

---

# DS-CDMA 셀룰라 이동통신 시스템에서 적응변조방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식과 최대비 합성 다이버시티 기법에 의한 성능 개선

양재훈\* · 김지웅\* · 강희조\*

Improvement Performance of Truncated Type-II Hybrid ARQ Scheme and MRC  
Diversity Techniques using an Adaptive Modulation in DS-CDMA Cellular Mobile  
Communication System

Jae Hun Yang\* · Ji Woong Kim\* · Heau Jo Kang\*

## 요 약

본 논문에서는 DS-CDMA 셀룰라 이동통신 시스템에서 고속의 전송데이터를 전송할 시스템을 이루기 위해 적응변조 방식을 적용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 제안했다. 여기서, 나카가미 페이딩 채널 환경으로 적응변조 방식을 해석하였다. 적응변조 시스템은 나카가미 페이딩 지수에 따라서 변조 레벨과 심볼율을 제어할 수 있다.  $E_b/N_0$ 가 높거나 나카가미 페이딩 지수  $m$ 이 높을 경우 이 시스템은 높은 변조 레벨과 높은 심볼율을 선택하여 전송 효율을 증가시키는데 목적이 있다. 이와 반대로,  $E_b/N_0$ 가 낮을 경우, 전송 성능 감소를 막기 위해 낮은 변조 레벨과 낮은 심볼율을 선택한다. 변조 방법으로는 QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM을 채용하였다. Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법에 의한 적응변조 방식은 실시간(delay-limited)처리 및 고신뢰도가 요구되는 이동 통신 및 무선 데이터 통신 시스템에 적용이 가능하리라 판단된다.

## ABSTRACT

This paper proposes a Truncated Type-II Hybrid ARQ scheme using an adaptive modulation system to achieve high throughput data transmission systems for DS-CDMA cellular mobile communication systems. In this paper, the adaptive modulation system analyzed in Nakagami ( $m$ -distribution) fading channel environment. The adaptive modulation system controls the modulation level and symbol rate according to the Nakagami fading parameter( $m$ ). When the received  $E_b/N_0$  is high or the Nakagami fading parameter  $m$  is high, the propose system selects higher modulation level and higher symbol rate to increase throughput. On the other hand, this system selects lower modulation level and lower symbol rate to prevent

---

\* 동신대학교 전기전자공학부  
접수일자: 2001. 7. 26

throughput performance degradation when the received  $E_b/N_0$  is low. The modulation method have been adopted QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM. Therefore, adaptive modulation systems with Truncated Type-II Hybrid ARQ Scheme is proper for mobile and radio data communication system that require high reliability and delay-limited applications.

### 1. 서론

최근 육상 이동통신의 보급·발전에 수반하여 디지털 육상 이동통신에 있어서도 새로운 방식의 도입이 필수적이라고 생각되어진다. 육상 이동통신의 통신 형태에 관해서는 이후에 각종 이동통신 서비스의 통합화 등으로 발전하는 것이 예상되고, ISDN (Integrated Service Digital Network) 등의 통합 통신망과의 접속을 고려할 필요가 있다. 더욱이 전송 정보에 관해서도 일반적으로 음성 주체에서부터 데이터, 팩시밀리, 영상 등 다양화되고 있는 이때에 이와 같은 미디어 통신을 복합하고 동일 전송로 및 단말을 이용하는 멀티미디어 통신에 대한 요구가 높아져 가고 있다[1].

육상 이동통신에 있어서 이상과 같은 고도화 속에서 서비스를 실현하기 위해 한정된 주파수대를 이용한 디지털 무선 전송의 고속화 및 고품질화는 불가능하지만, 무선 전송 기술의 향상은 중요한 과제의 하나라고 할 수 있다. 이에 대해 전송로 상황의 순시적인 변동을 측정하여 그것에 대응하는 기준 비트 오류율을 만족하고, 또한 최대 할당 대역의 범위 내에서 전송 속도를 최대로 하여 변조 다치수와 심볼율을 변조 파라미터로 선택하는 적응변조 방식이 제안되고 있다[2].

