

Cross Layer를 이용한 Hybrid ARQ System 분석

Analysis of Hybrid ARQ System Using Cross Layer

박태두 · 김민혁 · 김철승 · 정지원

Tae-Doo Park · Min-Hyuk Kim · Chul-Seong Kim · Ji-Won Jung

요 약

차세대 이동 통신에서는 고품질, 고속 통신의 멀티미디어 서비스를 요구한다. 이러한 서비스를 만족시키기 위해서는 강력한 오류 정정 기법이 사용된다. ARQ(Auto Repeat Request) 기법은 전송 효율적인 측면, 그리고 FEC(Forward Error Correction) 기법은 높은 신뢰도면에서 취약한 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 서로 보완한 H-ARQ(Hybrid Auto Repeat Request) 시스템이 현재 연구 중에 있다. 따라서 본 논문에서는 cross layer를 이용한 H-ARQ 시스템을 분석하였다. Cross layer coding 기법과 H-ARQ type, 채널 환경에 따라 적합한 H-ARQ 방식을 BER 성능과 전송 효율 분석을 통해 제안한다.

Abstract

High quality and high speed multimedia services will be required in the next generation mobile communications. To satisfy these services, powerful error correction techniques are used. ARQ(Auto Repeat Request) techniques, aspects of the throughput, and FEC(Forward Error Correct) techniques have disadvantages in terms of reliability. H-ARQ(Hybrid Auto Repeat Request) systems have been studied extensively as a solution of these disadvantages. In this paper introduce double layer coding and H-ARQ type, proposed H-ARQ system using double layer coding methods. Simulate BER performance and throughput. And we suggest that according to channel condition suitable H-ARQ type.

Key words : Hybrid ARQ, Double Layer Coding, LDPC, RS Code

I. 서 론

최근 이동 통신과 무선 통신 등 패킷을 이용한 통신에서 burst error가 발생하는 성질을 지닌 패킷 데이터 서비스 시스템에서 처리율을 향상시키기 위해 구조가 단순하고 높은 신뢰도를 보장하는 ARQ 방식과 오류 정정과 함께 일정한 전송 효율을 보장하는 FEC 방식을 결합한 H-ARQ 기술을 도입하고 있다. 3.5 G 기술인 HSDPA에서도 에러 제어 방식으로 H-ARQ 시스템을 채택하고 있고, Wibro 및 IEEE 규

격 단체 산하의 IEEE 802.16d/e의 규격 등에서도 활발히 H-ARQ가 표준으로 채택되고 있다. H-ARQ는 채널 환경에 따라 다른 방식으로 전송을 하는데 크게 Type-I, Type-II, Type-III로 나눌 수가 있다^[1].

본 논문에서는 이동 통신에서 deep fading 극복을 위해 적용되고 있는 PL(Physical Layer)과 UL(Upper Layer)의 두 단계로 부호화 및 복호화하는 방식인 cross layer 부호화 기법을 이용하여 Type-II 방식과 Type-III 방식의 H-ARQ 방식에 적용시켜 실시간 처리 및 높은 신뢰도가 요구되는 이동 통신 및 무선 데

「본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다(계약번호 UD070054AD).」

「본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2009-C1090-0903-0007)」.

한국해양대학교 전파공학과(Dept. of Radio Communication Engineering, Korea Maritime University)

· 논문 번호 : 20100614-074

· 교신저자 : 정지원(e-mail : jwjung@hhu.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 10월 19일

이더 통신 시스템에 적용 가능성과 함께 각각의 채널 환경에 따른 적합한 H-ARQ 방식을 BER 성능과 함께 전송 효율을 분석하여 통신 환경에 따라 적합한 H-ARQ type을 제안한다.

II. Cross Layer 시스템

Cross layer 부호화 방식은 PL과 UL의 두 단계로 부호화 및 복호화 한다. UL-FEC 방식으로는 RS 부호화 방식을 사용하고 PL-FEC 방식은 LDPC 방식을 사용한다. 이러한 cross layer 부호화 방식은 deep fading으로 인해 PL에서 정정하지 못한 오류를 UL에서 정정함으로써 더욱더 오류 정정 능력이 뛰어난 것을 알 수 있다^[2].

