

레이레이 페이딩 채널에서 유형 I 하이브리드 ARQ의 재전송시 전력 램핑을 채용하는 WCDMA 하향링크의 개선된 수율

정회원 김 봉 회*, 종신회원 황 승 훈**, 정회원 홍 유 표**

Improved Throughput of WCDMA Downlink using Power Ramping under Retransmissions for Type I Hybrid ARQ with in Rayleigh Fading Channel

Bonghoe Kim*, *Regular Member*, Seung-Hoon Hwang**, *Lifelong Member*, Yupyo Hong**, *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 무선 채널에 사용되는 유형 I 하이브리드 자동재전송요구 (automatic repeat request: ARQ) 방식과 전력 램핑 (power ramping)가 결합된 기법을 제안하고 분석한다. 전력 램핑 기법은 더욱 신뢰성 높은 하향링크 데이터 전송을 위해 고려되었는데, 그 전송전력은 재전송의 수가 증가할 때 작은 수준으로부터 큰 수준으로 점진적으로 변화된다. 시뮬레이션 결과로부터 전력램핑 단위크기가 0.5dB일 때 평균 수율 이득은 적절하게 선택된 파라미터에 따라 2%에서 5% 정도 높아질수 있다.

Key Words : Type I hybrid ARQ, power ramping, WCDMA downlink, Rayleigh fading channel

ABSTRACT

In this paper, we propose and analyze a scheme for wireless channels, which is a combination of a type I hybrid-automatic repeat request (H-ARQ) scheme and a power ramping. The power ramping is considered for more reliable downlink data transmission, in which the transmission power is gradually changed from a small level to a large level when the number of retransmissions increases. The simulation results demonstrate that, when the power ramping step size is 0.5dB, the average throughput gain may be as high as 2% to 5% with properly selected parameters.

1. 서 론

주요 음성 서비스를 위해 설계된 현재 셀룰라 통신 시스템은 차세대 통신 시스템의 개발을 위해 현

재 다방면의 노력이 행해지고있다. 그런데, 이는 일반적으로 음성과 고속의 데이터 서비스가 통합된 형태를 수반한다^{[1][2]}. 데이터 서비스에 대한 트래픽 특성과 서비스 요구의 품질이 음성 트래픽과는 매

* 이 논문은 2005학년도 동국대학교 연구년 지원에 의하여 이루어졌음.

* LG전자 이동통신기술연구소 (ofdm88@lge.com)