본 논문에서는 DS-CDMA 셀룰라 이동통신 시스템에서 다중접속간섭이 존재할 때 나카가미 페이딩의 심도 지수인  $m$ 값에 따라 변화하는 채널 환경을 고려하여 적응변조 방식을 적용하였을 경우에 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식과 MRC 다이버시티의 가지수 및 사용자수에 따라 변화하는 오류 특성 및 throughput 과 전송지연을 비교 분석하였다.

## II. 해석모델

### 2.1 다중접속간섭

기지국이 동일 셀내의 모든 사용자에게 같은 전력으로 신호를 송신한다면 간섭신호도 기준 신호와 같은 정도의 세기와 경로 손실을 갖는다. 다른 사용자에 의

한 다중접속간섭은 Gaussian 랜덤 변수로 취급되므로 다중접속간섭 MUI는

$$MUI = \frac{2}{3PN} E_b A_0^2 \quad (1)$$

로 나타내진다[3].

동일 셀내에 기준 사용자 외에  $k-1$ 의 사용자가 존재한다고 가정하면 동일 셀내에서의 간섭  $I_1$ 은 다음과 같다.

$$I_1 = (k-1) \frac{2}{3PN} E_b A_0^2 \quad (2)$$

또한 인접 셀로부터는  $k$ 의 사용자에 의해 간섭이 발생하므로 인접 셀로부터의 간섭  $I_2$ 는 다음과 같다.

$$I_2 = k \sum_{r=1}^3 \frac{2}{3PN} E_b A_r^2 \quad (3)$$

윗 식에서  $A_r$ 는  $r$ 번째 기지국으로부터 보내져 수신되는 간섭파의 순시 페이딩 진폭이다.

여기에서 거리에 따른 간섭의 세기를 고려하면 인접 셀은 그림 1과 같이 세 부분으로 구분할 수 있다[4].

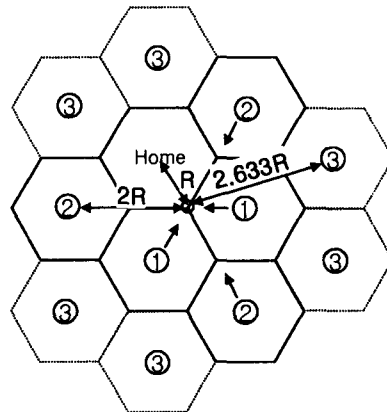


그림 1. 다중접속간섭 모델.  
Fig. 1. Multi-user interference model.

그러므로 DS-CDMA 시스템의 신호 대 잡음비 SNR은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{SNR} &= \frac{E_b A_0^2}{\text{MUI} + N_0} = \frac{E_b A_0^2}{I_1 + I_2 + N_0} \\
 &= \frac{E_b A_0^2}{\frac{2(k-1)}{3PN} E_b A_0^2 + \frac{2k}{3PN} E_b A_0^2 \cdot 2.467 + N_0}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

단,  $N_0$  : AWGN의 전력 스펙트럼 밀도.

### 2.2 적응변조 방식

채널 환경은 나카가미 페이딩 채널 환경으로 해석하고, 각 변조 방식을 사용하여 QPSK 변조 방식의 BER (예:  $10^{-3}$ ) 을 기준으로 각각의 변조 방식의 변조 비율을 결정한다. 그리고 표 1은 나카가미 페이딩 채널 환경에서 기준 오율을  $10^{-3}$ 으로 하고, 각 변조 방식의 나카가미 페이딩의 심도 지수 ( $m$ )를 결정한 결과를 나타낸다.

표 1. 나카가미 페이딩의 심도 지수 ( $m$ ) 결정.  
Table 1. Nakagami fading parameter ( $m$ ).

변조 방식	Eb/No변화에 따른 기준오율 $10^{-3}$ 을 얻기 위한 나카가미 페이딩의 심도 지수( $m$ )		
	Eb/No=25dB	Eb/No=27dB	Eb/No=40dB
QPSK	1.1	1	0.66
16QAM	1.4	1.3	0.79
64QAM	2.5	2	0.99
256QAM	15.7	5.4	1.29

위의 표 1과 그림 2에서와 같이 본 논문에서는  $m=1$ 인 경우 (레이리 페이딩 환경)의 QPSK를 기준으로 하여 16QAM, 64QAM, 256QAM의 나카가미 페이딩의 심도 지수 ( $m$ ) 를 결정하고, 적응변조 방식을 행한다.

