

IMT-2000 에서 이중 모드 패킷 서비스의 성능 분석*

°반태원*, 이상민*, 조유제*, 송재섭**, 정제민**

*경북대학교 전자전기공학부, **한국통신 가입자망연구소

*{twban, smlee}@palgong.kyungpook.ac.kr, yzcho@ee.kyungpook.ac.kr

**jemin@kt.co.kr

Performance Analysis of Dual Mode Packet Service in the IMT-2000

°Tae-Won Ban*, Sang-Min Lee*, You-Ze Cho*, Jae-Sup Song**, and Je-Min Chung**

*School of Electronic and Electrical Engineering, Kyungpook National University,

** Access Network Laboratory, Korea Telecom

요약

본 논문에서는 IMT-2000 시스템에서 공용 채널과 전용 채널을 동시에 사용하는 이중 모드 패킷 전송 방식의 성능을 분석하였다. 공용 채널을 통한 패킷 전송은 랜덤 액세스 방식을 사용한다.

이중 모드 패킷 전송 방식은 전송할 패킷의 길이와 발생 빈도에 따라 공용 채널과 전용 채널을 동시에 사용함으로써 높은 전송 효율을 보장하는 전송 방식이다. 이중 모드 패킷 전송 방식은 전송할 패킷의 크기가 스위칭 문턱값 보다 클 경우 전용 채널을 통해 전송하며 그렇지 않을 경우 공용 채널을 통해 전송을 시도하게 된다. 이중 모드 패킷 전송에서 높은 전송 효율을 보장하기 위해서는 스위칭 문턱값을 적절히 설정하여야 하며 최적의 스위칭 문턱값은 전용 채널을 요청한 후 할당 받는데 걸리는 지연 시간, 공용 채널에서 패킷을 전송한 후 ACK를 받는데 걸리는 지연 시간, 전용 채널과 공용 채널의 오류율, 전용 채널과 공용 채널의 수 그리고 발생하는 평균 패킷 길이에 의해 영향을 받는다. 본 논문에서는 이중 모드 패킷 전송 방식에서 트래픽 형태에 따른 최적의 스위칭 문턱값을 시뮬레이션을 통해서 분석하였다.

1. 서론

IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000)은 다양한 이동 통신 시스템의 규격을 통일하여 세계 어느 곳에서도 동일한 단말기로 멀티미디어 서비스를 이용할 수 있도록 하는 차세대 이동통신 시스템이다. IMT-2000의 표준을 위해 제출된 각국의 제안서는 광대역 CDMA (Code Division Multiple Access) 기반의 시스템이 주류를 이루고 있다. 그리고, CDMA 채널 환경에서 패킷 모드의 데이터 서비스 제공을 위한 연구가 활발히 진행중이다 [1], [2].

CDMA 기반의 패킷 데이터 서비스는 공용 채널 (Common Channel) 과 전용 채널 (Dedicated Channel) 을 통해 제공될 수 있다.

공용 채널은 주로 길이가 짧고 발생 빈도가 낮은 패킷 전송에 사용되며 ALOHA 에 의한 랜덤 액세스 기법을 사용한다. 별도의 채널 요청 과정 없이 전송을 시작할 수 있으므로 길이가 짧고 발생 빈도가 낮은 패킷을 보다 빠르게 전송할 수 있다. 그러나, 전용 채널과 달리 별도의 채널 유지 과정이 없으므로 신뢰성 있는 전송이 보장되지 않는다.

전용 채널은 길이가 길고 발생 빈도가 높은 패킷 전송에 주로 이용된다. 단말은 패킷 전송에 앞서 전용 채널 요청 패킷을 전송해야 하며 기지국으로부터 채널을 할당 받은 후 패킷을 전송할 수 있다. 공용 채널에서와 달리 패킷 전송에 앞서 채널을 요청하고 할당 받는 과정이 필요하므로 채널이 설정될 때까지 단말은 패킷을 전송할 수 없지만 일단 채널이 설정되면 페루프 전력 제어를 통해 보다 신속하고 정확하게 패킷 전송이 이루어진다.