그림 1은 cross layer 시스템의 개략적인 송신단 구조이다.

UL과 PL 사이에는 채널에 따라 발생하는 burst에러를 random 에러로 바꾸어 FEC 복호시에 BER 성능의 향상을 가져오는 block interleaver를 사용하였

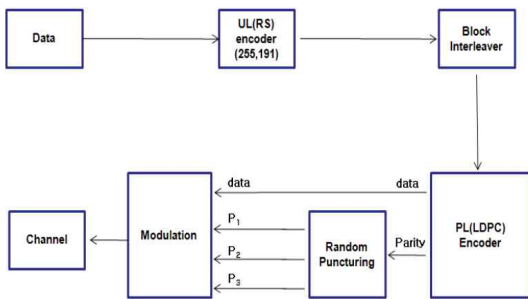


그림 1. Cross layer 시스템의 송신단 블록도
Fig. 1. Transmission block diagram of cross-layer system.

표 1. H-ARQ에 적용된 부호화 방식
Table 1. The coding method of applied in H-ARQ.

방식	파라메타	
UL-FEC	RS(255,191,32)	
PL-FEC	LDPC R=1/3	N=1,6200, K=5,400, P=10,800
	LDPC R=1/2	N=10,800, K=5,400, P=5,400
	LDPC R=2/3	N=8,100, K=5400, P=2,700
Interleaving	Block interleaver(row=30, colomum=17)	

다. 그리고 PL 부호화를 통한 패리티를 3가지의 H-ARQ Type에 적용하기 위하여 random puncturing을 통하여 각각의 type에 맞는 패킷을 생성하였다.

H-ARQ에 적용된 부호화 방식의 사양은 표 1과 같다.

RS 부호화기는 오류 정정률이 32인(255.191)을 사용하였고, LDPC 부호화기는 현재 DVB-S2에서 FEC 표준으로 채택되어 사용되어지고 있는 N size=16,200을 사용하였다.

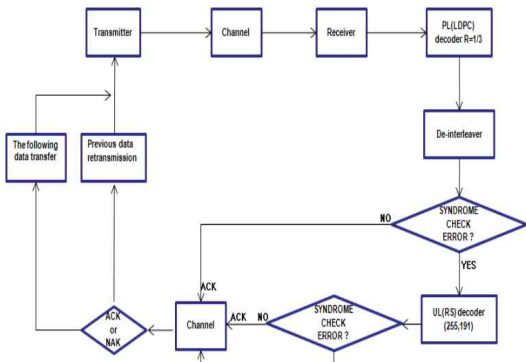
III. Cross Layer 부호화 방식을 이용한 H-ARQ 방식

H-ARQ 시스템은 ARQ와 FEC 시스템으로 구성된다. H-ARQ 시스템은 FEC의 오류 정정 기능을 통하여 계속적으로 발생하는 오류에 의한 재전송 빈도를 줄여 시스템의 전송 효율을 증가시키며, FEC의 오류 정정 기능에 의해서도 해결되지 않는 오류가 발생할 경우에 ARQ 방식인 NAK 신호를 송신단 측에 보내어 재전송을 요구하여 더 높은 신뢰성을 갖게 된다^{[3],[4]}.

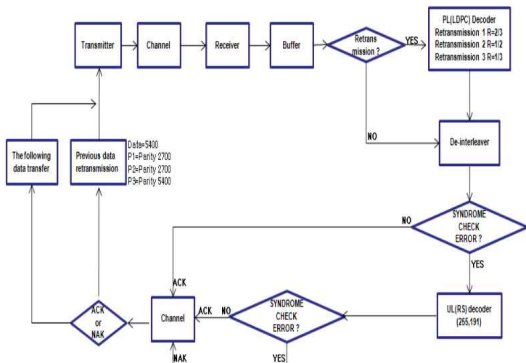
H-ARQ에는 Type-I, Type-II, Type-III 방식과 여기에서 변형된 형태의 몇 가지 H-ARQ 방식이 있다. 그림 2는 본 논문에서 제안하는 cross layer를 이용한 H-ARQ의 각 type에 따른 블록도이다.

