
무선 멀티미디어 통신 환경에서 적응변조시스템의 성능개선

강희조

Performance Improvement of Adaptive Modulation Systems in Wireless Multimedia Communication Environment

Heau-Jo Kang

요 약

본 논문에서는 무선 멀티미디어 통신 시스템 환경에서 고속의 전송데이터를 전송할 시스템을 이루기 위해 적응변조 방식을 적용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식과 부호화 기법을 제안하였다. 여기서, 나카가미 페이딩 채널 환경으로 적응변조방식을 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, 256QAM 방식을 채용하였다. Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법에 의한 적응 변조 방식은 실시간 처리 및 고 신뢰도가 요구되는 무선 멀티미디어 통신 시스템에 적용이 가능하리라 판단된다.

Abstract

This paper proposes a Truncated Type-II Hybrid ARQ scheme and coding techniques using an adaptive modulation system to achieve high throughput data transmission systems for wireless multimedia 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 throughput performance degradation when the received E_b/N_0 is low. The modulation method have been adopted QPSK(Quadrature Phase Shift Keying), 16QAM(Quadrature Amplitude Modulation), 64QAM, 256QAM. Therefore, adaptive modulation systems with truncated type-II hybrid ARQ scheme is proper for wireless multimedia communication system that require high reliability and delay-limited applications.

키워드

Adaptive Modulation, Truncated Type-II Hybrid ARQ

FEC 코딩 방식 중 블록부호인 BCH, RS, 코딩방식에 따른 성능을 해석한다.

1. 서론

육상 이동 통신의 통신 형태는 미래에 각종 이동 통신 서비스의 통합화 등이 발전할 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 이동 통신에 있어서 이상과 같은 고도화속에서 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 오류 (BER : Bit Error Rate) 을 만족하고, 또한 최대 할당 대역의 범위 내에서 전송 속도를 최대로 하여 변조 다 치수와 심볼율을 변조 파라미터로 선택하는 적응변조 방식[2]이 제안되고 있다. 한편, 종래 보다 효율적인 에러 자동 전송의 실현을 목적으로 변조 파라미터를 고정된 전송 방식을 이용하는 ARQ (Automatic Repeat reQuest) 를 이용하였다[3]. 그러나 이 방식에 있어서는 전송로 상황이 열화되는 경우 오류가 높아지게 되는 경우로 인하여 재전송 횟수가 급격하게 증가하고 대폭으로 throughput이 열화되는 문제가 발생한다. 이러한 경우 throughput을 향상시키기 위해서는 전송용량을 조금 낮게 함으로써 오류를 낮추고 정보를 확실하게 전송하는 것이 효과적이고 전송로의 상황에 맞게 전송을 행하는 적응변조 방식이 throughput 개선에 효과적인 방식이라 예상된다.

본 논문에서는 나카가미 페이딩의 심도 지수인 m 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 이것에

II. 해석모델

2.1 적응변조 방식

그림 1은 적응변조 방식의 시스템 구조를 나타낸다[4].

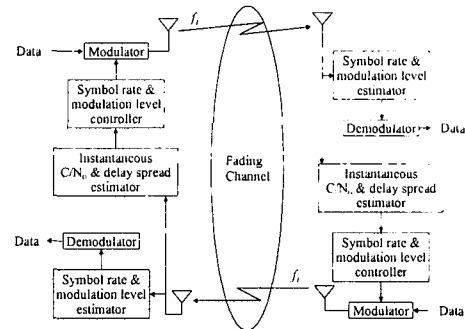


그림 1. 적응변조 방식의 시스템
Fig. 1. System of adaptive modulation method

적응변조 방식의 시스템에서 채널 환경은 나카가미 페이딩 채널 환경으로 해석하였다. 표 1은 나카가미 페이딩 채널 환경에서 기준 오류율 10^{-3} 으로 하고, 각 변조 방식의 나카가미 페이딩의 심도 지수(m)를 결정한 결과를 나타낸다.

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

변조방식	25 dB	27 dB	40 dB
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

위와 같은 표에 의해 본 논문에서는 $m=1$ 인 경우 (레일리 페이딩 환경)의 QPSK를 기준으로 하여 16QAM, 64QAM, 256QAM의 나카가미 페이딩의 심도 지수(m)를 결정하고, 적응변조 방식을

행한다.

2.2 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식

그림 2는 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식의 시스템 구조를 나타낸다[5].