따라서, 패킷 길이와 발생 빈도 등의 트래픽 특성에 따라 공용 채널과 전용 채널을 동적으로 사용하는 이중 모드 패킷 서비스 방식이 보다 바람직하다.

본 논문에서는 다양한 트래픽 형태에 따라 이중 모드 패킷 전송 방식의 성능을 분석한다. 우선 2 장에서는 본 논문에서 고려할 공용 채널, 전용 채널, 그리고 두 채널을 동시에 사용하는 이중 모드 패킷 전송 방식에 대해 설명한다. 그리고 3 장에서는 시뮬레이션 모델 및 결과를 설명하고 4 장에서 결론을 맺는다.

2. 패킷 전송 방식

2.1 공용 채널을 통한 패킷 전송

IMT-2000 시스템에서 공용 채널을 이용한 패킷 전송은 순방향의

경우 FACH (Forward Access Channel)를 사용하며 역방향의 경우 RACH (Random Access Channel)를 사용한다.

순방향 채널의 경우 기지국에서 패킷 전송을 완전히 제어할 수 있는 것으로 가정하고 본 논문에서는 역방향 채널만을 고려하였다. 단말은 전송할 L2-PDU 가 있을 경우 그림 1과 같이 PDU를 일정 크기로 분할하여 헤더와 CRC 를 추가하여 전송 데이터 블록을 만들게 된다. 헤더와 CRC 가 추가된 데이터 블록은 프리앰블 부분과 함께 랜덤 액세스 버스트를 구성하게 되며 프리앰블과 메시지 사이에 프리앰블 탐색을 위한 0.25ms 의 휴지 시간이 존재한다.

이렇게 구성된 랜덤 액세스 버스트는 RACH 를 통해서 전송되며, RACH 의 구조는 그림 2와 같다 [3]. 각 단말은 액세스 슬롯의 시간 옴셋 정보를 BCCH (Broadcast Control Channel)를 통해 얻게 되며, 각 액세스 슬롯은 1.25ms 단위로 시간 천이 되어 있다. 그러므로, 동시에 전송 가능한 최대 사용자 수는 프리앰블 수와 액세스 슬롯 수의 곱과 같다.

두 개 이상의 단말이 동일 프리앰블과 동일 액세스 슬롯을 통해 패킷을 전송하여 코드 충돌이 발생하거나 BLER (Block Error Rate)에 의해 오류가 발생할 경우 재전송 확률에 따라 재전송을 시도하며, 재전송 확률은 다음과 같이 exponential back-off 방식에 의해 결정된다 [5].

$$p(k+1) = \max\{p_{\min}, p(k) \cdot q\}, 0 < q < 1$$

2.2 전용 채널을 통한 패킷 전송

단말이 전용 채널을 통해서 패킷을 전송할 경우 채널을 목적으로 예약해서 전송함으로써 충돌이 발생하지 않으며 페루프 전력제어를 통해 보다 신뢰성 있는 패킷 전송이 가능하다. 그러나, 단말은 공용 채널과는 달리 패킷을 전송하기 전에 전용 채널 요청 패킷을 전송하여 전용 채널을 먼저 할당 받아야만 한다. 그러므로 매우 짧은 패킷을 전용 채널로 전송할 경우 채널 요청 패킷의 전송 과정에서 발생하는 지연으로 인해 성능 저하가 나타날 수 있다.

전용 채널 요청 패킷을 수신한 기지국은 가용 전용 채널이 존재할 경우 채널을 할당하며 그렇지 않은 경우 채널 요청을 버퍼링한 후 가용 채널이 생기면 채널을 할당한다.

전용 채널을 이용하여 패킷을 전송할 경우의 패킷 전송 지연은 전용 채널 요청 패킷을 전송한 후 채널을 할당 받을 때까지의 시간과 가용 전용 채널이 없을 경우 기지국에서의 채널 요청 패킷 버퍼링 시간에 의해 결정된다.