### 2.3 MRC 다이버시티 기법

모든 가지에서  $m$ 과  $\gamma$ 가 같고 서로 상관없이 없다고 가정하고, 각 가지에 가중치를 준다고할 때 나카가미 페이딩 환경에서 신호를 MRC 다이버시티로 수신시 SNR  $\gamma$ 에 대한 확률밀도함수는 다음과 같이 구해진다[5].

$$p_m(\gamma) = \frac{m^m \gamma^{m-1}}{\Gamma(m)} \exp\left(-\frac{m\gamma}{\bar{\gamma}}\right) \tag{5}$$

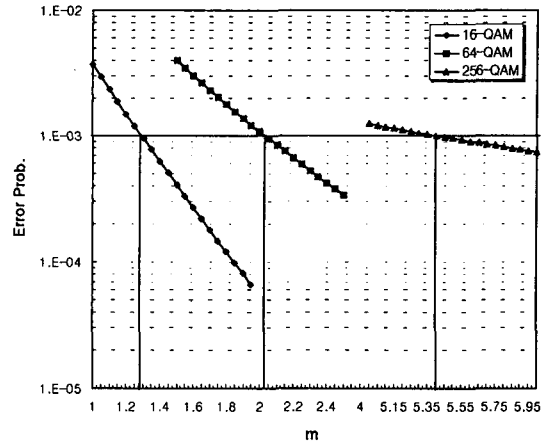


그림 2. 나카가미 페이딩의 심도 지수( $m$ ) 변화에 따른 각 변조 방식의 오율 특성 ( $E_b/N_0 = 27[\text{dB}]$ ).  
Fig. 2. Error probability of every modulation with a variation of the Nakagami fading parameter( $m$ ).

단,  $\Gamma(\cdot)$  : 감마함수,  $\gamma$  : 순시 SNR ( $=R^2/2N$ ),  
 $\bar{\gamma}$  : 평균 SNR,  $m$  : 페이딩의 심도 지수,  
 $L$  : 다이버시티 가지수.

### 2.4 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식

그림 3은 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식의 시스템 구조를 나타낸다[6].

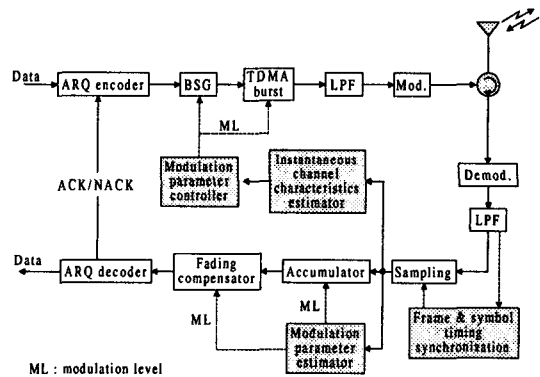


그림 3. 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식의 시스템 구성.  
Fig. 3. System composition of Truncated Type-II Hybrid ARQ method with Adaptive Modulation method.

본 방식에서는 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 수행하기 때문에 송·수신기에 각각의 오류 검출 부호의 부호기가 필요하고, 송신측 부호기에서는 송신되는 정보에 대해 오류 검출 부호화를 행하고 정보에 대해서 검사 비트를 부가한다. 수신측 복호기는 수신했던 정보의 오류검사를 하여 오류가 없는 경우에는 ACK(ACKnowledgement)를 반송하고, 수신 정보에 오류가 발생할 경우에는 NACK를 반송한다. 본 논문에서는 한번 재전송하는 경우를 고려한다.