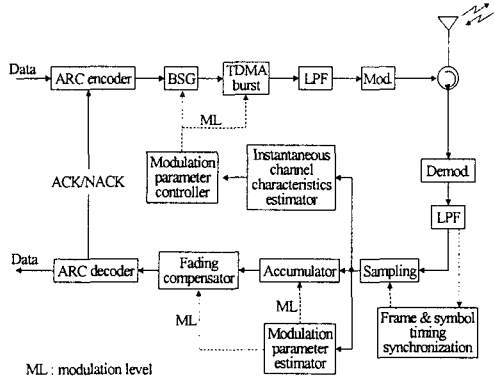


그림 2. 적응변조 방식을 이용한 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식의 시스템
 Fig. 2. System of truncated type-II hybrid ARQ method with adaptive modulation method

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.

III. 적응변조 방식을 이용한 Truncated type-II Hybrid ARQ 방식의 성능 해석

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

Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법 채용시 전송 효율 μ 를 고려한 적응변조 방식의 오류식은

다음과 같이 구해진다[4],[6].

$$P_e = W_1 P_{QPSK} + W_2 P_{16QAM} + W_3 P_{64QAM} + W_4 P_{256QAM} \quad (1)$$

$$P_{QPSK} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{\Gamma(m + \frac{1}{2})}{\Gamma(m)} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m}{\gamma_c}}} \cdot {}_2F_1(\frac{1}{2}, 1 - m; \frac{3}{2}; \frac{1}{1 + \frac{m}{\gamma_c}}) \quad (2)$$

$$P_{MQAM} = \frac{2(M - \sqrt{M})}{M} - \frac{4(M - \sqrt{M})}{M\sqrt{\pi}} \frac{\Gamma(m + \frac{1}{2})}{\Gamma(m)} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m(M-1)}{6\gamma_c}}} \cdot {}_2F_1(\frac{1}{2}, 1 - m; \frac{3}{2}; \frac{1}{1 + \frac{m(M-1)}{6\gamma_c}}) \quad (3)$$

단, W_1, \dots, W_4 는 전송로 특성에 대응하는 각 변조 방식의 변조비율,,

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

M : M-ary의 수이다

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

$$\mu = \frac{n}{k} [P_c + 2(1 - P_c - P_b)P_t] \quad (4)$$

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,

여기서의 P_e 는 (1)에서 구한 값이 아닌 전송효율을 고려하지 않았을 때의 값이다.

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

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

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

$$P_r(E) = P_r(A_0^c) + P_r(A_0^d E_1^E) = P_r(A_0^c) + P_r(A_0^d) P_r(E_1^E | A_0^d) \quad (5)$$

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 재전송된 패리티 비트를 수신한 후 정정 불가능한 오류를 가질 경우이다. 각각의 정의에 따르면

$$P_r(A_0^c) = P_b, \\ P_r(A_0^d) = P_d = 1 - P_c - P_b \text{ 이다.}$$

전송된 C_0 부호에 대해 오류 검출을 행하여 오류가 발생한 신호를 버퍼에 저장하고, 이를 재전송된 패리티 비트를 이용하여 원신호를 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 패턴을 가질 확률과 정정 불가능한 오류 패턴을 가질 확률의 합이 되므로

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

이 된다. 그러므로 각각의 경우를 식 (5)에 대입하면 최종 오율식은 다음과 같이 구해진다[6].

$$P_r(E) = P_b + P_d \left(P_b + P_d \left(1 - \frac{q_0 - y}{1 - y} \right) \right) \quad (6)$$

3.2 부호화 기법에 따른 성능해석

변조방식은 적응변조 방식으로 하는 Type-II Hybrid ARQ 방식에서 에러정정을 하기 위한 부호는 블록코드인 BCH, RS만을 사용하였다. 단, 나카가미 페이딩 환경을 고려한 경우이다.

