열화가 큼을 알 수 있다. 또한 직접파 성분이 커짐에 따라 시스템 성능은 향상되지만 강한 임펄스성 전자간섭과의 혼재시에는 페이딩보다는 임펄스 발생빈도(20 dB 이하에서 강한 임펄스성 전자간섭과보다 약한 임펄스성 전자간섭과에 의한 성능 열화가 큼)에 따른 시스템 영향이 심각함을 알 수 있다. 이는 앞 절에서 설명한 바와 같이 임펄스 발생 빈도에 따라 낮은 수신전력에서의 시스템 성능에 미치는 영향이 크기 때문이다.

### 3-3 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 채용했을 때의 시스템 오율 성능

본 논문에서는 데이터 전송 서비스를 만족하기 위하여 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 채용하는 방식을 제안하였다. 기존의 ARQ 기법은 정보 전송 시 채널의 에러율이 높으면 전송지연이 증가하게 되는데 이와 같은 단점을 보완한 방식이 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식이다. 이 방식은 실제 이동통신 시스템에서 요구하는 에러율이 데이터 통신인 경우라도 error free( $1 \times 10^{-10}$ )가 아닌  $1 \times 10^{-10}$  정도라는데 기본 개념을 두고 있다.

Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법 채용 시 전송 효율  $\mu$ 를 고려한 GFSK방식의 오율식은 다음과 같이 구해진다.

$$P_{eo} = \frac{1}{2} e^{(-A)} \sum_{j=0}^{\infty} \left[ 1 - \sqrt{\frac{4\beta\gamma_c}{m\sigma_j^2}} \right] \cdot \frac{\Gamma\left(m + \frac{1}{2}\right)}{\Gamma(m)} \left( \frac{\beta\gamma_c}{m\sigma_j^2} + 1 \right)^{-\left(m + \frac{1}{2}\right)} \cdot {}_2F_1\left(1, m + \frac{1}{2}; 1.5; \frac{\beta\gamma_c}{m\sigma_j^2 + \beta\gamma_c}\right) \quad (7)$$

단,  $\gamma_c = \frac{1}{\mu} \gamma$ .

전송효율  $\mu$ 는 다음 식으로 정의되며, 이의 역수는 throughput을 나타낸다.

$$\mu = \frac{n}{k} [P_c + 2(1 - P_c - P_b)P_t] \quad (8)$$

여기서,  $k/n$  : 부호율,

$P_c = (1 - P_{eo})^n$  : 수신 신호에 오류가 없을 확률,

$P_b \leq [1 - (1 - P_{eo})^k] 2^{-(n-k)}$  :  $C_0$ 부호를 수신한 후 검출 불가능한 오류를 가질 확률,

$P_t = P_c + (1 - P_c - P_b) \frac{q_0 - y}{1 - y}$  : 패리티 비트를 수신한 후 변환 과정을 통해 원래의 신호로 복호 가능한 확률.

단,  $q_0 = \sum_{j=0}^{2n} \binom{2n}{j} P_{eo}^j (1 - P_{eo})^{2n-j}$ ,

$y = (1 - P_{eo})^n \left[ 2 \sum_{l=0}^n \binom{n}{l} P_{eo}^l (1 - P_{eo})^{n-l} - (1 - P_{eo})^n \right]$

Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법 채용시의 수신 오류 확률을  $P_r(E)$ 라 할 때, 본 논문에서는 재전송으로 인한 전송지연을 최소화 하기 위해 한 번만 재전송 하는 경우를 고려하므로 오율식은 다음과 같이 된다<sup>9)</sup>.

$$P_r(E) = P_r(A_0^c) + P_r(A_0^d E_1^E) \\ = P_r(A_0^c) + P_r(A_0^d) P_r(E_1^E | A_0^d) \quad (9)$$

여기서,  $P_r(A_0^c) = P_b$ ,

$$P_r(A_0^d) = P_d = 1 - P_c - P_b.$$

이다. 패리티 비트를 수신한 후 원래의 정보를 복호하지 못할 확률은 수신신호가 검출 불가능한 오류 패턴을 가질 확률과 정정 불가능한 오류 패턴을 가질 확률의 합이 되므로

$$P_r(E_1^E | A_0^d) = P_{eo} + P_d(1 - q_1) \quad (10)$$

이 된다. 그러므로 각각의 경우를 식 (9)에 대입하면 최종 오율식은 다음과 같이 구해진다<sup>9)</sup>.