* 본 논문은 한국통신 '99 정보통신기초연구과제의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

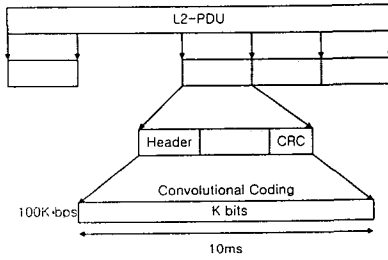


그림 1. L2-PDU 분할 과정

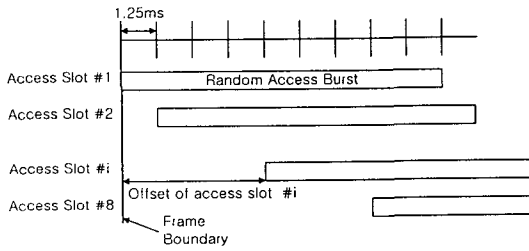


그림 2. RACH 액세스 슬롯의 구조

2.3 이중 모드 패킷 전송

RACH는 발생 빈도가 낮고 길이가 짧은 패킷 전송에 유리하며 DCH는 길이가 길고 발생 빈도가 높은 패킷 전송에 유리하다. 그러므로 패킷 길이와 발생 빈도에 따라 RACH와 DCH를 동적으로 사용할 경우 보다 높은 전송 효율을 보장한다.

본 논문에서는 CCH와 DCH 사이의 스위칭은 L2-PDU 크기에 따라 이루어지는 것으로 가정하였다. L2-PDU가 S [데이터 블록] 보다 작을 경우 DCH를 이용하여 그렇지 않을 경우는 CCH를 이용하여 패킷을 전송한다. 그리고, 일단 한번 연결 설정된 DCH는 전송할 L2-PDU가 존재하지 않더라도 일정 시간 (Channel_Hold_Time) 동안 채널을 해제하지 않고 유지함으로써 새로운 L2-PDU가 발생하였을 경우 별도의 채널 요청 과정 없이 신속하게 전송을 재시작할 수 있다.

3. 시뮬레이션 환경 및 결과

표 1은 시뮬레이션에서 사용되어진 파라미터들의 값을 나타낸다. 그림 3에서는 스위칭 문턱값과 Channel_Hold_Time에 대해서 지연 성능을 분석하였으며 성능 분석에 사용된 지연은 한 데이터 블록이 발생된 이후로 성공적으로 전송될 때까지 걸린 시간 [sec]을 나타낸다. 고려된 트래픽 형태는 표 2와 같다.

그림 3(a)는 평균 패킷 길이가 길면서 발생 빈도가 낮은 경우를 나타낸다. S 값이 낮을수록 DCH 사용자 수가 증가하게 되지만 채널 부하가 낮기 때문에 가용 DCH가 항상 존재하게 된다. 따라서 DCH 사용자들은 채널 요청 패킷을 전송한 후 채널 요청 패킷의 버퍼링 없이 DCH를 할당 받을 수 있으므로 패킷 전송 지연이 DCH 채널 할당 지연 시간인 0.1초와 거의 동일하다. 그러나 S가 지나치게 높을 경우 RACH 사용자 수가 증가하게 되고 이로 인해 잦은 코드 충돌과 BLER에 의한 오류로 인해 재전송 횟수가 증가하게 되므로 전송 지연이 증가하게 된다. 최적의 스위칭 문턱값은 DCH 요청과 할당 지연 시간, RACH에서의 ACK 지연, 채널 오류율, 그리고 채널 개수에 의해 영향을 받는다. 그러나 그림 3(a)에서는 채널 부하가 상당히 낮기 때문에 채널 개수에 의한 영향을 무시할 수 있다. 따라서 DCH 할당 지연 시간과 RACH에서의 ACK 지연 시간만을 고려하여 최적의 S를 아래 식에 의해 근사적으로 10으로 결정할 수 있다.

$$S_{opt} = \frac{\text{DCH를 요청한 후 할당받은 지연 시간}}{\text{RACH에서 ACK를 받는 지연 시간}}$$

이 경우 트래픽 발생 빈도가 상당히 낮기 때문에 (Channel_Hold_Time에 의한 영향이 거의 나타나지 않는다.