H-ARQ Type-I 방식은 복호기에서 오류 정정 과정을 거친 데이터에 오류 존재 여부를 판단하여 오류가 포함되어 있지 않을 경우 사용자에게 전달한다. 만약 오류가 포함되어 있을 시에는 송신측으로 NACK 신호를 보내어 데이터의 재전송을 요청한다. 그리고 이전에 수신된 데이터는 모두 버리고 새로 받은 데이터만을 가지고 복호화 과정을 거친다. 이러한 방식은 처음 수신된 데이터를 버리기 때문에 전송 효율과 재전송을 이용한 다이버시티 이득을 얻을 수 없다는 단점을 가지고 있다.

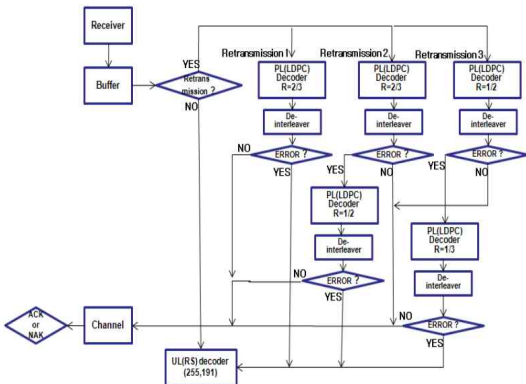
H-ARQ Type-I의 채널 환경이 양호한 상황에서의 전송 효율이 떨어지는 단점을 보완하기 위해 에러 정정 기능을 위한 부가 정보를 수신기의 요구에 따라 적절히 가변하여 전송하는 방식을 Type-II 방식이라 한다. 제안된 cross layer 방식에서는 PL-FEC를 1/3로 부호화 하여 첫 전송시에는 UL-FEC를 거친



(a) H-ARQ Type-I 시스템 블록도
(a) H-ARQ Type-I system block diagram



(b) H-ARQ Type-II 시스템 블록도
(b) H-ARQ Type-II system block diagram



(c) Type-III 시스템 블록도
(c) Type-III system block diagram

그림 2. Cross layer를 이용한 H-ARQ의 각 type에 따른 블록도

Fig. 2. Block diagram of three kinds of H-ARQ method.

데이터만 송신한다. 수신단에서는 수신된 데이터를 복호화하여 오류가 있을 시에는 PL-FEC를 통하여

만들어진 서로 다른 puncturing 패턴을 가지고 있는 3개의 패리티 패킷을 재전송 요청 시 순서대로 송신하게 되어 최종적으로 모부호화율과 같은 1/3 부호화를 이용하여 PL-FEC 복호를 하게 된다.

이러한 H-ARQ Type-II 방식에서는 재전송에 따른 LDPC 복호시에 오류 정정률이 패리티 패킷에 의존해야만 하는데, 첫 번째 전송시에 전달하는 데이터가 손실되었거나 잡음의 영향을 많이 받아 심하게 손상되었을 경우 Type-II 방식은 커다란 성능 열화를 가져온다. 이러한 성능의 열화를 막기 위하여 재전송되어진 정보만으로도 복호가 가능하게 하여 좀 더 향상된 성능을 가지게 되는 시스템을 Type-III 방식이라 한다. Type-III 방식은 재전송 시에 패리티 패킷과 함께 UL-FEC만 거친 데이터를 같이 전송함으로써 재전송된 데이터만으로 복호를 거치게 된다. 재전송된 데이터를 복호후 오류가 검출되면 재전송 전에 받은 데이터와 결합하여 다시 부호화를 하게 됨으로써 좀 더 낮은 부호화율과 함께 다이버시티 이득을 가짐으로써 BER 성능이 향상되게 된다.

