

CDMA 패킷 서비스 시스템에서 Common Channel Access 방법의 성능 평가

이강원^{*}

서울산업대학교 산업정보시스템공학과

Performance Evaluation of the Common Channel Access Method in CDMA Packet Service System

Kang-Won Lee

Department of Industrial and Information System Engineering, Seoul National University of Technology, Seoul, 139-743

In the IS-95 packet service system, the radio channels are generally classified into the dedicated and common traffic channels. In this paper, the performance of the common traffic channel access method is evaluated using simulation. The simulation results are compared with those of random access method. Simulation results show that the capacity can be increased up to 25% by applying the proposed common channel access method. The delay problem and variance of *BER* are also discussed.

Keywords: CDMA, packet service system, channel access control

1. 서론

차세대 이동통신 시스템의 중요한 속성 중 하나는 높은 품질의 음성과 가변 전송률의 데이터, 그리고 높은 해상도를 갖는 비디오 등을 포함한 다양한 종류의 서비스를 제공해야 한다는 것이다. 또한 이러한 서비스를 제공할 때 각각의 사용자들이 요구하는 품질(QoS)을 만족시켜야만 한다. 무선 채널의 자원은 한정되어 있으며 일반적으로 유선 채널보다는 작은 용량을 가지고 있다. 이러한 상황에서 통합된 멀티미디어 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 보다 정교한 MAC(Multiple Access Control) 기술이 꼭 필요하며, 이것은 가용한 시스템의 자원을 낭비 없고 효율적으로 사용하는 데 매우 중요하다.

최적의 MAC을 설계하는 데 어려운 점 중의 하나는 각각의 트래픽이 갖는 특성과 요구 서비스 품질 수준이 다르다는 것에 있다. 음성(voice)과 데이터(data)의 성질은 때때로 서로 상반되어지는 요구를 하게 된다. 예를 들어, 음성은 지연시간에 매우

민감하지만 요구되어지는 품질은 다소 낮아도 되는 반면에 데이터는 지연시간에는 둔감하지만 요구되어지는 품질 수준은 음성보다 상당히 높다. 이러한 성질은 시스템이 비디오(video) 서비스를 수용할 때 더욱더 심각하게 된다. 왜냐하면 비디오는 일반적으로 음성이나 데이터보다 더욱더 높은 전송 속도를 요구하며, 전송 데이터 양의 변화가 심한 특성을 갖고 있고 지연시간에 매우 민감하다. 이러한 트래픽 특성들을 모두 고려하여 MAC 프로토콜을 설계해야 하며, 이때 설계되어지는 프로토콜은 높은 spectrum 효율과 공평한 채널 이용을 보장해야만 한다. 그러나 이러한 모든 종류의 트래픽 요구를 완벽하게 만족시키는 MAC을 구축하기에는 상당한 어려움이 따르며, 단지 선택력 있는 방법을 찾을 수밖에 없다.

무선 자원의 효과적인 사용과 요구 QoS를 보장해 주면서 다양한 서비스를 수용할 수 있는 CDMA 방식의 여러 채널 액세스 프로토콜들이 제안되어 왔다. 참고문헌 (Wilson *et al*, 1993; Ganesh, 1994)에 제안된 패킷 CDMA에서는 랜덤 액세스 방식을

^{*}연락처 : 이강원 교수, 139-743 서울시 노원구 공릉동 172번지 서울산업대학교 산업공학과, Fax : 02-974-2849,

E-mail : kwlee@snut.ac.kr

2003년 4월 12일 접수, 1회 수정 후 2004년 5월 26일 게재 확정.

채택하고 있다. 동시에 채널을 점유하는 사용자 수로 표시된 간섭량(interference)은 매우 불규칙한 패턴을 나타내 주고 있으며, 따라서 간섭량의 분산이 매우 큼을 볼 수 있다.

참고문헌 (Brand and Aghvami, 1996)에서는 joint CDMA/PRMA 방식을 제시하고 있다. 이 방법에서는 간섭량의 분산이 줄어들도록 패킷의 채널 액세스를 제어한다. 이 목적을 위해서 채널 액세스 함수를 제안하고 있는데, 이 함수는 주어진 슬롯에서 예약 형태(reservation mode)에 있는 사용자의 수를 토대로 경쟁 형태(contention mode)에 있는 사용자를 위한 채널 액세스 허용 확률을 계산해 준다. 이 연구에서는 채널 액세스 함수를 구하기 위해 발견적 접근 방법(heuristic approach)을 사용하고 있는데 랜덤 데이터 트래픽의 경우 이 방법을 사용하여 채널 액세스 함수를 구하는 데 어려움이 있다.

한편 참고문헌 (Sampath, 1996)에서는 기지국(base station)이 데이터의 전송 허용 확률을 늘리거나 혹은 줄임으로써 데이터 트래픽의 전송을 제어하는 데 측정되는 음성 $QoS(E_b/N_0)$ 가 전송 허용 확률 결정을 위한 기준이 된다. 이 프로토콜은 데이터 사용자의 안정성(stability)을 유지하기 위해서 추가적인 제어 과정이 필요하다는 단점이 있다. 한편, 전송 허용 확률 값을 결정하는 방법에 따라 여러 가지 채널 액세스 접근 방법이 제안되어 왔다. 기본적으로 전송 허용 확률은 가용한 무선 자원의 수와 경쟁상태에 있는 단말의 수로부터 결정되어 지는데, 이들 단말의 수를 정확하게 예측하기 위해 여러 연구가 수행되어 왔다(Wang *et al.*, 1999; Mori *et al.*, 1998; Brand *et al.*, 1998; Yeh *et al.*, 1999; Kang *et al.*, 2003)