### III. 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식의 성능 해석

#### 3.1 각 변조 방식의 오율 특성

적응변조 방식으로 사용하는 변조 방식 QPSK에 나카가미 페이딩을 적용한 오율식은 다음과 같이 나타낸다.

$$P_{\text{QPSK}} = \int_0^{\infty} P_{e\text{QPSK}} \cdot p(R) dR \quad (6)$$

여기서,  $P_{e\text{QPSK}} = \text{erfc}(\sqrt{\gamma})$ ,

$$p(R) = \frac{2m^m R^{2m-1}}{\Gamma(m)\Omega^m} \exp\left(-\frac{m}{\Omega} R^2\right) : m\text{분포 p.d.f}$$

단,  $\Omega = \overline{R^2}$ .

또한, 적응변조 방식으로 사용하는 변조 방식인 M진 QAM에 나카가미 페이딩을 적용한 오율은 식 (7)이고, 여기서 사용하는 변조방식은 16QAM, 64QAM, 256QAM을 고려하므로 M=16, 64, 256인 경우에 대해 해석한다.

$$P_{\text{MQAM}} = \int_0^{\infty} P_{e\text{MQAM}} \cdot p(R) dR \quad (7)$$

$$\text{여기서, } P_{e\text{MQAM}} = \frac{2(M-\sqrt{M})}{M} \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{6\gamma}{M-1}}\right)$$

단, M : M-ary 수.

#### 3.2 적응변조 방식의 오율 특성

나카가미 페이딩 환경에서 각 변조 방식에 대해 변조 비율을 결정하고, 위의 표 1에서 m값 변화에 의한 적응변조 방식의 오율식은 다음과 같이 나타난다.

$$P_e = W_1 P_{\text{QPSK}} + W_2 P_{16\text{QAM}} + W_3 P_{64\text{QAM}} + W_4 P_{256\text{QAM}} \quad (8)$$

여기서,  $W_1, \dots, W_4$  는 전송로 특성에 대응할 수

있는 각 변조 방식의 변조 비율이다.

#### 3.3 적응변조 방식을 이용한 MRC 다이버시티 기법의 오율 특성

나카가미 분포 페이딩 채널에서 MRC 다이버시티 수신시의 적응변조 방식의 오율식은 다음과 같이 구해진다[7].

$$P_{eM} = \int_0^{\infty} P_e \cdot p_m(\gamma) d\gamma \quad (9)$$

#### 3.4 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식의 오율 특성

Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법 채용시 전송 효율  $\mu$ 를 고려한 적응변조 방식의 오율식은 다음과 같이 구해진다[8],[9].

$$P_e = W_1 P_{\text{QPSK}} + W_2 P_{16\text{QAM}} + W_3 P_{64\text{QAM}} + W_4 P_{256\text{QAM}} \quad (10)$$

$$P_{\text{QPSK}} = \int_0^{\infty} \text{erfc}(\sqrt{\gamma_c}) \cdot p(R) dR,$$

$$P_{\text{MQAM}} = \int_0^{\infty} \frac{2(M-\sqrt{M})}{M} \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{6\gamma_c}{M-1}}\right) \cdot p(R) dR$$

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

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

$$\mu = \frac{n}{k} [P_c + 2(1 - P_c - P_b)P_t] \quad (11)$$

여기서,  $k/n$  : 부호율,

$P_c = (1 - P_e)^n$  : 수신 신호에 오류가 없을 확률,

$P_b \leq [1 - (1 - P_e)^k] 2^{-(n-k)}$  :  $C_0$ 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 가능할 확률.

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

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

Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법 채용시의 수신 오류 확률을  $P_r(E)$ 라 할 때, 본 논문에서는 한 번만 재전송하는 경우를 고려하므로 오율식은 다음과

같이 된다.

$$P_r(E) = P_r(A_0^a) + P_r(A_0^d E_1^E) \quad (12)$$

$$= P_r(A_0^a) + P_r(A_0^d) P_r(E_1^E | A_0^d)$$

위의 식에서  $A_0^a$ ,  $A_0^d$ 는 각각 수신신호가 검출 불가능한 오류를 가질 경우와 검출 가능한 오류를 가질 경우를 나타내며,  $E_1^E$ 는 재전송된 패리티 비트를 수신한 후 정정 불가능한 오류를 가질 경우이다. 각각의 정의에 따르면

$$P_r(A_0^a) = P_b,$$

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

이다.