** 동국대학교 전자공학과 (shwang@dongguk.edu, yhong@dongguk.edu)

논문번호 : KICS2006-11-502, 접수일자 : 2006년 11월 20일, 최종논문접수일자 : 2007년 1월 12일

우 다르기 때문에 통합된 시스템을 위해 몇가지 필수적인 관점에 있어서 시스템의 재설계가 필요하다. 무선 채널을 통해 매우 신뢰성있는 데이터 전송을 위해, 음성 통신에 성공적으로 사용된 오류 정정 부호 (FEC) 기법은 데이터를 위한 서비스 품질 요구를 부합시키기에 적당하지 않다. 자동 재전송 요구 (ARQ) 기법은 NACK이 얻어질 때 오류 정정을 위해 동일한 여분의 비트를 반복적으로 전송함으로써 데이터 통신에서 강하게 요구되는 거의 에러가 없는 수신을 보증할 수 있다. 그러나, 좋지 않은 채널 조건에서 큰 재전송 수를 사용하게되면 시간지연의 증가로 인해 결점이 있다. 추가적으로, ARQ 프로토콜이 적용될 때, 재전송된 패킷은 DS-CDMA 시스템에서 간섭수준을 증가시킬 수 있으며, TDMA 시스템에서 다른 사용자의 기회를 빼앗을 수 있다. 그런데, ARQ와 FEC기법들의 결점은 공동의 사용을 통해 극복될 수 있는데 이를 하이브리드 ARQ (H-ARQ) 프로토콜이라고 한다^[3]. 명백하게 유형 I H-ARQ는 재전송 시 변조와 오류정정부호모드의 변화를 고려하지 않는다. 전체적인 시스템 수율을 향상시키고 작은 재전송을 위해서 추가적인 링크 적응 방법은 여전히 필요하다. 높은 수용 용량과 수용가능한 서비스 품질을 달성하기 위해, 페이딩과 전파손실의 영향은 전력 제어의 사용을 통해 일반적으로 완화된다. 일종의 전력 제어 방식으로서 UMTS 랜덤 접속을 위한 재전송시 전력 램핑 (power ramping) 기법은 참고문헌 [4]에서 소개되었다. 그것은 이동국의 신호가 기지국에 도달할 수 없는 시나리오에서 더욱 효과적일 것이다. 마찬가지로, 전력램핑은 좋지 않은 채널 조건에서 언급된 결점을 보상하고 높은 수용용량과 수용가능한 서비스의 품질을 달성하기 위해서 UMTS의 고속 하향링크 패킷접속 (high speed downlink packet access: HSDPA)에서^[2] 유형 I H-ARQ를 위해서 변형될 수 있다. 본 논문에서 우리는 높은 신뢰성을 가지는 데이터 전송에 위해 고안된 전력램핑기법과 결합된 유형 I H-ARQ를 제안한다. 본 방식은 별도의 채널에 대한 정보를 요구하지 않는 블라인드 방식이 될 것이다. 해당 시스템 성능은 수율의 면에서 평가된다. 또한 전송된 전력 수준과 전력 램핑 스텝 크기와 같은 파라미터의 영향이 분석될 것이다.

II. 제안 방식과 시뮬레이션 모델

ARQ 프로토콜에서, ACK/NACK기반의 재전송

기법이 고려된다. 여기서 수신된 프레임이 에러가 없다면 ACK이 송신기로 전송되고, 데이터 프레임에서 오류가 발견된다면 NACK에 의해 재전송이 요구된다. 많은 재전송 요구가 시스템 성능을 열화시킬수 있는 가능성을 대비하기위해 본 논문에서는 유형 I H-ARQ와 전력 램핑의 결합된 방식을 제안한다. 여기서 채널 조건에 대한 어떠한 정보도 이용하지 않는다. 전송된 전력 수준은 재전송 요구에 의해 적응적으로 제어된다. 주어진 프레임에 대한 첫번째 전송은 최저 전력 수준으로 시작한다. 에러 없는 수신이 실패하여 NACK이 얻어질 때, 재전송 동안 전력 수준은 미리 정의된 방법으로 점차로 증가된다. 유형 I H-ARQ에서 송신부는 증가된 전력 수준으로 동일한 코드워드를 전송한다. 그리고, 그 수신 코드 워드는 이전에 수신된 코드 워드(들)와 결합되거나서 수신기에서 검출 가능한 오류의 유무의 판정을 위해 디코딩되고 검사된다. 이러한 일련의 과정은 에러가 없는 수신이 달성되거나 재전송의 수가 최대값에 도달할 때까지 계속된다. ACK이 수신될 때, 송신기는 송신 전력을 최저의 전력 수준으로 초기화한다.

우리는 시분할 멀티플렉싱이 적용되는 UMTS HSDPA에서 그 성능에 초점을 맞춘다^[2]. 시간은 2ms 간격의 프레임으로 분할된다. 5MHz 밴드폭을 가진 부호율 1/2의 터보 부호화 시스템에서, 16QAM에서 4.8Mbps의 최대 데이터율이 고려된다. 단일 경로 레일레이 채널 모델이 가정된다. 우리는 stop-and-wait ARQ 프로토콜을 고려하고 이동국에서 기지국으로 가는 피드백 채널은 에러가 없다고 가정한다. 재전송의 최대 수는 10으로 제한된다. 전력 램핑 스텝 크기는 0dB (전력 램핑 없는 상황), 0.5dB, 1dB 사이에서 선택되었다. 이동국의 속력은 3km/h라고 가정했는데 이는 데이터서비스를 주로하는 이동단말기에 대한 합리적인 수치이다. 반송파 주파수는 2GHz이고 반송파 복구는 완벽하다고 가정된다. 전력제어는 고려되지 않는다.