IV. Throughput Analysis

FEC의 성능기준과는 다르게 H-ARQ 시스템에서는 전송 효율 또한 성능의 중요한 기준이 된다. 전송 효율의 정의는 다음과 같다^[5].

$$\eta = \frac{\text{average of the transmitted bit}}{\text{transmitted channel bit}} \quad (1)$$

i 번째 재전송된 패킷을 받은 이후에 복호에 성공할 확률을 $p_i (i=0, 1, \dots)$ 라 하고, i 번째 재전송된 패킷을 받았을 때의 프레임 오류(Frame Error Rate: FER)를 F_i 라 하자. 그러면 $p_i = (1 - F_i) \prod_{j=0}^{i-1} F_j$ 가 되고, 전송 효율은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \eta &= K_0 / (N_0 + \sum_{i=1}^{\infty} P_i M_i) \\ &= R_0 / \left(1 + F_0 \sum_{i=1}^{\infty} \frac{M_i}{N_0} (1 - F_i) \prod_{j=1}^{i-1} F_j \right) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 K_0 는 정보어의 길이, N_0 는 처음 전송된 패킷의 길이, M_i 는 재전송된 패킷의 길이이다.

V. 실험 결과 및 분석

모의 실험에서 사용한 UL은 오류 정정률 $t=32$ 인

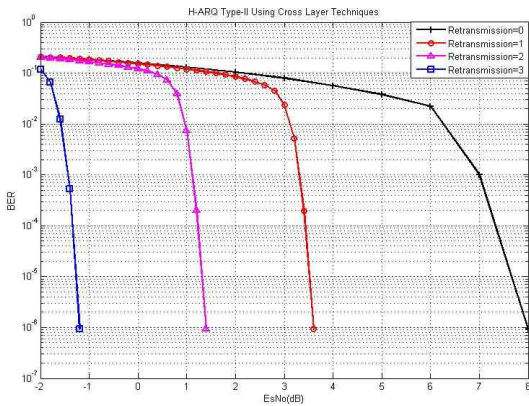


그림 3. H-ARQ Type-II의 BER 성능
Fig. 3. H-ARQ Type-II using cross layer techniques BER performance.

RS(255,191,32) 부호를 사용하였고, PL로써는 모부호 화율이 $R=1/3$ 인 LDPC($N=16,200$)을 사용한다. LDPC 부호기에서 생성되는 패킷을 random puncturing을 통하여 서로 겹치지 않는 세 개의 패킷으로 만들었다. Interleaver는 block interleaver(row=30, coloum=17)를 사용하였고, AWGN 채널을 이용하였다. HARQ 상의 재전송 요청 횟수는 최대 3번으로 매 재전송 시에는 HARQ의 종류에 따라 패킷을 전송하게 된다.

그림 3과 그림 5는 재전송 횟수에 따른 AWGN 채널에서의 Type-II 방식과 Type-III 방식의 BER 성능이다. 각각의 H-ARQ type에 따라 최대 재전송 횟수가 많아질수록 부호화율이 낮아지면서 PL로 사용한 LDPC의 모부호화율에 가까워져 최대 재전송 횟수가 3일 때가 0일 때보다 약 9 dB 성능이 좋아짐을 알 수가 있다. 그리고 Type-III 방식이 Type-II 방식보다 약 1 dB 정도의 더 좋은 성능을 보임을 알 수가 있다. 이것은 Type-III 방식이 재전송 시에는 수신된 데이터만을 이용하여 복호를 먼저 수행함으로써 재전송 전에 받은 데이터가 deep fading으로 인하여 심각한 오류나 잡음을 받은 데이터일 경우 더 좋은 성능을 보여줄 수 있고, 재전송된 데이터로 복호 후에도 오류가 있을 시에는 재전송 전에 받은 데이터와 재전송으로 받은 데이터를 서로 결합함으로써 디버시티 이득으로 인하여 성능이 좋아지는 것을 알 수가 있다.