IS-95 패킷 서비스 시스템(IS-95)에서는 트래픽 채널을 dedicated 트래픽 채널과 common 트래픽 채널의 두 종류로 구분하고 있다. Dedicated 트래픽 채널은 음성과 데이터, 그리고 비디오 트래픽을 전송하는 데 사용되어 지는데, 활동기(activity period) 동안에만 사용자에게 할당되며 활동기가 끝난 후에는 즉시 해제된다. Common 트래픽 채널은 IS-95 시스템의 dormant 상태(state)의 burst 부분상태(substate)에서 mobile-IP 등록, notification 서비스, 위치 추적 서비스 등과 같은 짧은 bursty 데이터를 전송하는 데 사용된다. 이 common 채널은 액세스 경쟁(contention)을 통해 획득되어진다.

본 연구의 선행 연구인 참고문헌 (이강원, 2003)에서는 dedicated 트래픽 채널 사용자들의 요구 QoS를 보장해 주고 common 트래픽 채널의 이용 효율을 극대화하기 위해서 common 트래픽 채널 액세스 제어 방법을 제안하였다. 이 방법은 현재 프레임의 트래픽 부하로부터 다음 프레임의 총 트래픽 양을 예측하고 이를 토대로 다음 프레임의 채널 액세스 허용 확률을 최적화 기법을 통해 유도한다. 현 프레임 입력원들의 트래픽 특성을 토대로 다음 프레임 무선 채널의 총 트래픽 양을 바로 예측하기 때문에 경쟁상태에 있는 단말의 수를 예측하는 과정이 필요 없게 된다. 아울러 허용 확률이 최적화 과정을 통해 구해지기 때문에 채널 무선 자원 사용 효율을 극대화하면서 사용자의 요구 품질을 만족시킬 수 있다.

본 연구에서는 선행 연구인 (이강원, 2003)에서 제안한 방법으로 허용 확률을 구하고 이를 토대로 common 채널 액세스 제어 방법의 성능을 시뮬레이션을 통해 평가하고 이를 임의 액세스 제어 방식의 성능과 비교하였다. 각 프레임에서 트래픽 부하를 결정하기 위하여 패킷 서비스 시스템을 매 프레임별로 시뮬레이션했다. 시뮬레이션 언어는 ARENA를 이용하였다.

본 연구의 주된 목적은 제안된 채널 접근 제어 방법하에서 패킷 서비스 시스템의 common 및 dedicated 트래픽 채널 용량 증대 문제를 다루는 것이지만 이외에도 허용 확률을 이용한 채널 액세스 제어 기법 사용 시 발생하게 되는 전송 지연 문제, 허용 확률의 근사치를 이용했을 때 트래픽 채널 용량 변동 사항 등의 문제도 본 시뮬레이션에서 다루었다.

서론에 이어 2장에서는 CDMA 패킷 서비스 시스템에 대해 살펴보고 있다. 3장에서는 참고문헌 (이강원, 2003)에서 제안한 허용 확률 유도 모형에 대해 논하였다. 4장에서는 시뮬레이션 모델과 결과들을 다루었으며 5장에서는 패킷 전송 지연 문제와 허용 확률 근사치를 이용한 시뮬레이션 결과에 대해 논의하였다. 6장에서는 최종 결론을 구술하였다.

2. CDMA 패킷 서비스 시스템

2.1 IS-95 패킷 서비스 시스템

패킷 서비스의 MAC(Medium Access Control) 계층은 패킷 데이터 서비스를 사용하는 많은 수의 이동국을 지원하도록 설계되어야 한다. 전형적인 패킷 데이터 트래픽의 burstiness 속성과 비교적 긴 휴지 기간을 갖는 성질은 이동국의 요구에 의해 dedicated 채널을 할당하고 전송이 끝난 후에는 즉시 채널을 회수하는 시스템 설계를 요한다. 그러나 dedicated 채널들을 해제하고 다시 채널을 설정하는 문제는 데이터를 전송하기 전에 기지국과 이동국 사이에서 발생하게 되는 재협상(re-negotiation) 과정으로 인한 latency와 신호 overhead 문제를 야기시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 IS-95 패킷 서비스 시스템에서는 packet null, initialization, control hold, active, suspended, dormant와 reconnect state 등과 같은 몇 개의 패킷 서비스 상태들을 도입하였다(IS-95).

Dedicated 트래픽 채널들은 active 상태에 있는 음성, 랜덤 데이터, 비디오 등의 사용자들에게 할당되어진다. Dedicated 채널의 할당과 관련된 추가 부담을 줄이기 위하여 IS-95 시스템의 패킷 서비스는 dormant 상태에서 common 트래픽 채널을 사용하여 짧은 bursty 데이터 전송을 가능하게 한다. 예를 들어, Mobile-IP 등록이나 통지 서비스(notification service)(예를 들어, e-mail 통지 등), 위치 추적 서비스 등과 같이 송·수신되는 데이터 양이 적은 서비스들이 이 범주에 속한다. 이 common 트래픽 채널들은 경쟁(contention)을 통해 액세스되기 때문에 이 common 트래픽 채널은 여러 이동국(mobile station)들 사이에 공유된다.