그림 3(b)는 (a)의 경우와 L2-PDU의 평균 크기가 같지만 발생 빈도가 높은 경우를 나타낸다. 다시 말해, 동일 크기의 L2-PDU의 발생 빈도가 보다 높은 경우를 나타낸다. 이 경우 S 값이 작아져서

표 1. 시뮬레이션 파라미터 값

Parameter	Value/Definition
Source Model	ON/OFF Model
Frame Duration	10ms
RACH timing offsets per frame	8
Number of DCHs	8
Number of RACH preambles	1
Acknowledgement Delay	10ms
DCH Assignment Delay	100ms
CCH ARQ Scheme	Stop and Wait
DCH ARQ Scheme	Selective repeat
Channel Error Model	BLER
Back-Off Scheme	Exponential Back-off
P_{min}	0.0625
q	0.5

표 2. 고려된 트래픽 형태

Traffic Type	Mean duration [data blocks]	
	ON	OFF
I	10	150
II	10	50
III	2	30
IV	2	10

표 3. 최적의 스위칭 문턱값 (S_{opt})

Traffic Type	최적의 스위칭 문턱값 (S_{opt})
I	10
II	10
III	10
IV	4

DCH 채널 사용자 수가 증가할 경우 가용 채널이 생길 때까지 기다리는 버퍼링 시간이 증가하여 지연이 증가하게 되며 이 경우 Channel_Hold_Time을 높게 설정할 경우 다른 단말의 버퍼링 시간이 더욱 증가해서 지연이 Channel_Hold_Time에 비례하여 증가한다. 그러나 S가 적절하게 설정되었을 경우 Channel_Hold_Time의 영향은 나타나지 않게 되며 S가 지나치게 높게 설정되었을 경우 RACH 채널에서의 코드 충돌의 증가로 지연이 약간 증가하게 된다.

그림 3(c)는 (a)와 채널 부하는 동일하지만 평균 패킷의 길이가 짧은 경우를 나타낸다. 즉, 평균 패킷 길이가 매우 짧기 때문에 DCH 보다는 RACH를 통한 패킷 전송이 유리하다. 그리고 S를 높게 설정하더라도 채널 부하가 낮기 때문에 RACH에서의 코드 충돌이 자주 발생하지 않으므로 지연이 크게 증가하지 않는다.

그림 3(d)는 (b)와 채널 부하는 동일하지만 작은 패킷이 자주 발생하는 경우를 나타내며 최적의 S는 4가 된다. 이 경우 발생 패킷의 평균 길이가 (c)의 경우와 동일하지만 최적의 S가 10이 아닌 4가 되는 것은 S가 10으로 설정될 경우 평균 패킷 길이가 짧기 때문에 거의 모든 패킷이 RACH로 전송을 시도하게 되지만 (c)와 달리 채널 부하가 높기 때문에 RACH에서 코드 충돌이 많이 발생하기 때문이다. 그러나 S를 10으로 설정했을 경우와 4로 설정했을 경우의 성능 차이는 크지 않다. 표 3은 각 트래픽 형태에 따른 최적의 스위칭 문턱값 (S_{opt})을 나타낸다.

4. 결론

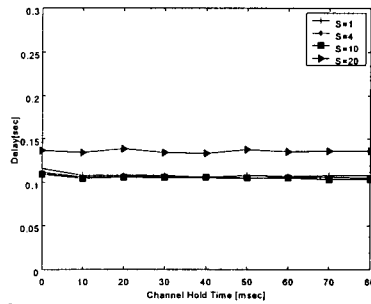
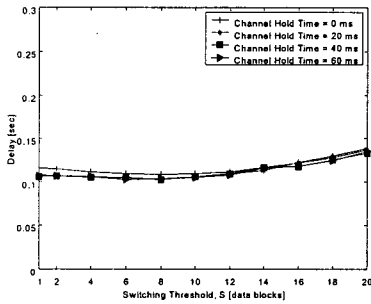
본 논문에서는 IMT-2000 시스템에서 고려하고 있는 이중 모드 패킷 전송 방식의 성능을 트래픽 환경을 변화 시키면서 S와 Channel_Hold_Time에 대해서 분석하였다. 최적의 S는 DCH 할당 지연 시간, RACH에서의 ACK 지연 시간, 채널 오류율, 평균 패킷 길이, 그리고 채널 개수 등을 고려하여 결정되어야 한다. 그러나 채널 개수가 부족하지 않은 정상 상태에서는 채널 개수에 의한 영향을 무시할 수 있다. 그러므로, 최적의 S를 간단하게 DCH 할당 지연 시간, RACH에서의 ACK 지연 시간만을 고려하여 근사적으로 결정할 수 있다. Channel_Hold_Time은 S를 적절하게 설정할 경우 성능에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