III. 실험 결과

성능은 올바르게 수신된 데이터 비트 당 전송된 심볼의 전체 수의 역으로 정의되는 수율로 평가된다. Eb/N0의 최초 설정값은 7dB에서 16dB까지이다. 시뮬레이션은 제안된 시스템의 수율 성능을 알아보기위해 행해진다. 16QAM과 0.5dB의 전력 램핑 스텝 크기에 대하여 수율 대 Eb/N0은 그림 1과

같다. 여기서 E_b/N_0 는 제안된 H-ARQ 기법에 대해 최초 전송시의 E_b/N_0 이다. 전력 램핑을 포함하는 H-ARQ의 성능은 일반적인 H-ARQ와 ARQ의 성능과 비교된다. 그 비교로부터 제안된 전력 램핑은 단말의 메모리에서 결합이득을 성취할수 있는 H-ARQ에서조차 수율 성능을 향상시킬수 있음을 보여준다. 예를 들어, 일반적인 H-ARQ와 ARQ에서 16QAM에 대한 수율은 E_b/N_0 가 7dB에서 3.7Mbps와 3.9Mbps 이라는 것을 관찰할 수 있다. 전력 램핑과 함께 수율은 4.1Mbps까지 증가되는데, 이는 각각의 기법과 비교할 때 10.8%과 5.1%의 수율 개선을 보여준다. 실험 결과로부터 볼때, 적절하게 선택된 파라미터들을 가지고 유형 I H-ARQ와 전력 램핑 기법의 결합된 형태를 적용함으로써 2%에서 5% 정도의 평균 수율 이득이 존재한다는 것을 보여준다. 추가적으로 수율 차이는 모든 E_b/N_0 의 범위에 걸쳐 명백하게 보이며 작은 E_b/N_0 값에서 더욱 뚜렷하게 보여진다.

전력 램핑 스텝 크기 할당이 수율 성능에 미치는 영향은 그림 2와 같다. 그래프의 기울기가 전력 램핑 스텝 크기의 영향을 잘 보여준다. 시스템이 낮은 E_b/N_0 값에서 처음으로 동작될 때, 수율은 전력 램핑 스텝 크기에 크게 의존한다는 것을 알 수 있다. 우리는 낮은 E_b/N_0 값 쪽에서 전력 램핑 스텝 크기를 증가시킴으로써 시스템 수율을 더욱 향상시킬 수 있다는 것을 볼 수 있다. 1dB의 전력 램핑 스텝 크기를 가질 때의 수율은 0.5dB의 전력 램핑 스텝 크기를 가진 것과 비교해서 7dB의 E_b/N_0 에서 2%정도 더 향상시킬 수 있다. 적응성 있는 링크를 위해서 임계치의 적절한 적응은 성능 이득 실현에 필수적이다. 만약 임계치가 너무 적극적이면 (종지못한 링크의 사용자는 보다 높은 전송모드를 선택할 것이다) 과도한 재전송 때문에 전체 시스템 성능은 좋지 못할 것이다. 그러므로, 낮은 SIR에서 링크 적응은 불필요한 재전송을 피하기 위해서 더욱 보수적이어야 한다^[5]. 반면에 유형 I H-ARQ 방식을 위해 제안된 전력 램핑은 임계치의 적응 없이도 링크 적응을 도와준다. 보다 낮은 SIR에서 전력 램핑으로 일시적으로 증가된 SIR은 수율로 보이는 시스템 성능에 임계치의 보수적인 적응과 동일한 영향을 보여준다. 게다가, 전송 전력을 조정하는 것은 반복된 측정과 피드백을 포함하지 않고, 이는 특히 패킷 전송 시스템에서 구현을 간단히 해준다. 이러한 관점에서 전력 램핑은 패킷 전송 시스템에서 실시간 링크 적응에 필요하며 전력 램핑은 많은 복잡도의 증가 없이 수율의 향상을 제공할 수 있다는 것을 보여준다.