2.2 트래픽 모델

2.2.1 Dedicated 채널 트래픽

- 음성 트래픽은 On-Off 프로세스를 따른다고 가정한다. 활동과 비활동 상태에 머무는 시간은 평균 v_{on} 과 v_{off} 를 따르는 지수분포라고 가정한다. 각 상태의 전송률은 $R_{v, on}$ 과 $R_{v, off}$ 로 표현되며, $N_{v, A}$ 와 $N_{v, I}$ 는 활동 기간과 비활동 기간의 음성 사용자의 수를 나타낸다($N_v = N_{v, A} + N_{v, I}$).
- 데이터 트래픽은 On-Off 프로세스를 따른다고 가정한다. On과 Off의 시간은 각각 평균 d_{on} 과 d_{off} 를 갖는 기하분포를 따른다고 가정한다. 활동 구간과 비활동 구간의 Data 사용자의 수는 $N_{d, A}$ 와 $N_{d, I}$ 로 나타내어진다($N_d = N_{d, A} + N_{d, I}$). R_d 는 active 상태에서 데이터 전송률을 나타낸다.
- 비디오 트래픽은 다음의 <그림 1>과 같이 전이율 λ_{ij} 를 갖는 4가지 상태의 Markov 프로세스를 따른다고 가정한다.

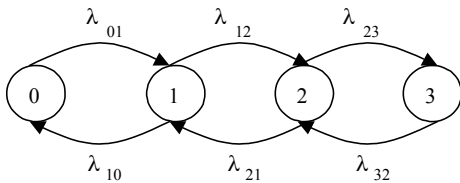


그림 1. 비디오 모델을 위한 Markov 모델.

$N_{vd, i}$ 은 상태 i 에 있는 비디오 사용자의 수를 나타낸다 ($N_{vd} = \sum_i N_{vd, i}$). 각 상태에서의 전송 속도는 $R_{vd, i}$ 로 주어진다.

2.2.2 Common 채널 트래픽

- 짧은 bursty 데이터 사용자의 수는 N_{bd} 로 주어진다. dormant/burst 상태에 있는 데이터는 R_{bd} 의 율로 한 frame 동안에 전송된다고 가정한다. dormant/idle 상태에 체류하는 시간은 평균 w_{off} 를 갖는 지수분포를 따른다고 가정한다. 한편 새롭게 common 트래픽 채널에 도착하는 사용자들의 수는 평균 $h_{bd}(= N_{bd} \times \text{프레임 길이} / W_{off})$ 를 갖는 포아송 프로세스로 근사화 될 수 있다.

CDMA 환경에서 확산 대역폭은 5.5296 Mbps로 가정하였다. 혼합된 멀티미디어 서비스에서 CDMA 시스템은 음성 트래픽이 요구하는 $BER = 10^{-3}$ 의 수준과 데이터, 비디오, 짧은 bursty 데이터들이 요구하는 $BER = 10^{-6}$ 의 수준을 보장해 주어야 한다. 이것은 E_b/N_0 값으로 7dB과 10dB에 상응되는 값이다. 프레임 크기는 20ms로 가정한다. 변조와 부호화 방법이 같은 종류의 서비스를 이용하는 모든 사용자들 간 서로 같다고 할 때

같은 종류의 서비스를 이용하는 모든 사용자들을 위한 기지국에서의 수신전력은 같다. 여기에서 i 형태의 서비스를 위한 수신전력은 P_i 로 나타낸다. 그러나 다른 전송률과 QoS를 갖는 사용자는 수신기지국에서 동일한 전력 수준을 갖지 않는다. 설명을 간단히 하기 위하여 서비스되는 모든 형태의 서비스들의 전송 속도를 활동 상태의 음성 전송 속도인 9.6 Kbps의 상수 배로 가정하였다. 각 서비스에서 요구하는 수신전력 수준은 전송률(R_i)과 QoS(E_b/N_{0i})에 비례한다고 할 때, 비디오 데이터의 수신전력 수준은 활동 상태에 있는 음성의 수신전력($P_{v, A}$) 값으로 환산하여 표현될 수 있다. 예로, 전송률(R_d)이 19.2 Kbps이고 요구하는 $BER = 10^{-6}$ 인 데이터 사용자들의 수신파워(P_d)는 $4 \cdot P_{v, A}$ 로 표현할 수 있으며, 전송률(P_{vd})이 76.8 Kbps이고 요구하는 $BER = 10^{-6}$ 인 비디오 사용자들의 수신파워(P_{vd})는 $16 \cdot P_{v, A}$ 로 표현할 수 있다.

2.3 채널 모델

SGA(Standard Gaussian Approximation)는 단일 셀 환경에서의 CDMA 채널 BER을 결정하는 데 가장 널리 사용되는 근사 방법이다. 다중 액세스 간섭은 Gaussian으로 가정하고 단순한 correlation receiver들을 사용할 때, BER 또는 bit error of 확률(Q_E)은 아래와 같이 구할 수 있다(Brand and Aghvami, 1996).

$$Q_E \approx Q(\overline{SNR}) \tag{1}$$

여기에서,

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-u^2/2} du$$

이고,

$$\overline{SNR} = \sqrt{\frac{P_i}{(3N)^{-1} \sum_{j \neq i}^K P_j} + \frac{N_0}{2T}}$$

이다.

- 여기에서, K : 동시 전송중인 사용자 수
- P : 수신전력 수준
- N : 확장계수
- $N_0/2$: additive white Gaussian 잡음의 two-sided spectral density
- T : 데이터 bit duration

만약, 여기에서 모든 종류의 트래픽을 전송중인 음성 트래픽으로 환원해서 나타낸다면, Q_E 는 K 의 함수로 표현될 수 있다.

3. 허용 확률을 이용한 채널 액세스 조정

Dedicated 트래픽 채널 사용자들의 요구 QoS를 보장해 주고 액세스 경쟁(contention)을 통해 획득되는 common 트래픽 채널 이용 효율을 극대화하기 위해서는 적절한 common 채널 제어 기법이 필요하다. 본 연구에서 제안하는 채널 액세스 제어 기법은 매 프레임마다 유도되는 다음 프레임의 common 트래픽 채널 액세스 허용 확률을 토대로 한다.

