

간섭과 페이딩 환경에서 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식과 다이버시티 기법에 의한 적응변조방식의 성능 해석

강 회 조

목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부

Performance Analysis of Truncated Type-II Hybrid ARQ Scheme and Diversity using an Adaptive Modulation Systems in Interference & Fading Environment

Heau Jo Kang

Division of Computer & Multimedia Eng., Mokwon Univ.

ABSTRACT

본 논문에서는 멀티미디어 통신시스템을 위한 적응변조방식을 제안하였으며, 성능개선 기법으로는 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식과 MRC 다이버시티 합성기법을 사용하였다. 적응변조방식은 변조레벨에 의해 조절되고, 심볼 지수는 나카가미 페이딩 파라미터 값에 따라 변화한다. 멀티미디어 통신시스템의 성능 해석은 다중 사용자 상황에서 적응변조방식만을 고려한 경우, 적응변조방식과 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 고려한 경우와 적응변조방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식과 최대비합성 다이버시티 합성기법을 동시에 고려한 경우를 비교 분석한다.

1. 서 론

최근 차세대 통신의 보급·발전에 수반하여 차세대 이동 통신에 있어서 새로운 방식의 도입이 필수적이라고 생각되어진다. 차세대 이동 통신의 통신 형태에 관해서는 이후에 각종 차세대 이동 통신 서비스의 통합화 등의 발전하는 것이 예상되고, ISDN 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]. 차세대 이동 통신에 있어서 이상과 같은 고도화 속에서 서비스를 실현하기 위해 한정된 주파수대를 이용한 디지털 무선 전송의 고속화 및 고품질화는 불가능하지만, 무선 전송 기술의 향상은 중요한 과제 중의 하나이다. 이에 대해 전송로 상황의 순시적인 변동을 측정하여 그것에 대응하는 기준 비트 오류율(BER : Bit Error Rate) 을 만족하고, 또한 최대 할당 대역의 범위 내에서 전송 속도를 최대로 하여 변조 다차수와 심볼율을 변조 파라미터로 선택하는 적응변조 방식이 제안되었다[2]. 본 논문에서는

간섭과 페이딩 환경에서 시스템의 성능을 비교 분석한다. 나카가미 페이딩의 심도 지수는 값에 따라 변화하는 채널환경에서 적응변조 방식을 적용하였을 경우에 QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM 방식의 오류 특성과 이 때 Truncated Type-II Hybrid ARQ를 적용한 경우의 오류 특성을 비교·분석하였으며 또한 Truncated Type-II Hybrid ARQ를 적용한 경우와 최대비합성 다이버시티 기법을 동시에 적용하였을 경우의 오류 특성을 비교·분석하였다.

또한, 최종적으로 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 적용하였을 경우의 전송효율 및 전송지연에 대한 성능을 분석하였다.

2. 해석모델

2.1 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식

그림 1은 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식의 시스템 구조를 나타낸다[4].

본 방식에서는 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 수행하므로 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 ACK를 반송하고, 수신 정보에 오류가 발생할 경우에는 NACK를 반송한다. 본 논문에서는 한번의 재전송하는 경우를 고려한다.

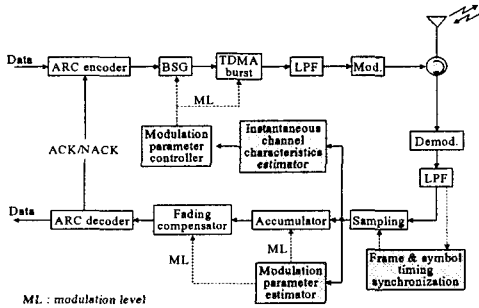


그림 1. 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식의 시스템 구성

3. 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식의 성능 해석

다중 사용자가 존재하는 채널을 고려하여 앞으로 나오는 모든 γ 의 값을 다음과 같이 나타낸다.

$$\gamma = \left[\left(\frac{E_b}{N_0} \right)^{-1} + \frac{2(K-1)}{3N} \right]^{-1}$$

여기서 K : 사용자 수

N : PN 부호의 길이

$\frac{E_b}{N_0}$: 비트에너지 대 잡음전력 비

3.1 각 변조 방식의 오류 특성

적응변조 방식으로 사용하는 변조 방식 QPSK에 나카가미 페이딩을 적용한 오류식은 다음과 같이 나타내진다.

$$P_{QPSK} = \int_0^\infty P_{eQPSK} \cdot p(R) dR \quad (1)$$

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

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

단, $\Omega = R^2$.