$$P_r(E) = P_b + P_d \left( P_b + P_d \left( 1 - \frac{q_0 - y}{1 - y} \right) \right) \quad (11)$$

그림 6은 본 논문에서 제안한 Truncated Type-II

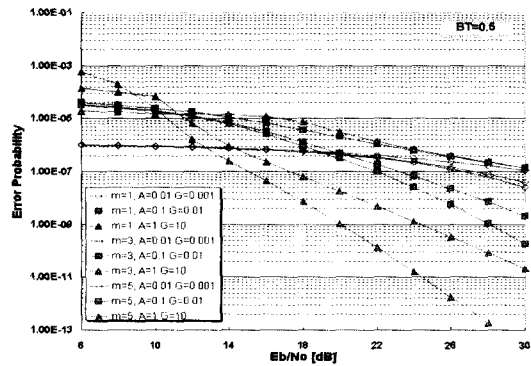


그림 6. 페이딩과 임펄스성 전자간섭 환경에서 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 적용한 GFSK 시스템 성능

Fig. 6. Performance of GFSK system with Truncated Type-II Hybrid ARQ techniques in fading and impulsive electromagnetic noise environment.

Hybrid ARQ 기법을 채용하였을 때의 GFSK 시스템 성능을 보여주고 있다.

결과에 의하면, 빈번하게 발생하는 약한 임펄스 전자간섭과보다 드물게 발생하고 전력이 큰 강한 임펄스 전자간섭과 환경에서 ARQ 기법에 의해 20 dB 이하에서 페이딩과 임펄스성 전자간섭과에 의한 에러를 효과적으로 보상해줌을 알 수 있다. 강한 임펄스 전자간섭과에 의해 발생한 수신 에러를 다시 재전송하여 복구함으로써 24 dB 이상에서 error floor 구간을 극복하고 시스템 성능이 향상됨을 알 수 있다. 결과적으로 직접파 성분이 존재하는 페이딩 환경에서는 페이딩 보다는 임펄스성 전자간섭과에 의한 시스템의 영향이 훨씬 지배적임을 알 수 있다.

그림 7은 페이딩과 임펄스 전자간섭과의 조건에 따른 throughput 성능을 보여주고 있다. 강한 임펄스 전자간섭과에서는 완만한 전송효율을 보이다가 30 dB 이상에서 더 이상 전송효율이 좋아지지 않음을 알 수 있다. 또한 임펄스성 보다 페이딩이 강한 상태와 약한 임펄스성 전자간섭과에서는 각각 10~16 dB, 14~24 dB 사이의 수신전력에서 급격한 성능 향상을 보임을 알 수 있다. 열화 요인 중 직접파 성분이 존재하는 페이딩은 시스템에 크게 영향을 주지 않지만 임펄스성 전자간섭과의 발생 빈도에 따라 크게 시스템에 영향을 미침을 알 수 있다.

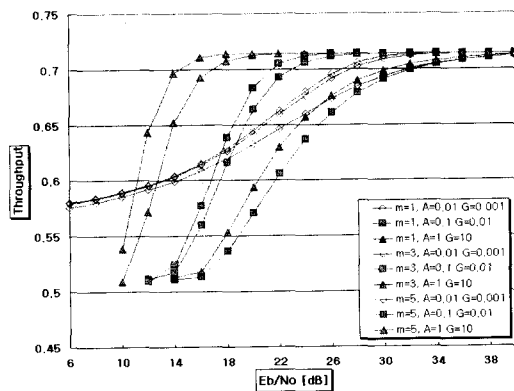


그림 7. 페이딩과 임펄스성 전자간섭 환경에 따른 throughput 비교

Fig. 7. Comparison of throughput according to fading and impulsive electromagnetic noise environment.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 실내 무선 통신로 환경에서 발생하는 페이딩 현상과 전자기기에서 방출되는 임펄스성 전자간섭과에 따른 GFSK 시스템의 성능을 분석하고 성능보상 방안으로 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 적용하여 열화된 시스템의 성능을 개선하였다.