3.1 채널 액세스 허용 확률 계산 과정

먼저 dedicated 채널의 음성, 데이터, 비디오 사용자 수, 그리고 common 트래픽 채널의 짧은 bursty 데이터 사용자 수는 고정시킨다. 그리고 현 프레임의 활동 상태에 있는 dedicated 채널 사용자 수, 그리고 common 채널의 평균 사용자 수에 따라 다음 프레임의 common 채널 허용 확률을 계산해 나간다. 그 구체적인 과정은 다음과 같다.

- (1) 현 프레임(k)의 dedicated 채널에서 활동 상태에 있는 음성, 데이터, 그리고 각 비디오 상태의 사용자 수와 common 채널의 평균 사용자 수 파악
- (2) 위 (1)을 토대로 다음 프레임($k+1$)의 dedicated 채널에서 활동 상태에 있는 음성, 데이터, 그리고 각 비디오 상태의 사용자 수와 common 채널의 평균 사용자 수를 예측한 후 각각 활동중인 음성 트래픽 개수로 환산
- (3) 주어진 QoS(BER) 기준에 의거 비트 에러 확률(Q_E) 계산치와 (2)의 예측치를 토대로 다음 프레임($k+1$)의 common 채널 허용 확률 $PS(k+1)$ 유도
이때, 주어진 QoS 기준은 다음과 같이 2가지 형태로 주어질 수 있다.

- 평균 $BER \leq 10^{-3} *$
- $Pr(BER \geq 10^{-3} *) \leq 10^{-2}$

(* 모든 트래픽을 동량의 음성 트래픽으로 환산하였기 때문에 음성의 BER 요구 조건을 사용하였다.)

첫 번째 기준을 사용하여 유도한 확률은 PS_{av} , 그리고 두 번째 기준을 통해 유도한 확률은 PS_{pr} 로 나타났다.

위의 과정을 그림으로 나타내면 다음 <그림 2>와 같다.

3.2 허용 확률 유도 모델

($k+1$) 번째 프레임에서 common 채널 활용도를 극대화하기 위해서는 채널 사용자들의 QoS(BER) 요구 조건을 만족시켜주면서 $PS(k+1)$ 를 최대화시킬 필요가 있다.

3.2.1 PS_{av} 유도 모델

평균 $BER \leq 10^{-3}$ 의 QoS 요구 조건하에서 유도 모델은 다음과 같다.

$$\text{Maximize } PS_{av}(k+1) \tag{2}$$

$$\text{s. t. } (k+1) \text{ 번째 프레임의 평균 } BER \leq 10^{-3}$$

현 프레임 k 에서 dedicated 채널을 사용하는 활동중인 음성, 데이터, 비디오 사용자 수와 common 채널을 이용하는 평균 사용자 수가 주어졌다고 가정하자. 그리고, N_1 과 N_2 를 각각 ($k+1$) 번째 프레임에서 dedicated와 common 트래픽 채널에 존재하는 동량의 음성 트래픽으로 환산된 트래픽 양 변수라 하자. 이때 ($k+1$) 번째 프레임에서 평균 BER, $ABER(k+1)$ 은 다음과 같이 구해진다.

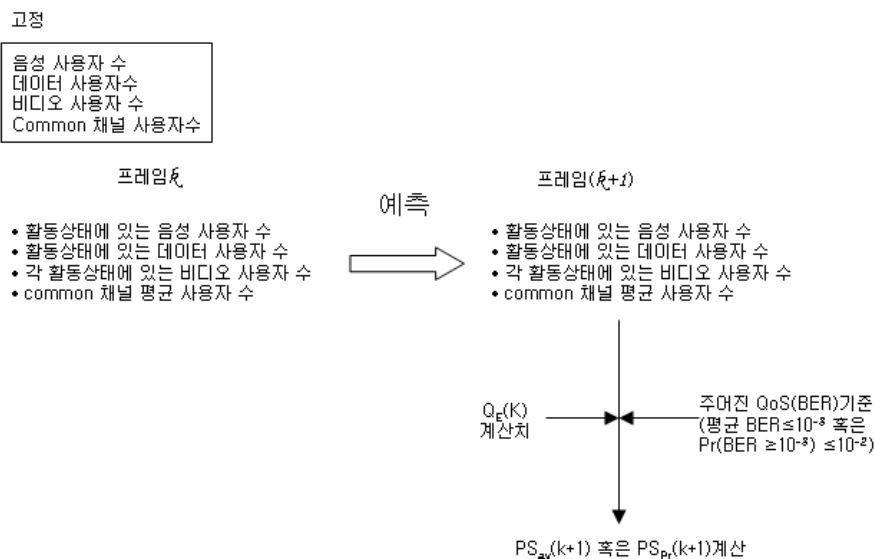


그림 2. 채널 액세스 허용 확률 계산 과정.

$$ABER(k+1) = \sum_{n_1} \sum_{n_2} Q_E(n_1 + n_2) \cdot Pr[N_1 = n_1] \cdot Pr[N_2 = n_2] \quad (3)$$

위 식에서 $Pr[N_1 = n_1]$ 과 $Pr[N_2 = n_2]$ 의 구체적인 유도 과정은 참고문헌 (이강원, 2003)에 기술되어 있으며 궁극적으로 $ABER(k+1)$ 은 $PS(k+1)$ 의 함수로 표현될 수 있다.