또한, 적응변조 방식으로 사용하는 변조 방식인 M 진 QAM에 나카가미 페이딩을 적용한 오류은

식 (2)이고, 여기서 사용하는 변조방식은 16QAM, 64QAM, 256QAM을 고려하므로 $M=16, 64, 256$ 인 경우에 대해 해석한다.

$$P_{MQAM} = \int_0^\infty P_{eMQAM} \cdot p(R) dR \quad (2)$$

여기서,

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

단, M : M-ary 수

3.2 적응변조 방식의 오류 특성

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

$$P_e = W_1 P_{QPSK} + W_2 P_{16QAM} + W_3 P_{64QAM} + W_4 P_{256QAM}, \quad (3)$$

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 오류 특성

나카가미 분포 페이딩 채널에서 MRC 다이버시티 수신시의 적응변조 방식의 오류식은 다음과 같이 구해진다[5].

$$P_{eM} = \int_0^\infty P_e \cdot p_m(\gamma) d\gamma. \quad (4)$$

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

Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법 사용 시 전송 효율 μ 를 고려한 적응변조 방식의 오류식은 다음과 같이 구해진다[6], [7].

$$P_e = W_1 P_{QPSK} + W_2 P_{16QAM} + W_3 P_{64QAM} + W_4 P_{256QAM}. \quad (5)$$

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

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

단, $\gamma_c = \frac{1}{\mu} \gamma$.

전송효율 μ 는 다음 식으로 정의되며, 이의 역수는 throughput을 나타낸다.

$$\mu = \frac{n}{k} [P_c + 2(1 - P_c - P_b)P_t]. \quad (6)$$

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 수신 한 후 변환 과정을 통해 원래의 신호로 복구 가능 확률,

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

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

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

$$\begin{aligned} P_r(E) &= P_r(A_0^c) + P_r(A_0^d E_1^E) \\ &= P_r(A_0^c) + P_r(A_0^d) P_r(E_1^E | A_0^d) \end{aligned} \quad (7)$$

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

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

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

이다. 전송된 C_0 부호에 대해 오류 검출을 행하여 오류가 발생한 신호를 버퍼에 저장하고, 이를 재 전송된 패리티 비트를 이용하여 원 신호를 복호해 낼 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 패

턴을 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 (7)에 대입 하면 최종 오율식은 다음과 같이 구해진다[6].

$$P_r(E) = P_b + P_d \left(P_b + P_d \left(1 - \frac{q_0 - y}{1 - y} \right) \right) \quad (8)$$

전파지연(propagation delay)을 T_P , 채널의 데이터율을 R_d , 블록길이를 n , ACK(또는 NACK)시간을 T_a 라 할 때, Truncated Type-II Hybrid ARQ기법 채용시의 전송지연 D_t 는 다음과 같다.

$$D_t = T_P + \frac{n}{R_d} + (2T_P + T_a + \frac{n}{R_d})P_d \quad (9)$$

4. 해석결과 및 검토

본 논문에서는 나카가미 페이딩 다중경로 환경에서 다수의 사용자가 이용한 경우에 적응변조방식의 오율해석과 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식을 도입한 경우, 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식에 MRC 다이버시티 합성기법을 함께 사용한 경우 멀티미디어 통신 시스템의 성능을 비교 분석하였다. 또한 시간지연과 Throughput도 비교 분석하였다. 나카가미 페이딩 심도 지수, 비트 에너지 대 잡음 전력 스펙트럼 밀도비 등을 함수로 하여 해석한 결과를 그림2 ~ 그림4에 나타내었다.

그림 2는 사용자 수의 변화에 따라 3가지 경우를 고려하였다. 3가지 경우는 적응변조 방식만 적용한 경우, 적응변조방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식을 채용한 경우, 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식과 MRC 다이버시티 합성기법을 동시에 채용한 경우이다. 여기서 사용자 수는 2, 3, 5을 기준으로 하였다.

Truncated Type-II Hybrid ARQ방식과 MRC 다이버시티 합성기법을 동시에 채용함으로써 오율 특성은 현저하게 개선되고, 그림2에서 36dB 이상에서 볼 수 있듯이 사용자수 증가에 따라 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 채택한 경우가 채택을 하지 않는 경우 보다 오율 성능이 저하된다.

그림3는 사용자수 변화에 따라 적응변조방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ를 채용한 경우와 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법과 MRC 다이버시티를 동시에 채용한 경우의 Throughput을 각각 비교한 것이다. 사용자수가 증가함에 따라 Throughput이 저하된다. 그리고, 적

용변조에 Truncated Type-II Hybrid ARQ와 MRC 다이버시티 합성기법을 동시에 채용한 경우가 Truncated Type-II Hybrid ARQ만 고려한 경우가 Throughput보다 더 나은 성능을 얻을 수 있음을 보여준다. 40dB 이상에서는 throughput이 일정하다.