3.2.1 BCH기법

BCH부호는 순환부호 중 가장 중요한 부호로서 이 부호는 에러정정 부호로서 가장 중요한 부호 중의 하나이다. BCH 부호는 넓은 범위의 부호장과 에러정정 능력을 갖고 있으며 부호장이 수천 이하의 경우 같은 정도의 부호장과 에러정정 능력을 갖는 부호중 용장도가 제일 적은 부호이다.

$$P_{BCH} = \frac{M}{2(M-1)} \frac{1}{n} \sum_{i=t+1}^n i \binom{n}{i} P_e^i (1 - P_e)^{n-i} \quad (7)$$

단, P_e : 변조신호의 오율 ($E_b/N_0 = r \cdot E_b/N_0$), $r (=k/n)$: 부호율, $t = [(d-1)/2]$: 채널의 비트 에러 수 즉, 에러 정정 능력,

d : 부호의 최소거리,

n : 블록의 최소거리

3.2.2 RS(Reed-Solomon)기법

연집에러(burst error)에 특별히 강한 Reed-Solomon 부호기의 복호시의 비트 오율식은 다음과 같이 구해진다.

$$P_{RS} = \frac{M}{2(M-1)} \sum_{i=t+1}^n \binom{n}{i} P_e^i (1 - P_e)^{n-i} \quad (8)$$

단, $PR_S = 1 - (1 - P_e)^m$: 심볼 에러 확률

III 해석 결과 및 검토

본 논문에서는 나카가미 페이딩 환경에서 QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM 변조 방식의 오율식을 유도하여 각 변조 방식을 독립적으로 사용한 경우의 오율특성과 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 도입한 경우 오율 특성을 분석하였다. 또한 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 도

입한 경우에 블록부호 RS, BCH 부호화를 한 경우에 오율특성을 분석하고 E_b/N_0 에 대한 Throughput을 구하였다.

그림 3은 나카가미 페이딩에서 레일리 페이딩 환경에서 각 변조 방식의 오율 특성을 나타낸 것으로, 음성 통신의 기준 오율인 1×10^{-3} 에서 QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM에 대한 각각의 E_b/N_0 는 약 27[dB], 33[dB], 40[dB], 46[dB]임을 알 수 있다. 그림 3에서 QPSK 방식을 기준으로 E_b/N_0 의 값은 적응변조 방식을 행하는데 있어서 각 변조 방식의 변조 비율을 결정하게 된다.

그림 4는 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 채용한 경우와 채용하지 않은 경우의 오율 특성을 비교한 것으로, Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 채용함으로써 오율 특성은 현저하게 개선된다. 그림 4에서 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 채용한 경우 페이딩 지수 값이 변화할 때 적응변조 방식과 QPSK 방식에서 $E_b/N_0=27$ [dB]일 때 약 8×10^{-4} 의 오율 개선을 성취함을 알 수 있다.

그림 5는 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 도입한 경우에 부호화를 한 경우와 부호화를 하지 않은 경우를 비교한 것으로 부호화를 적용한 경우가 오율 특성이 개선된다. 단, 채널부호는 (15, 11) RS, (15,11) BCH 와 같이 동일조건 하에서 비교를 한 것이다.

그림 6은 적응변조 방식에 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 도입한 경우에 부호화를 한 경우에 부호화를 하지 않은 경우를 비교한 것으로 부호화는 (15,11) RS, (15,11) BCH 부호를 한 경우로 동일조건 하에서이다. 그림 6에서 20dB이하에서 Throughput이 우수함을 알 수 있다.

본 논문에서는 나카가미 페이딩의 페이딩 심도 지수 값을 고려한 채널환경에서 적응변조 방식의 오율 특성을 해석하였으며, 성능 개선 기법으로 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식을 채용하여 성능 개선을 얻을 수 있었다. 또한 코딩방식을 채택하여 오율성능 개선과 Throughput 개선을 알아보았다.

IV. 결론

무선 멀티미디어 통신 시스템 환경에서 고속의 전송데이터를 전송할 시스템을 이루기 위해 적응변조 방식을 적용한 Truncated Type II Hybrid ARQ 방식과 부호화 기법을 제안하였다. 여기서, 나카가미 페이딩 채널 환경으로 적응변조방식을 해석하였다. 적응변조 시스템은 나카가미 페이딩 지수에 따라 서 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, 256QAM 방식을 채용하였다. Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법에 의한 적응변조 방식은 실시간 처리 및 고신뢰도가 요구되는 무선 멀티미디어 통신 시스템에 적용이 가능하리라 판단된다.

V. 참고 문헌

- [1] N. Morinaga, M. Yokoyama, and S. Sampei, "Intelligent radio communication techniques for advanced wireless communications system", IEICE trans. commun., vol. E79-B, no.3, pp. 214-221, March. 1996.
- [2] 上豊樹, 三瓶政一, 森永規彦, "可變シンボレート變調多 値數可變適應變調方式の傳送特性", 信學技報, RCS95-30, May. 1995.
- [3] S. Lin and D.J Costello Jr., "Error Control Coding: Fundamentals and Applications", PrenticeHall, New Jersey, 1983.
- [4] J. H. Yang, J. W. Kim, and H. J. Kang, "Improvement performance of truncated type-II hybrid ARQ scheme and MRC diversity techniques using an adaptive modulation in DS-CDMA celler mobile communication system", KIMICS vol. 5, no. 4, pp. 661-667, July 2001.