3.2.2 PS_{pr} 유도 모델

K^* 를 $Q_E(K^*)=10^{-3}$ 을 만족하는 값이라고 하자(실제로 K^* 는 160의 값을 갖는다).

그러면, $Pr[BER \geq 10^{-3}] \leq 10^{-2}$ 의 QoS 요구 조건 기준하에서 허용 확률은 다음과 같이 유도된다.

$$\text{Maximize } PS_{pr}(k+1) \quad (4)$$

$$\text{s.t. } (k+1)\text{번째 프레임의 트래픽이 } K^* \text{를 초과할 확률} \leq 10^{-2}$$

위 식에서 제약 조건은 $Pr[N_1 + N_2 \geq K^*] \leq 10^{-2}$ 로 나타낼 수 있다. 이제 $(k+1)$ 번째 프레임에서 common 트래픽 채널에 n_{12} 의 트래픽이 존재할 확률은 다음과 같다.

$$Pr[N_1 + N_2 = n_{12}] = \sum_{n=0}^{n_{12}} Pr[N_1 = n] \cdot Pr[N_2 = n_{12} - n] \quad (5)$$

4. 시뮬레이션 모델

본 장에서는 3장에서 제안된 방법으로 구한 허용 확률을 이용하여 common 채널 액세스 제어 방법의 성능을 시뮬레이션을 통해 평가하였다. 제안된 채널 액세스 제어 방법 이용 시 시스템 용량을 랜덤 액세스 방법하에서의 시스템 용량과 비교 평가하였다. 랜덤 액세스 방법하에서는 common 트래픽 채널 사용자가 전송할 패킷을 갖고 있으며 dedicated 채널의 트래픽 부하와 무관하게 언제든지 전송할 수 있다.

4.1 시뮬레이션 모델

4.1.1 평균 BER과 $Pr[BER \geq 10^{-3}]$ 의 유도

위 식 (2)와 (4)를 통해 수치적으로 구해진 허용 확률을 토대로 각 프레임에서 트래픽 부하를 결정하기 위하여 패킷 서비스 시스템이 매 프레임별로 시뮬레이션된다. 랜덤 액세스 방법은 허용 확률을 1의 값으로 하여 시뮬레이션한다. 프레임의 트래픽 부하 분포(traffic load distribution)는 시뮬레이션을 통해 트래픽 부하의 상대적 돛수(relative frequency)로부터 구해질 수

있다. 이제, 평균 BER과 $Pr[BER \geq 10^{-3}]$ 은 Q_E 값과 시뮬레이션을 통해 구축한 트래픽 부하 분포를 사용하여 구할 수 있다. 본 연구의 시뮬레이션은 ARENA 시뮬레이션 언어(Keton et al., 2001)를 이용하였다.

4.1.2 지연시간과 BER의 분산

본 연구에서 제안한 common 채널 액세스 방법하에서 패킷을 전송하기 위해서는 허용 확률을 매개 변수로 갖는 Bernoulli 실험을 수행해야 한다. Bernoulli 실험 결과에 따라 현 프레임에서 패킷 전송이 허락되거나 아니면 다음 프레임에서 재차 Bernoulli 실험을 수행해야 한다. 따라서 common 채널 사용자들은 단말에서 어느 정도 전송지연을 감수해야만 한다. 본 시뮬레이션에서는 이 지연시간을 관찰하였다.

한편 랜덤 액세스 방법에서 common 트래픽 채널 사용자는 dedicated 트래픽 채널의 트래픽 부하와 무관하게 패킷을 전송한다. 따라서 매우 변동이 심한 간섭 형태(interference pattern)가 나타날 수밖에 없으며, 이는 결국 큰 분산을 갖는 BER로 귀결된다. 한편, 본 연구에서 제안한 허용 확률을 이용한 제어 방법은 평균 $BER = 10^{-3}$ 혹은 $Pr[BER \geq 10^{-3}] \leq 10^{-2}$ 이 만족되도록 각 프레임에서 dedicated 채널의 트래픽 양을 고려하여 채널 액세스 여부를 결정하기 때문에 비교적 변동이 작은 간섭 형태가 나타난다. 따라서 같은 조건의 트래픽 부하하에서는 제안된 제어 방법의 BER 분산이 작아지게 된다. BER의 분산은 본 연구의 시뮬레이션을 통해 구축된 트래픽 부하 분포로부터 직접 계산될 수 있다.

4.1.3 성능 측도(performance measure)

가장 주된 성능 측도는 QoS 요구 조건을 만족시키면서 dedicated와 common 트래픽 채널을 통해 패킷을 전송할 수 있는 최대 동시 사용자 수일 것이다. 본 시뮬레이션에서는 본 연구에서 제안한 방법과 랜덤 액세스 방법하에서 dedicated 채널 사용자의 수가 주어졌을 때 시스템이 수용할 수 있는 최대 common 채널 사용자 수의 평균(혹은 common 채널 사용자 수의 평균이 주어졌을 때 시스템이 수용할 수 있는 최대 dedicated 채널 사용자의 수)을 구하고 이를 비교 평가하였다. 평균 BER 기준 조건에서는 평균 $BER = 10^{-3}$ 을 만족시키는 최대 채널 사용자의 수를 산출할 수 있도록 시뮬레이션 결과를 '평균 BER 대 동시 사용 가능한 채널 이용자의 수'로 출력하였다.

한편, $Pr[BER \geq 10^{-3}] \leq 10^{-2}$ 기준 조건하에서는 이 조건을 만족시키는 최대 채널 사용자의 수를 산출할 수 있도록 시뮬레이션 결과를 ' $Pr[BER \geq 10^{-3}]$ 대 동시 사용 가능한 채널 사용자의 수'로 출력하였다.