그림 4와 그림 6은 AWGN 채널 환경에서의 각각

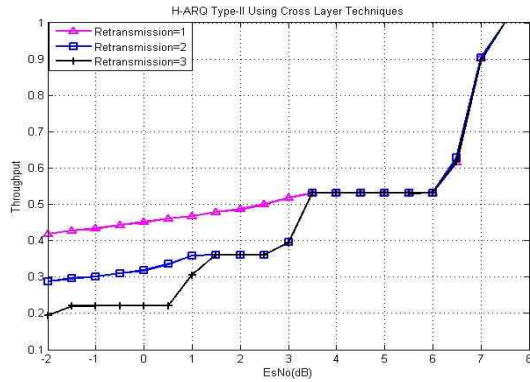


그림 4. H-ARQ Type-II의 throughput 성능
Fig. 4. H-ARQ Type-II using cross layer techniques throughput performance.

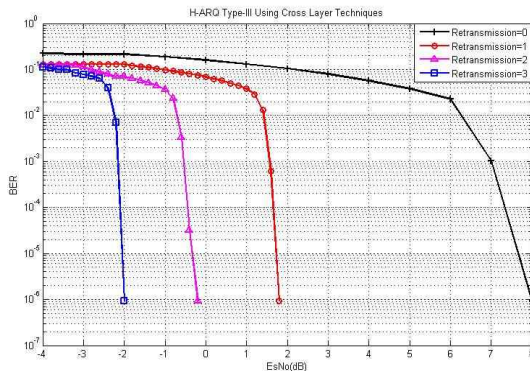


그림 5. H-ARQ Type-III의 BER 성능
Fig. 5. H-ARQ Type-III using cross layer techniques BER performance.

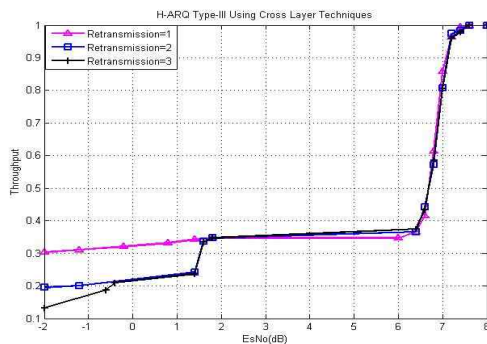


그림 6. H-ARQ Type-III의 throughput 성능
Fig. 6. H-ARQ Type-III using cross layer techniques throughput performance.

의 최대 재전송 횟수에 따른 전송 효율을 비교한 것이다. 약 8 dB에서 전송 효율이 1에 가까워지는 것을

알 수가 있다. 이것은 UL에서의 부호화 방식인 RS 방식만으로 복호를 오류 없이 성공할 수 있으므로 재전송을 필요치 않게 되어 전송 효율이 1에 가까워 짐을 알 수가 있다. 그리고 전송 효율 면에서는 Type-II 방식이 Type-III 방식보다 더 효율적인 것을 알 수가 있는데, 매 재전송 시에 따른 데이터의 전송에 패리티 패킷만 전송함으로써 Type-II 방식이 Type-III보다 전송 패킷의 사이즈가 작기 때문이다.

BER 성능과 전송 효율과의 trade off 관점에서 보면 채널 환경이 양호할 경우에는 전송 효율이 좋은 Type-II 방식이 적합하다. 재전송되는 데이터만을 가지고도 복호화가 가능하고 다이버시티 이득을 얻을 수 있어 오류 정정률이 좋은 Type-III 방식은 채널 환경이 좋지 못하거나 순간적인 간섭의 증가, 급격한 페이딩의 상황에서 더 적합함을 알 수가 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 차세대 이동 통신에서 요구하는 서비스를 만족시키기 위하여 높은 신뢰도와 함께 BER 성능의 향상을 위해, cross layer를 이용한 H-ARQ 시스템을 각각의 H-ARQ type에 따라 정의하고 각각의 채널 환경에 따라 적합한 type을 시뮬레이션 결과를 통하여 분석하여 제안하였다.

