

OFDM 기반 HSDPA 시스템에서의 강화된 Hybrid ARQ 기법

이대원, 고경수, 금병직, 이황수

한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학전공 이동통신연구실

cents@korea.com, {starry,coolcoolb})@mcl.kaist.ac.kr, hwanglee@ee.kaist.ac.kr

An Enhanced Hybrid ARQ Scheme on OFDM based HSDPA Systems

Daewon Lee, Kyungsu Ko, Byungjik Keum, Hwang Soo Lee

Mobile Communication Lab., Dept. of EECS, KAIST

요 약

차세대이동 통신 서비스는 고속 이동 환경 중 고속의 처리율과 넓은 대역폭을 요한다. 이것은 터보 코드와 같은 강력한 채널 코딩 기법과 hybrid ARQ(HARQ) 기법, 채널 보상 기법의 도움으로 가능하다. 그러나 터보 디코딩은 과정이 복잡할 뿐만 아니라 user equipment(UE)에서 데이터 처리 시간과 전력 소모에 큰 부분을 차지한다. 그러므로 터보 디코딩과 관련된 HARQ 기법은 시스템 성능에 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 직교 주파수 분할 다중(OFDM) 기법을 기반으로 하는 하향 고속화 패킷방식(HSDPA) 시스템에서 사용할 수 있는 향상된 HARQ 기법을 제안한다. 이 기법은 불필요한 터보 디코딩 과정을 생략하기 위한 패킷 에러 예측(Packet Error Prediction)을 통해 산출되는 경계치를 이용한다. 이 기법을 이용하여 UE의 전력 소모를 줄이는 동시에 시스템 성능을 향상시킬 수 있다.

I. Introduction

이동 통신 기기는 무선 환경을 통해 음성을 전송하기 위한 도구로 시작되어 지금은 문자 메시지와 멀티미디어 데이터를 수신할 수 있을 뿐만 아니라 게임을 위한 쌍방향 환경까지도 제공한다. 많은 이동 통신 시스템은 보다 높은 고속 데이터율 요구를 충족시키기 위해 GSM 시스템의 GSM evolution (EDGE), CDMA2000 시스템의 EV-DO 와 EV-DV, WCDMA 시스템의 HSDPA 와 같은 고속 데이터 기술을 만들어 냈다. 이 중 HSDPA 시스템의 경우 hybrid ARQ(HARQ), 터보 코딩, 적응 변조 및 코딩(AMC)과 같은 기법들의 도움으로 높은 처리율을 가능케 하였다.

대부분의 모든 시스템은 높은 이동성과 높은 데이터율을 보장하기 위해 강력한 채널 코딩 기법을 사용해야 한다. 터보 코딩과 같은 강력한 채널 코딩 기법은 상호보완적인 디코더를 가지는데, 복잡도가 커 UE에서 처리 시간과 전력의 대부분을 차지한다. 또한 시스템의 처리율은 데이터 처리과정의 지연 시간과 밀접한 관련이 있다. UE는 이전에 수신한 패킷을 처리하는 동안 새로 받은 패킷의 처리를 할 수 없다. 그러므로 패킷이 끝까지 처리되기 전에 터보 디코딩될 패킷이 손상되었는지를 알아낼 수 있다면 터보 디코딩 과정을 생략하고 Node-B로 NACK 신호를 보냄으로써 시간과 전력을 아낄 수 있다.

본 논문에서는 패킷 에러 확률을 이용하여 수신된 패킷을 터보 디코딩 하지 않고 바로 Node-B로 NACK 신호를 보낼지를 결정하는 향상된 HARQ 기법을 제안한다.

본 논문의 Section II에서는 제안한 기법의 측정기준이 되는 패킷 에러 예측에 대해 언급하고 Section III에서는 향상된 HARQ 기법을 제안한다. Section IV에서는 시뮬레이션에 사용될 OFDM을 기반으로 하는 HSDPA 시스템을 소개하고 Section V에서는 시뮬레이션 환경과 제안한 기법의 성능을 평가하고 마지막으로 Section VI에서 결론을 도출한다.

II. Packet Error Prediction

패킷 에러 예측은 패킷 에러 확률과 관련해서 패킷이 손상되었는지 아닌지를 판단하는 측정 기법이다. 패킷 에러 확률을 측정하기 위한 기준으로 우리가 제안한 방법은 수신된 심볼 수열의 log-likelihood ratios(LLR)의 합을 이용한다.

LLR은 수신된 수열 'y'가 있을 때 보낸 비트 'u'가 "+1" 또는 "-1"이 될 확률의 비율로 보낸 비트가 "+1"인지 "-1"인지를 hard decision 하는 터보 디코더의 측정기준이다. LLR의 절대치는 수신된 비트가 "+1" 또는 "-1"이 될 가능성에 비례한다.

$$L(\hat{u}) = \ln \frac{P(u = +1 | y)}{P(u = -1 | y)} \quad (1)$$

그러나 수신된 패킷을 디코딩할 때 패킷 신뢰성의 관점에서 고려할 또 다른 요소가 있다. 그 중 하나는 부호화율이다. 똑 같은 채널 조건에서 두 패킷이 보내졌을 때, 낮은 부호화율을 가진 패킷이 높은 부호화율을 가진 패킷보다 에러가 적을 것이다. 그리고 전송 비트에 적용되는 변조방식 또한 패킷 신뢰성에 관한 큰 요소가 될 것이다. 하지만 LLR 값에서는 부호화율이나 변조방식에 관한 어떠한 정보도 얻을 수 없다. 그러므로 수신된 패킷의 신뢰성은 각각 수신된 비트의 LLR의 절대치의 합, 변조 이득, 부호화율의 조합으로 고려될 수 있으며 패킷 신뢰성 계수(Packet reliability factor) μ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\mu = \alpha \cdot G_m \cdot G_c + \beta \cdot \sum_{k=1}^N |L(\hat{u}_k)| \quad (2)$$

여기서 α 와 β 는 상수, G_m 은 변조 이득, G_c 는 부호화율, N 은 수신된 패킷의 비트 수이다.

대부분의 통신 시스템에서 UE는 다채널 데이터를 수신한다. 이 채널은 파일럿 신호, 컨트롤 신호 그리고 실제 수신할 데이터를 포함한다. 파일럿 신호는 미리 결정되어 있는 신호로 대개 동기나 채널 영향을 보상하기