4.2 시스템 파라미터

본 연구에 사용되는 트래픽 파라미터는 <표 1>과 같다.

표 1. 트래픽 파라미터

파라미터	값
전송률 (kbps)	$R_{v,on} = 9.6$ $R_{v,off} = 1.2$ $R_d = 38.4$ $R_{vd,1} = 76.8$ $R_{vd,2} = 153.6$ $R_{vd,3} = 230.4$ $R_{bd} = 4.8$
트래픽 특성 파라미터	$V_{on} = 1sec$ $V_{off} = 1.35sec$ $d_{on} = 4sec$ $d_{off} = 36sec$ $w_{off} = 1sec$ $\lambda_{01} = 2.7/sec$ $\lambda_{10} = 0.9/sec$ $\lambda_{12} = 4.4/sec$ $\lambda_{21} = 1.2/sec$ $\lambda_{23} = 0.68/sec$ $\lambda_{32} = 1.5/sec$

한편, 각 서비스 사용자의 수 (N_v, N_d, N_{vd} 그리고 N_{bd})는 여러 가지 시뮬레이션 경우에 따라 서로 다른 값들을 사용하였다. 이 값들은 각 시뮬레이션 결과에 따로 명기하였다.

4.3 허용 확률

N_v, N_d, N_{vd} 그리고 N_{bd} 가 주어졌을 때 $PS_{av}(k+1)$ 혹은 $PS_{Pr}(k+1)$ 은 식 (2)와 (4)로부터 유도된다. 이 계산은 C로 작성된 프로그램을 이용하여 $0 \leq N_{v,A} \leq N_v, 0 \leq N_{d,A} \leq N_d, 0 \leq N_{vd,i} \leq N_{vd} (i = 0 \sim 3) (\sum_{i=0}^3 N_{vd,i} = N_{vd})$ 그리고 $0 \leq h_{bd} \leq N_{bd} \cdot \frac{1}{50 \cdot w_{off}}$ 의 모든 조합에 대해 수치적으로 구하였다. 실제적으로, 허용 확률의 수치적 유도는 상당한 양의 계산 과정을 요한다. 미리 구축된 허용 확률 DB를 이용한 방법이 실제적인 적용을 위해 필요해 보인다. 본 연구의 5장에서는 근사 접근 방법에 대해 논하였다.

4.4 시뮬레이션 결과

사용된 QoS 요구 조건이 평균 $BER = 10^{-3}$ 인 경우는 결

과 1에, $Pr[BER \geq 10^{-3}] \leq 10^{-2}$ 인 경우는 결과 2에 각각 정리하였다.

4.4.1 결과 1

채널 허용 확률 PS_{av} 를 사용하여 다음 2가지 경우의 시뮬레이션을 수행하였다.

- (1) Case 1 : Dedicated 채널 사용자들의 수 (N_v, N_d, N_{vd})가 주어졌을 때 매 프레임마다 common 트래픽 채널에 새롭게 도착하는 사용자들의 평균 개수 (h_{bd})를 변화시켜나가면서 제안된 채널 액세스 방법과 랜덤 액세스 방법하에서 평균 BER 관측

다음 <표 2>는 시뮬레이션 결과를 요약 정리한 것이다. \overline{PS}_{av} 는 근사적으로 유도한 허용 확률을 나타내며, 이의 논의는 5장에서 행하였다. Dedicated 트래픽 채널 사용자들의 주어진 부하를 나타내기 위해 3개의 서로 다른 데이터들을 사용하였다. 다음 <표 2>는 dedicated 채널의 트래픽 부하가 주어졌을 때 제안된 액세스 방법과 랜덤 액세스 방법하에서 수용 가능한 h_{bd} 의 최대치를 보여준다. 이 값들은 시뮬레이션 출력치인 ' h_{bd} 대 평균 BER'로부터 직접 구해진다.

<표 2>에 나와 있는 용량 증대는 총 트래픽을 동량의 활동 상태 음성 사용자 트래픽으로 환산함으로써 구할 수 있다. 음성 사용자는 평균 1초 동안 활동 상태에 있으며 9.8kbps 속도로 패킷을 전송한다. 비활동 상태에는 평균 1.35초 동안 머무르는 데 이때는 1.2kbps의 전송 속도를 갖는다. 그러므로 한 명의 음성 사용자는 0.4973명의 활동 상태 음성 사용자에 해당된다 ($(1 + 1.35 \times 0.125) / 2.35 = 0.4973$). 데이터 사용자는 평균 4초 동안 활동 상태에 있고 평균 36초 동안은 비활동 상태에 있는데, 활동 기간 동안에 38.4kbps 속도로 패킷을 전송한다. 앞에서 언급했듯이 데이터 트래픽의 BER 요구 조건을 만족시키기 위해서

표 2. 주어진 dedicated 트래픽 부하하에서 매 프레임마다 common 트래픽 채널에 새롭게 도착하는 사용자들의 평균(h_{bd})

주어진 dedicated 채널 트래픽 부하	h_{bd}			용량 증대
	제안된 접근 제어 방법		임의 접근 제어	
	PS_{av}	\overline{PS}_{av}		
$(N_v = 120, N_d = 51, \text{ 그리고 } N_{vd} = 1)$	26	25	21	3.3%
	0.1040977052* 42.9295**	0.1094709369* 36.583**	0.1468052317* 0.01**	
$(N_v = 100, N_d = 10, \text{ 그리고 } N_{vd} = 1)$	69	68	67	1.3%
	0.1061656246* 8.9698**	0.1065782098* 7.1762**	0.1270150182* 0.01**	
$(N_v = 90, N_d = 80, \text{ 그리고 } N_{vd} = 1)$	16	16	12	2.6%
	0.1294185260* 8.06815**	0.1277298624* 8.8547**	0.2013370204* 0.01**	