그림4은 채널의 데이터율을 $R_b=4800$ bps, 부호 길이를 $n=63$ 전파지연을 $T_p=50$ ms, ACK(또는 NACK) 시간을 $T_a=20$ ms라 할 경우 사용자수 변화에 따른 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식을 채용한 경우와 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식과 최대비합성 다이버시티기법을 동시에 채용한 경우의 전송지연을 나타낸 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 나카가미 페이딩의 페이딩 심도 지수 값을 고려한 간섭환경에서 적응변조 방식을 적용한 시스템의 성능을 분석하였으며, 성능 개선 기법으로 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식과 최대비합성 다이버시티기법을 채용하였을 경우의 멀티미디어 통신시스템의 성능개선과 전송효율 및 전송지연에 관한 특성을 사용자수의 변화에 따라 각각 비교하였다. 페이딩 심도지수 값의 변화에 따른 적응변조 방식에 성능개선 기법으로 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식과 최대비합성 다이버시티기법을 함께 사용함으로써 멀티미디어 통신시스템에 적용할 수 있는 같은 고 신뢰도와 고품질의 품질을 얻을 수 있다. 또한 시스템에 적용하기 위한 전송효율과 전송지연 특성을 비교에서도 큰 차이가 없는 결과를 전송지연 상황이 순시적으로 변동하는 무선데이터 통신 시스템이나 멀티미디어 통신시스템에 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식과 최대비합성 다이버시티기법을 채용한 적응변조 시스템이 적용될 수 있으리라고 판단된다.

참고 문헌

[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, Mar. 1996.
 [2] H. Matsuoka, S. Sampei, N. Morinaga, Yukiyoishi Kamio, "Adaptive Modulation System with Punctured Convolutional Code for High Quality Personal Communication Systems," IEICE Trans. Commun., vol. E79-B, pp. 328-334, no. 3, March 1996.
 [3] Yu-Dong Yao, The Le-Ngoc, and Asrar U. H. Sheikh, "Block Error Probability in

Nakagami Fading Channel," IEEE Veh Technol. Conf., pp. 130-133, 1993
 [4] 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.
 [5] Maganus, W., Oberhettinger, F., and Soni, R. P., Formulas and Theorems for Special Function of Mathematical Physics. 3rd ed., New York : Springer-Verlang, 1996
 [6] C. H. Oh, E. G. Kim, S. J. Cho, "Performance Improvement of SFH-CDMA/FSK Signal with Truncated Type-II Hybrid ARQ and MRC Diversity Technique in Mobile Communication Channels" IEEE International Conference on Communications, vol. 3, pp. 1715-1721, June 1995
 [7] 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.

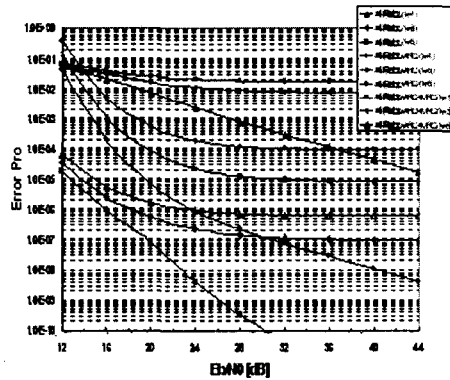


그림2. 사용자 수의 변화에 따른 3가지 경우를 비교할 때 오류특성

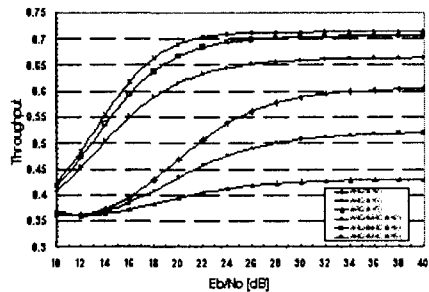


그림3. 적응변조방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식에 MRC 다이버시티를 고려한 경우와 고려하지 않은 경우의 Throughput 비교

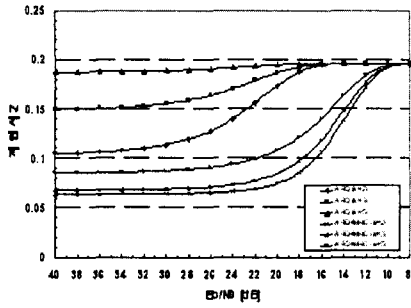


그림4. 적응변조방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ방식에 MRC 다이버시티 합성기법을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우의 지연시간 비교