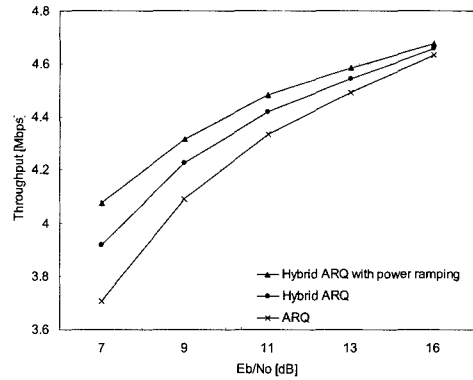


그림 1. 수율과 E_b/N_0 비교 (전력 램핑 단위 크기=0.5dB)
Fig. 1. Throughput versus E_b/N_0 (power ramping step size=0.5dB)

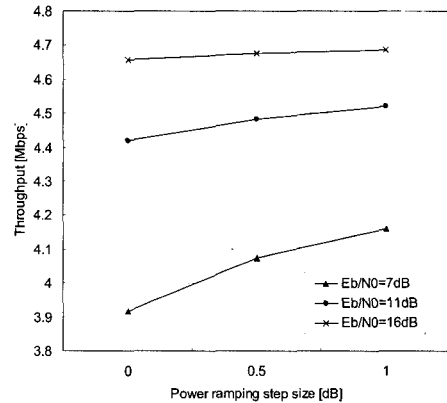


그림 2. 수율과 전력 램핑 단위 크기간의 비교
Fig. 2. Throughput versus power ramping step size

IV. 결론

결론적으로 수신기내의 메모리에 의한 결합 이득이 존재하는 유형 I H-ARQ에 전력 램핑 기법을 결합한 형태는 평균 수율에 있어서 많은 복잡도의 추가 없이 2%~5% 향상됨을 보여준다. 다른 유형의 H-ARQ에서의 전력 램핑 기법의 고려와 전력 램핑 기법의 전력 제어 기법과의 상호 관계에 대한 분석은 흥미로운 주제로 향후 연구가 진행될 예정이다.

참고 문헌

[1] R. Prasad, W. Mohr, and W. Konhauser, Third generation mobile communication systems.

London: Artech House, 2000.

- [2] 3GPP, TR25.848: Physical layer aspects of UTRA HSDPA.
- [3] S. Lin, and D.J. Costello, Error control coding: Fundamentals and applications. New Jersey: Prentice-Hall, 2004.
- [4] 3GPP, TS25.214: Physical layer procedures.
- [5] S. Sun, W. Krzymien, R. Krenz, and A. Jalali, "Reliable hybrid ARQ data transmission with optimal SIR assignment in CDMA PCS," in Proc. IEEE Vehicular Technology Conf., 1988, pp. 599-604.

김 봉 회 (Bonghoe Kim)

정회원



2001년 KAIST (박사)
 1996년~현재 LG전자 이동통신
 기술연구소 책임연구원
 2004년 미국 Stanford University,
 Visiting Scholar
 <관심분야> 통신신호처리, 이동
 통신, UMTS

황 승 훈 (Seung-Hoon Hwang)

종신회원



1999년 연세대학교 전기공학과
 통신시스템 (박사)
 1999년~2005년 LG전자 이동통
 신기술연구소 책임연구원
 2003년~2005년 영국 University
 of Southampton, Research Fel-
 low

2005년~현재 동국대학교 전자공학과 조교수
 IEEE Senior Member, IEE Member, IEICE Member
 <관심분야> 무선 및 이동통신, CDMA이론, cognitive
 radio, 밀리미터파통신

홍 유 표 (Youpyo Hong)

정회원



1998년 USC Computer Engineer-
 ing (Ph. D)
 1998년~1999년 Synopsis Senior
 R&D engineer
 1999년~현재 동국대학교 전자공
 학과 부교수
 <관심분야> SOC Design