전송된  $C_0$  부호에 대해 오류 검출을 행하여 오류가 발생한 신호를 버퍼에 저장하고, 이를 재전송된 패리티 비트를 이용하여 원신호를 복호해낼 확률  $q_1$ 은 다음과 같이 주어진다.

$$q_1 = \frac{q_0 - y}{1 - y}$$

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

$$P_r(E_1^E | A_0^d) = P_c + P_d(1 - q_1)$$

이 된다. 그러므로 각각의 경우를 식 (12)에 대입하면 최종 오율식은 다음과 같이 구해진다[8].

$$P_r(E) = P_b + P_d \left( P_b + P_d \left( 1 - \frac{q_0 - y}{1 - y} \right) \right) \quad (13)$$

#### N. 해석결과 및 검토

본 논문에서는 DS-CDMA 셀룰라 이동통신 시스템에서 다중접속간섭이 존재하는 환경에서 적응변조방식을 이용하여 성능을 분석하였으며, 성능개선으로 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식과 MRC 다이버시티 기법을 적용하여 각 사용자 수에 따른 성능을 비교·분석한 결과를 다음 그림 4~그림 7에 나타내었다.

그림 4는 DS-CDMA 셀룰라 시스템에 적응변조방식과 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식, MRC 다이버시티 기법을 적용하였을 경우의 오율특성을 나타내었다.  $E_b/N_0 = 20[\text{dB}]$  이상에서 오율이 거의 개선되지 않음을 알 수 있으며 따라서 본 논문에서는

$E_b/N_0 = 20[\text{dB}]$ 를 기준으로 하여 해석하였다.

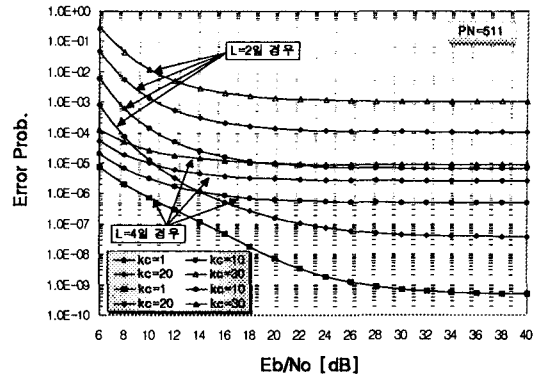


그림 4. 사용자수에 따른 DS-CDMA 셀룰라 시스템의 오율 특성( PN=511 ).

Fig. 4. Error probability of DS-CDMA cellular system with a variation number of users.

그림 5는  $E_b/N_0 = 20[\text{dB}]$ , PN코드길이 PN=511에서 MRC 다이버시티의 가지수(L)에 따라 오율특성을 나타낸 것으로 L=3까지의 경우에는 어느 정도의 개선 효과를 볼 수 있지만 L=4이상부터는 큰 개선 효과를 볼 수 없음을 알 수 있다. MRC 다이버시티를 사용하지 않을 경우에 오율이  $1 \times 10^{-6}$ 에서는 사용할 수가 없지만, L=2일 경우에 오율이  $1 \times 10^{-6}$ 일 때 사용자수가 4명이고, L=3일 경우에는 사용자수가 8명으로 4명 정도의 사용자수가 증가함을 보인다.

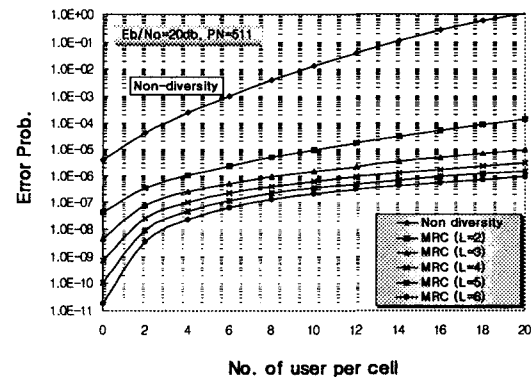


그림 5. MRC 다이버시티 branch수에 따른 DS-CDMA 셀룰라 시스템이 오율 특성 (  $E_b/N_0 = 20[\text{dB}]$ , PN=511 ).