실험 결과의 분석을 통하여 일반적인 LDPC를 이용한 H-ARQ 시스템의 성능보다 cross layer를 이용한 시스템의 성능이 PL(LDPC)에서 정정하지 못한 오류를 UL(RS)에서 정정함으로써 성능의 향상을 가져올 수 있다. 그리고 H-ARQ의 type에 따른 성능을 보면 채널의 상태가 좋은 곳에서는 Type-II가 적합하고 Type-III 방식은 순간적인 간섭의 증가, 급격한 페이딩의 상황의 채널에서 더 적합함을 제안하였다. 따라서 본 논문에서 제안하는 cross layer를 이용한 H-ARQ 시스템은 차세대 무선 이동 통신 시스템에서 적합함을 알 수가 있다.

참 고 문 헌

- [1] H. Lou et al., "Performance of punctured channel codes with ARQ for multimedia transmission in rayleigh fading channels", *VTC*, pp. 282-286, 1996.
- [2] ETSI EN 301 210, "Digital video broadcasting (DVB): Framing structure, channel coding and modulation for digital satellite news gathering(DSNG) and other contribution applications by satellite", (DVB-S2).
- [3] S. Lin, D. Costello, Fr., *Error Control Coding: Fundamentals and Applications*, Prentice Hall, 1983.
- [4] J. Hagenauer, "Rate-Compatible Punctured Convolutional codes(RCPC codes) and their applications", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 36. pp. 389-400, Apr. 1988.
- [5] J. Li, K. Narayanan, "Rate-compatible low density parity check codes for capacity-approaching ARQ schemes in packet data communications", *In Int. Conf. on Comm., Internet, and Info. Tech.(CIT)*, Nov. 2002. 1997., Independent features of self-similar fractal antenna", *Radio Sci.*, vol. 31, no. 6, pp. 1331-1343, Nov./Dec. 1996.
- [6] Sang-Gee Kang, Il-Kyoo Lee and Ki-Suk Yoo, *IEEE MTT-S International*, vol. 3, pp. 1519-1522, 1997.
- [7] 송무하, 우종명, 이호선, "소형화를 위한 격자 구조의 요철형 원편파 마이크로스트립 패치 안테나의 설계", *한국전자과학회 추계 마이크로파 및 전파학술대회*, 24(2), pp. 351-354, 2001년 9월.
- [8] 하재권, 박동철, "빔 틸팅 특성을 갖는 개구 급전 마이크로스트립 안테나 설계 연구", *한국전자과학회논문지*, 12(5), pp. 705-712, 2001년 8월.

박 태 두



2008년 2월: 한국해양대학교 전과 공학과 (공학사)
2010년 2월: 한국해양대학교 전과 공학과 (공학석사)
2010년 2월~현재: 한국해양대학교 전과공학과 박사과정
[주 관심분야] 위성 통신, 이동 통신, 변·복조 기술, 채널 코딩, FPGA 기술 등

김 철 승



2009년 2월: 한국해양대학교 전과 공학과 (공학사)
2009년 3월~현재: 한국해양대학교 전과공학과 석사과정
[주 관심분야] 위성 통신, 이동 통신, 변·복조 기술, 채널 코딩, FPGA 기술 등

김 민 혁



2006년 2월: 한국해양대학교 전과 공학과 (공학사)
2008년 2월: 한국해양대학교 전과 공학과 (공학석사)
2008년 3월~현재: 한국해양대학교 전과공학과 박사과정
[주 관심분야] 위성 통신, 이동 통신, 변·복조 기술, 채널 코딩, FPGA 기술 등

정 지 원



1989년 2월: 성균관대학교 전자공학과 (공학사)
1991년 2월: 성균관대학교 전자공학과 (공학석사)
1995년 2월: 성균관대학교 정보공학과 (공학박사)
1991년 1월~1992년 2월: LG 정보통신연구소 연구원
1995년 9월~1996년 8월 : 한국통신 위성통신연구실 선임 연구원
1997년 3월~1998년 12월 : 한국전자통신연구원 초빙 연구원
1996년 9월~현재: 한국해양대학교 전과공학과 정교수
2001년 8월~2002년 8월: 캐나다 NSERC Fellowship (Communication Research Center 근무)
[주 관심분야] 위성 통신, 이동 통신, 변·복조 기술, 채널 코딩, FPGA 기술 등