결과에 의하면, 페이딩과 임펄스성 전자간섭과에 의해 시스템에 심각한 영향을 미치게 되는데 특히, 직접파 성분이 존재하는 페이딩 보다는 임펄스성 전자간섭과의 발생빈도와 크기에 따라 시스템 성능이 크게 좌우됨을 알 수 있었다. 또한, 신호전력의 일정구간(22 dB) 내에서는 임펄스성 전자간섭과의 크기 보다는 잦은 발생빈도에 의해 시스템 성능이 더욱 열화됨을 알 수 있었다. 성능 개선책으로 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 채용함으로써 낮은 신호전력(20 dB)에서도 향상된 성능 개선을 얻을 수 있었고, 시스템에 영향을 크게 미치는 강한 임펄스성 전자간섭과 환경에서도 24 dB 이상에서 성능 개선을 얻을 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 赤尾保男, 環境電磁工學の基礎, 電子情報通信學會, 1991.
- [2] 金原 淳 “空電の發生に關する考察”, 名大空電研究所報告. 1990.
- [3] 酒井 洋 外 2人, ノイズによる誤動作と對策, 日刊 工業新聞社, 1990.
- [4] J. Wang & M. Moeneclaey, “Hybrid DS/SFH spread spectrum multiple access with predetection diversity and coding for indoor radio”, *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 10, no. 4, pp. 705-713, May 1992.
- [5] T. S. Rappaport, “Indoor radio communications for factories to the future”, *IEEE Commun. Mag.*, vol. 25, pp. 15-24, May 1989.
- [6] T/89-S. 3/03, *GSM Recommendations*, ETSI/GSM.

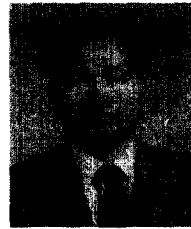
- [7] P. J. Crepear, "Uncoded and Coded Performance of MFSK and DPSK in Nakagami Fading Channels", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 40, no. 3, pp. 487-483. March 1992.
- [8] S. Unawang, S. Miyamoto and N. Morinaga, "A novel receiver design for DS-CDMA systems under impulsive radio noise environments", *IEICE Trans. Commun.*, vol. E82-B, no. 6, pp.936-943, June 1999.
- [9] Q. Yang and V. K. Bhargava, "Delay and coding analysis of a Truncated Type-II Hybrid ARQ protocol", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. VT-40. no. 1. pp. 22-32, Feb. 1993

이 양 선



2001년 2월: 동신대학교 전기전자공학과 (공학사)  
 2001년 3월~현재: 동신대학교 대학원 전기전자공학과 석사과정  
 [주 관심분야] 이동통신, 무선통신 시스템, 적응변조, 4세대통신

강 희 조

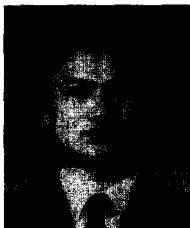


1994년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학박사)  
 1994년 7월~1995년 12월: 전자통신연구원 위성망연구소 초빙연구원  
 1996년 8월~1997년 8월: 일본 오사카대학교 공학부 통신공학과

객원 교수

1998년 3월 ~ 1998년 8월: 전자통신연구원 무선이동위성통신시스템 연구소 초빙연구원  
 1990년 3월~현재: 동신대학교 전기전자공학부 교수  
 2000년 6월~현재: 한국전자파학회 호남지부 지부장  
 2000년 7월~현재: 지역산업정보화센터 센터장  
 2000년 9월~현재: 디지털영상매체기술혁신센터(TIC) 부소장  
 [주 관심분야] 무선통신, 이동통신 및 위성통신, 적응변조, 멀티미디어 통신, 환경전자공학, 무선광통신, 밀리미터파, 전자 발광 (Electro Luminescence) 디스플레이

김 지 응



1996년 2월 : 동신대학교 전자공학과 (공학사)  
 1998년 2월 : 동신대학교 대학원 전기 전자공학과 (공학석사)  
 2001년 2월: 동신대학교 대학원 전기 전자공학과 (공학박사)  
 [주 관심분야] 환경전자공학, 무선

통신, 이동통신 및 위성통신