

Analysis of Traffic Delay over Mobile Broadband Networks

Jae-Young Yoo and Sang-Hoon Lee

Dept. of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University

요약

본 논문은 기존의 WCDMA 방식에서의 단점을 보완할 수 있는 새로운 시스템을 대상으로 VBR 트래픽을 기준으로 하여 임의의 한 time slot에서 threshold 설정에 따른 각 MT들에 의해서 전송된 전체 트래픽에 대한 지연 확률을 분석하고 일반화된 모습을 제시한다. 그리고 channel error가 존재하는 경우, 임의의 한 time slot에서 처리되어야 하는 전체 트래픽에 대한 평균 지연 시간을 분석하고, 재전송 횟수에 따른 일반화된 모습을 제시한다. 이를 실험을 통해서 성능 분석을 실시한 결과, MT들의 수에 따라 적절한 threshold를 설정함으로써 지연 확률을 줄이면서 불필요한 자원의 낭비를 방지할 수 있으며, 트래픽을 전송하는 중에 존재하는 에러 때문에 기본적으로 반드시 지연 시간이 존재한다는 것을 알 수 있다. 특히  $P_e$ 가 큰 경우에는 threshold 설정을 크게 해도 쉽게 평균 지연 시간이 줄어들지 않으므로  $P_e$ 에 따른 적절한 threshold 설정은 더욱 중요하다.

1. 서론

3GPP WCDMA에서는 트래픽을 전송하기 위해서 DCH (Dedicated Channel)와 CPCH (Common Packet Channel)가 사용된다. DCH는 보통 CBR 트래픽을 전송하는 반면에, CPCH는 작은 양의 VBR 트래픽 또는 버스티한 패킷 트래픽을 전송하는 경우에 사용되어왔다. 그러나 DCH는 CPCH에 비해서 채널 사용의 효율이 떨어지는 단점이 있어서 DCH 대신에 CPCH를 사용하는 많은 방안들이 제시되고 있다.

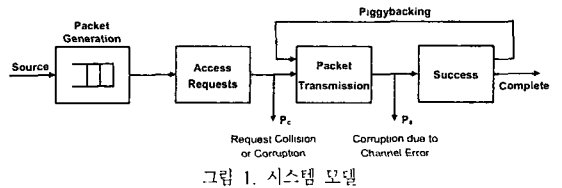
[1]에서는 WCDMA기반의 3GPP에서 사용하는 CPCH의 basic (BA) scheme과 새롭게 channel monitoring (CM) scheme, channel assignment (CA) scheme, flexible channel assignment scheme with preemption (CAP)을 제안하면서 4가지 방식에 대한 분석과 성능 비교를 하고 있다. 수학적 분석과 시뮬레이션을 통하여 제안하는 방식들 (특히 CAP 방식)이 더 좋은 성능을 보인다는 것을 보여주고 있지만, 모든 CPCH들은 항상 같은 전송율을 갖는다는 가정하에 모든 분석이 이루어졌다. 그리고 기존의 연구들에 대한 분석 방법이 연속적인 시간에 대한 분석이었던 것에 반해, [2]에서는 이와 다르게 비연속적인 시간에 대한 분석을 실시하고 있다. [3]에서는 처음으로 CPCH의 사용 권한에 대한 확률을 언급, 분석하고 있으나, 이것은 access 방식과는 무관하게 단지 CPCH 측면에 대해서만 고려한 단순한 분석을 실시하였다.

이 논문에서는 차세대 광대역 네트워크에서 사용될 것으로 전망되는 새로운 프로토콜에 대한 분석을 실시하고자 하는데, 먼저 VBR 트래픽을 기준으로 하여 임의의 한 time slot에서 일정한 threshold 값을 정하고 각 MT (Mobile Terminal) 들에 의해서 전송된 전체 트래픽에 대한 지연 확률을 분석하여 일반화된 모습을 제시한다. 다음으로 임의의 한 time slot에서 처리되어야 하는 전체 트래픽에 대한 평균 지연 시간을 분석하고, 재전송 횟수에 따른 일반화된 모습을 제시하며, 이를 실험을 통해서 성능 분석을 실시한다.

II. 본론

1. 시스템 모델

일반적인 지연에 대한 수리적인 분석을 하기 위해서 먼저 시스템 모델을 설명한다. 트래픽은 그림 1에서 보는 바와 같이 2가지의 손실이 발생할 수 있는 경우를 겪지 않아야 정상적인 전송이 이루어 질 수 있다.



즉, RACH에서 접속 요청의 충돌이나 손상 ( $P_c$ )이 없어야 하고, CPCH에서 트래픽이 전송될 때 channel error에 의한 손상 ( $P_e$ )이 없어야 한다. 이러한 각 경우의 확률을 고려해서 VBR 트래픽을 기준으로 하여 각 MT들에 의해서 전송된 트래픽들에 대한 지연확률과 평균 지연시간을 분석하고 일반화된 모습을 제시한다. 분석을 위해서 다음과 같은 사항들이 가정된다.

- 1) 접속 요청은 각 time slot의 시작점에서 시도된다.
- 2) 트래픽 전송은 각 CPCH의 시작점에서 시도된다.
- 3) 처리 지연은 무시한다.
- 4) 단일 셀 환경에서 실시한다.
- 5)  $P_e$ 가 일정하다. (즉, 전력제어는 완벽하다.)
- 6) MT은 항상 에러없이 ACK 또는 NAK을 수신한다. (즉, 하향링크에는 에러가 발생하지 않는다.)
- 7) 상향링크에는 에러가 존재한다.

N명의 MT들이 트래픽을 전송하고자 할 경우에, RACH에서 접속이 성공되어야만 CPCH에서 트래픽을 전송할 수가 있다. 이때 RACH에서 충돌 확률은  $P_c$ 가 되고, n명의 MT들이 CPCH를 사용할 수 있게 된다면 n은 식 (1)과 같이 표현될 수 있다.

$$n = \lfloor N(1 - P_c) \rfloor \tag{1}$$

( $\lfloor x \rfloor$ : x와 같거나 작은 수 중에서 가장 큰 정수)

그리고 각 MT들의 트래픽 특성은 VBR을 고려하기 위해서 exponential R.V.로 가정한다. n명의 MT들이 각각의 서로 다른  $\lambda$ 값을 가지는  $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ 명의 합이라면 n은 다시 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$n = u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_n \tag{2}$$