참고 문헌

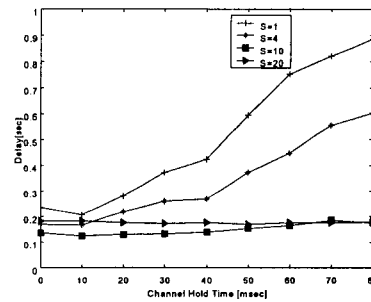
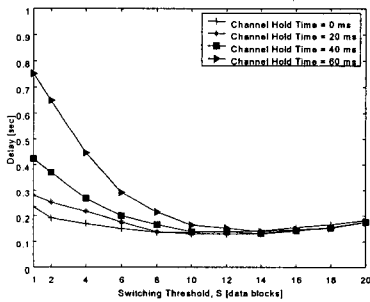
[1] R. Pichna and Q. Wang, "A Medium-Access Control Protocol for a Cellular Packet CDMA Carrying Multirate Traffic," *IEEE JSAC*, Vol. 14, No. 9, pp. 1728-1736, Dec. 1996.
 [2] H. OKADA, "CDMA Slotted ALOHA System with Finite Buffers," *IEICE Trans. Fundamentals*, Vol. E81-A, No. 7, pp. 1473-1478, July 1998.
 [3] The ETSI UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA), ITU-R RTT IMT-2000

Candidate Submission.

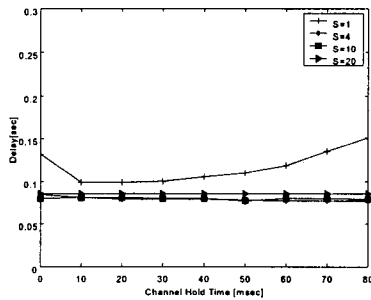
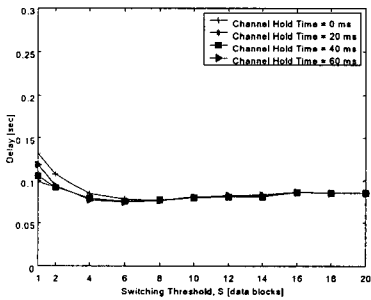
[4] Farooq Khan, Christiaan Roobol, "Performance of dual-mode Packet Access in DS-CDMA Systems", MMT'98.
 [5] D.G. Jeong and W.S. Jeon, "Performance of an exponential Back-off scheme for Slotted ALOHA Protocol in Local Wireless Environment", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol. 44, No. 3, pp. 470-479, Aug. 1995.



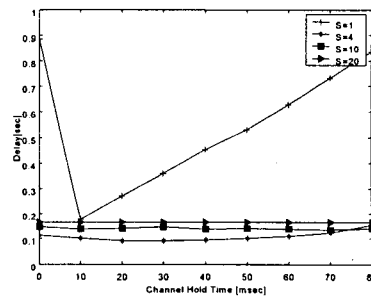
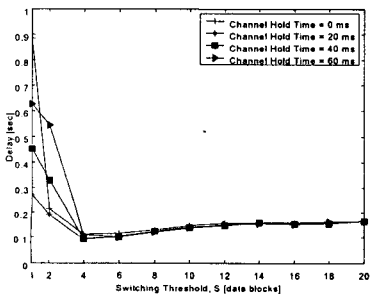
(a) Type I



(b) Type II



(c) Type III



(d) Type IV

그림 3. 트래픽 형태에 따른 지연