Fig. 5. Error probability of DS-CDMA cellular system with a variation number of MRC Diversity branch.

그림 6은 MRC 다이버시티 가지수에 따라 throughput을 비교하였다. 사용자수가 증가할수록 MRC 다이버시티를 사용할 경우가 MRC 다이버시티를 사용하지 않을 경우보다 더 나은 전송효율을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

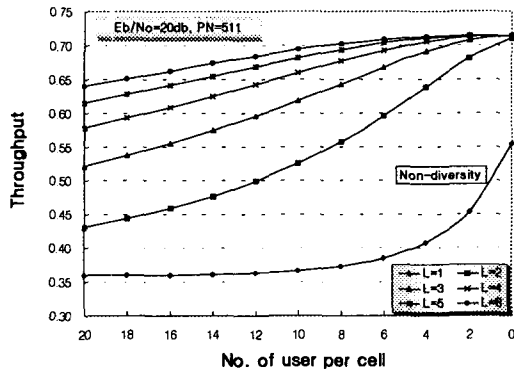


그림 6. MRC 다이버시티 branch수에 따른 DS-CDMA 셀룰라 시스템의 throughput 비교 ( $E_b/N_0 = 20$ [dB], PN=511).  
Fig. 6. Throughput comparison of DS-CDMA cellular system with a variation number of MRC Diversity branch.

그림 7은 채널의 데이터율  $R_d = 4800$ bps, 부호길이  $n=63$ , 전파지연  $T_p = 50$ ms, ACK(또는 NACK) 시간  $T_a = 20$ ms라 할 경우 사용자가 증가할수록 MRC 다이버시티 가지수(L)가 2일 경우보다는 3일 경우에 전송지연이 더 낮음을 알 수 있다.

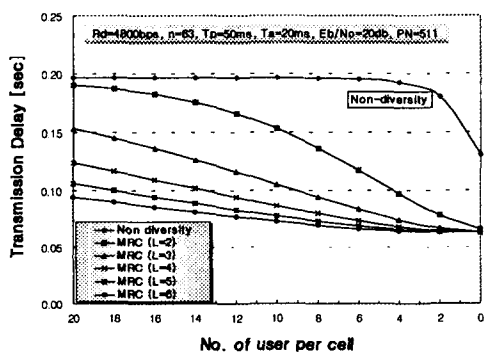


그림 7. MRC 다이버시티 branch수에 따른 DS-CDMA 셀룰라 시스템의 전송지연 시간 비교 ( $E_b/N_0 = 20$ [dB], PN=511).  
Fig. 7. Transmission delay comparison of DS-CDMA cellular system with a variation number of MRC Diversity branch.

이와 같이 다중접속간섭이 존재하는 DS-CDMA 셀룰라 이동통신 시스템에서 전송로 상황이 순서적으로 변동하는 상황을 적응변조방식으로 해결하고, 더 나은 특성을 얻기 위해 성능개선기법을 사용한 결과 데이터 통신의 기준 오류인  $1 \times 10^{-6}$ 을 얻을 수 있었다.

## V. 결론

본 논문에서는 DS-CDMA 셀룰라 이동통신 시스템에서 다중접속간섭이 존재하는 환경에서 고속의 전송 데이터를 전송할 시스템을 이루기 위해 적응변조 방식을 적용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 제안했다. 여기서, 나카가미 페이딩 채널 환경으로 적응변조 방식을 해석하였다. 적응변조 시스템은 나카가미 페이딩 지수에 따라서 변조 레벨과 심볼율을 제어할 수 있다.  $E_b/N_0$ 가 높거나 나카가미 페이딩 지수  $m$ 이 높을 경우 이 시스템은 높은 변조 레벨과 높은 심볼율을 선택하여 전송 효율을 증가시키는데 목적이 있다. 이와 반대로,  $E_b/N_0$ 가 낮을 경우, 전송 성능 감소를 막기 위해 낮은 변조 레벨과 낮은 심볼율을 선택한다. 변조 방법으로는 QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM을 채용하였다. 하지만 다중접속간섭에 의한 시스템 성능 열화를 보상하기 위해서는 Co-Channel Interference(CCI) Cancellation 기법을 도입하여 더 나은 성능해석이 요구되며 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법에 의한 적응변조 방식은 실시간(delay-limited)처리 및 고신뢰도가 요구되는 이동통신 및 무선 데이터 통신 시스템에 적용이 가능하리라 판단된다.