* BER의 분산($\times 10^{-5}$), ** 지연(sec)

는 데이터 트래픽의 수신전력은 음성 트래픽 수신전력의 2배가 되어야 한다. 따라서 한 명의 데이터 사용자는 0.8명의 활동 상태 음성 사용자에게 해당된다($(1/10 \times (38.4/9.6) \times 2) = 0.8$). 비디오 트래픽이 활동 상태 0, 1, 2, 그리고 3에 있을 확률은 각각 0.05, 0.15, 0.55, 그리고 0.25이다. 그리고 비디오 트래픽의 수신전력은 BER 요구 조건 10^{-6} 을 만족시키기 위하여 음성 트래픽 수신전력의 2배가 되어야 한다. 따라서 한 명의 비디오 사용자는 32명의 활동 상태 음성 사용자에게 해당된다($(0.15 \times \frac{76.8}{9.6} + 0.55 \times \frac{153.6}{9.6} + 0.25 \times \frac{230.4}{9.6}) \times 2 = 32$). 한편 짧은 bursty 데이터 사용자 한 명은 한 명의 활동 상태 음성 사용자에게 해당된다 ($4.8/9.6 \times 2 = 1$). 이제 <표 2>의 제안된 접근 제어 방법하에서 $N_v = 120, N_d = 51, N_{vd} = 1$ 그리고 $h_{bd} = 26$ 의 트래픽 양을 활동 상태 음성 사용자 수로 환산하면 158.48 ($120 \times 0.4973 + 51 \times 0.8 + 1 \times 32 + 26 \times 1 = 158.48$)이다. 임의 접근 제어 방법하에서 $N_v = 120, N_d = 51, N_{vd} = 1$ 그리고 $h_{bd} = 21$ 의 트래픽 양을 활동 상태 음성 사용자 수로 환산하면 153.48이다. 그러므로 제안된 방법은 약 3.3%의 용량 증대 결과를 나타낸다.

(2) Case 2 : h_{bd} 와 N_d, N_{vd} 가 주어졌을 때 dedicated 채널의 음성 사용자들 개수(N_v)를 변화시켜 나가면서 제안된 채널 액세스 방법과 랜덤 액세스 방법하에서 평균 BER 관측

N_v, N_d , 그리고 h_{bd} 를 위해서 서로 다른 3개의 데이터를 사용하였다. N_v, N_d, h_{bd} 의 트래픽 부하가 주어졌을 때 각 채널 액세스 방법하에서 수용 가능한 최대 음성 사용자 수를 구하여 이를 <표 3>에 정리하였다. 이 수치들은 시뮬레이션 출력치인 ‘음성 사용자들의 수 대 평균 BER’로부터 직접 구해진다.

위의 Case 1과 2 시뮬레이션 결과들로부터 다음 사항들을 관측할 수 있었다.

- 본 연구에서 제안한 채널 접근 제어 방법은 평균 BER 기준 하에서 랜덤 액세스 방법에 비해 높은 용량 증대를 보여주지 못한다. 그 주된 이유는 $K^*(Q_E(K^*) = 10^{-3})$ 주위에 $Q_E(K)$ 값의 변화가 너무 미미하여 트래픽 부하를 K^* 정도로 유지하고자 시도하는 제안된 접근 제어 방법의 효과가 적절하게 나타날 수 없었다.
- <표 2>의 경우 common 트래픽 채널 용량 증대는 dedicated 트래픽 채널의 주어진 트래픽 부하에 따라 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 즉, 좀더 높은 dedicated 채널의 트래픽 부하하에서 제안된 접근 제어 방법이 상대적으로 높은 common 채널 용량 증대를 보여준다. 이유는 주어진 dedicated 트래픽 부하가 K^* 에 근접할 때 (즉 PS_{av} 값이 1 이하의 값을 갖을 수 있을 때) common 트래픽 채널의 접근 제어 필요성이 대두되고 제안된 접근 제어 방법의 효력이 발생하게 된다.
- 제안된 접근 제어 방법 이용 시 트래픽 부하가 임의 액세스 방법에 비해 높음에도 불구하고 BER 분산은 낮게 나타난다. 이것은 앞서 설명한 대로 각 프레임에서 트래픽 부하에 기초하여 채널 액세스 조정 방법을 적용한 결과이다.
- 앞서 언급했듯이 제안된 접근 제어 방법에서는 전송 지연 문제가 발생했다. 본 연구의 common 채널을 이용하는 짧은 bursty 데이터는 전송 지연에 둔감(delay insensitive)하다고 가정하였다. 만약 이 지연시간에 제한 조건을 가한다면 제안된 접근 제어 방법하에서 용량 증대는 다소 줄어들게 될 것이다 (이 문제는 5장에서 구체적으로 다시 다루었다).

4.4.2 결과 2

채널 허용 확률 PS_{pr} 을 사용하여 다음의 2가지 경우에 시뮬레이션을 수행하였다.