- [5] J. H. Yang and H. J. Kang, "Performance analysis of adaptive modulation systems with truncated type-II hybrid ARQ scheme and MRC diversity techniques in Nakagami fading environment", KEEES vol. 12, no. 5, pp. 810-816, Aug. 2001.
- [6] 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.

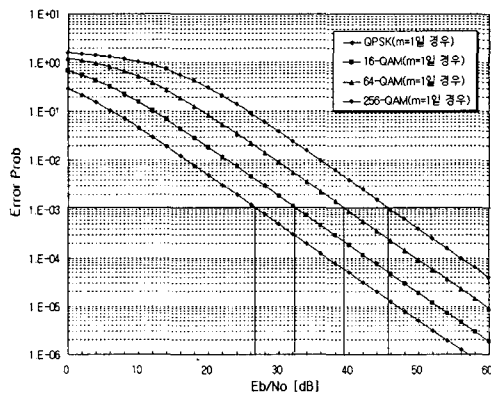


그림 3. 나카가미 페이딩 환경(m=1인 경우)에서 각 변조 방식의 오율 특성
Fig. 3. Error probability of every modulation method in Nakagami fading channel(m=1)

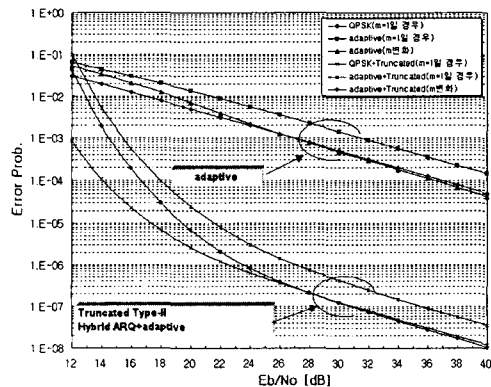


그림 4. 적응변조 방식에서 성능 개선 기법을 채용한 경우의 오율 특성 비교
Fig. 4. Error probability comparison of adopting performance improvement technique in adaptive modulation method

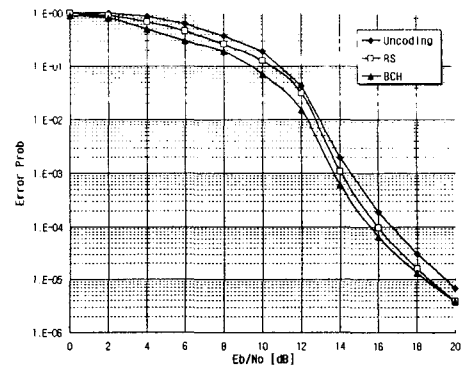


그림 5. 부호화 기법을 채용한 경우의 오율 특성
Fig. 5. Error probability of adopting performance coding technique

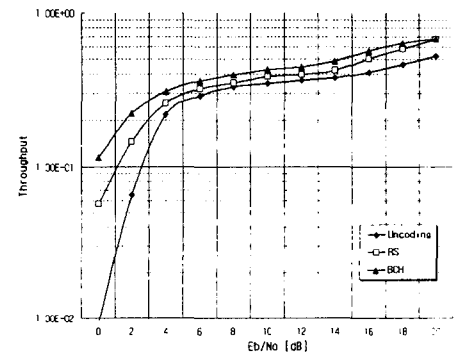


그림 6. 부호화 기법을 채용한 경우의 Throughput 특성
Fig. 6. Throughput of adopting performance coding technique



강희조

1994년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학박사)
 1994년 7월 ~ 1995년 12월 : 전자통신연구원 위성망연구소 초빙연구원
 1996년 8월~1997년 8월 : 일본 오사카대학교 공학부 통신공학과 객원교수
 1998년 3월 ~ 1998년 8월 : 전자통신 연구원 무선이동통신 통신시스템 연구소 초빙연구원
 1990년 3월~2002년 : 동신대학교 전기전자정보통신공학부 교수
 2003년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 [주 관심분야] 무선통신, 이동통신 및 위성통신, 멀티미디어 통신, 밀리미터파, 무선조명광통신, UWB통신