## VI. 참고문헌

- [1] N. Morinaga, M. Yokoyama, S. Sampei, "Intelligent Radio Communication Techniques for Advanced Wireless Communications System," IEICE TRANS. COMMUN., Vol. E79-B, no.3, pp. 214-221, 1996. 3.
- [2] 上豊樹, 三瓶政一, 森永規彦, "可變シンボルレート變調多 値數可變適應變調方式의傳送特性," 信學技報, RCS95-30, 1995. 5.
- [3] R. kerr, Q. Wang, and V. K. Bhargava, "Capacity analysis of cellular CDMA," IEEE Proc.

- ISSSTA'92, pp. 235-238, Nov. 1992.
- [4] 우병훈, 오창현, 조성준, "페이딩하에서 DS/CDMA 셀룰라 시스템의 성능 분석," 한국통신학회 하계 종합학술발표회논문집, vol. 11, no. 1 pp. 599-603, 1993년 7월.
- [5] Yu-Dong Yao, Tho Le-Ngoc, and Asrar U. H. Sheikh, "Block Error Probabilities in Nakagami Fading Channel," IEEE Veh. Technol. Conf., pp. 130-133, 1993.
- [6] S. Sampei and T. Sunaga, "Rayleigh Fading Compensation for QAM in Land Mobile Radio Communication," IEEE Trans. Veh. Technol., VT-42, pp. 137-147, May 1993.
- [7] Magnus, W., Oberhettinger, F., and Soni, R. P., Formulas and Theorems for Special Functions of Mathematical Physics. 3rd ed., New York : Springer-Verlang, 1966.
- [8] 오창현, "실내외 무선 채널 상에서 CDMA 통신 시스템의 성능 개선," 한국항공대학교 박사학위논문, 1996. 2.
- [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.



양재훈 (Jae-Hun Yang)

1998. 2 동신대학교 전기전자공학과 공학사  
 2000. 2 동신대학교 대학원 전기전자공학과 공학석사  
 1998. 3 ~ 1999. 2 동신대학교 전기전자공학과 조교

2000. 2 ~ 현재 동신대학교 대학원 전기전자공학과 (박사과정)

관심분야: 무선통신, 이동통신, Adaptive Modulation



김지웅(Ji-Woong Kim)

1996. 2 동신대학교 전자공학과 공학사  
 1998. 2 동신대학교 대학원 전기전자공학과 공학석사  
 2001. 2 동신대학교 대학원 전기전자공학과 공학박사

관심분야: 무선통신, EMI/EMC, 이동통신 및 위성통신, 멀티미디어 통신



강희조(Heau-Jo Kang)

1994. 2 한국항공대학교 항공전자공학과 공학박사  
 1994. 7~1995. 12 전자통신연구원 위성망 연구소 초빙연구원  
 1996. 8 ~ 1997. 8 오사카 대학교 공학부 통신공학과 객원교수

1998. 3 ~ 1998. 8 전자통신연구원 무선이동 위성통신시스템 연구소 초빙연구원

2000. 6 ~ 현재 한국전자파학회 호남지부 지부장

1999.12 ~ 현재 동신대학교 기술혁신센터(TIC) 부소장

2000. 7 ~ 현재 동신대학교 지역산업정보화센터장

1990. 3 ~ 현재 동신대학교 전기전자공학부 교수

[관심분야] 무선통신, 이동통신 및 위성통신, 환경전자공학, 무선광통신, 밀리미터파 통신, ITS 통신시스템, 멀티미디어 통신, PELD