(1) Case 1 : dedicated 채널 사용자들의 수(N_v, N_d, N_{vd})가 주어졌을 때 매 프레임마다 common 트래픽 채널에 새롭게

표 3. N_d, N_{vd} , 그리고 h_{bd} 의 주어진 트래픽 부하하에서 최대 음성 사용자 수

주어진 트래픽 부하	음성 사용자들의 최대 수			용량 증대
	제안된 접근 제어 방법		임의 접근 제어	
	PS_{av}	$\overline{PS_{av}}$		
$(N_d = 51, N_{vd} = 1, \text{ 그리고 } h_{bd} = 20)$	132 0.1135606278* 16.13**	131 0.1131877525* 14.93875**	123 0.1491457137* 0.01**	2.9%
$(N_d = 10, N_{vd} = 1, \text{ 그리고 } h_{bd} = 69)$	101 0.1070639945* 9.25555**	100 0.1066713010* 8.1762**	96 0.1288851542* 0.01**	1.6%
$(N_d = 80, N_{vd} = 1, \text{ 그리고 } h_{bd} = 17)$	89 0.1259014061* 9.558**	89 0.1278030982* 9.0526**	81 0.1674153454* 0.01**	2.6%

* BER의 분산($\times 10^{-5}$), ** 지연(sec)

도착하는 사용자들의 평균 개수 (h_{bd})를 변화시켜 나가면서 제안된 채널 액세스 방법과 랜덤 액세스 방법하에서 $Pr(BER \geq 10^{-3})$ 관측

된 채널 액세스 방법과 랜덤 액세스 방법하에서 $Pr(BER \geq 10^{-3})$ 관측

다음 <표 4>에 결과를 요약 정리 하였다. \overline{PS}_{av} 은 근사적으로 유도한 허용 확률을 나타내며, 이의 논의는 5장에서 행하였다. Dedicated 트래픽 채널 사용자들의 주어진 부하로 3개의 서로 다른 데이터들을 사용하였다. 다음 <표 4>는 dedicated 채널의 트래픽 부하가 주어졌을 때 제안된 액세스 방법과 랜덤 액세스 방법하에서 수용 가능한 h_{bd} 의 최대치를 보여준다. 이 값들은 시뮬레이션 출력치인 ' h_{bd} 대 $Pr(BER \geq 10^{-3})$ '으로부터 직접 구해진다.

N_v, N_d , 그리고 h_{bd} 를 위해서 서로 다른 3개의 데이터를 사용하였다. N_v, N_d, h_{bd} 의 트래픽 부하가 주어졌을 때 각 채널 액세스 방법하에서 수용 가능한 최대 음성 사용자 수를 구하여 이를 <표 5>에 정리하였다. 이 수치들은 시뮬레이션 출력치인 '음성 사용자들의 수 대 $Pr(BER \geq 10^{-3})$ '으로부터 직접 구해진다.

(2) Case 2 : h_{bd} 와 N_d, N_{vd} 가 주어졌을 때 dedicated 트래픽 채널 음성 사용자들의 개수 (N_v)를 변화시켜 나가면서 제안

위의 두 시뮬레이션 결과로부터 다음 사항들을 관측할 수 있었다.

- 제안된 채널 액세스 접근 방법은 $Pr(BER \geq 10^{-3}) \leq 10^{-2}$ QoS 조건 하에서 높은 용량 증대를 보여준다. 평균 BER은 $Q_E(K)$ 값을 사용하여 구해지는 데 비해 $Pr(BER \geq 10^{-3})$

표 4. 주어진 Dedicated 채널 트래픽 부하하에서 매 프레임마다 common 트래픽 채널에 새롭게 도착하는 사용자들의 평균(h_{bd})

주어진 dedicated 채널 트래픽 부하	h_{bd}			용량 증대
	제안된 접근 제어 방법		임의 접근 제어	
	PS_{av}	\overline{PS}_{av}		
$(N_v = 60, N_d = 20, \text{ 그리고 } N_{vd} = 1)$	57 0.0222722054* 1.005505*	57 0.0234097770* 1.17671**	40 0.0095122400* 0.01**	14.4%
$(N_v = 70, N_d = 30, \text{ 그리고 } N_{vd} = 1)$	49 0.0269928180* 9.6008**	48 0.0271823136* 9.46215**	23 0.0080875458* 0.01**	22.8%
$(N_v = 80, N_d = 40, \text{ 그리고 } N_{vd} = 1)$	34 0.0259002753* 7.9015**	34 0.0260040987* 7.9395**	6 0.0074803328* 0.01**	25.5%

* BER의 분산($\times 10^{-5}$), ** 지연(sec)

표 5. N_d, N_{vd} , 그리고 h_{bd} 의 주어진 트래픽 부하하에서 최대 음성 사용자 수

주어진 트래픽 부하	음성 사용자의 최대 수			용량 증대
	제안된 접근 제어 방법		임의 접근 제어	
	PS_{av}	\overline{PS}_{av}		
$(N_d = 20, N_{vd} = 1, \text{ 그리고 } h_{bd} = 57)$	60 0.0224934405* 1.122395*	60 0.0234097770* 1.17671**	23 0.0088985926* 0.01**	15.5%
$(N_d = 30, N_{vd} = 1, \text{ 그리고 } h_{bd} = 46)$	76 0.0267149690* 12.7955**	76 0.0278201563* 14.7615**	23 0.0080987440* 0.01**	22.8%
$(N_d = 40, N_{vd} = 1, \text{ 그리고 } h_{bd} = 34)$	80 0.0259002753* 7.9015**	79 0.0257757121* 7.3191**	24 0.0070129533* 0.01**	24.9%

* BER의 분산($\times 10^{-5}$), ** 지연(sec)

은 트래픽 부하가 $K^*(Q_E(K^*) = 10^{-3})$, $K^* = 160$ 을 초과하는 프레임들의 비율로부터 구해진다. 이는 평균 BER = 10^{-3} 보다 더 엄격한 요구 조건이기 때문에 평균 BER QoS 조건에 비해 채널 액세스 제어 방법의 효과가 잘 나타나게 된다.

- <표 4>에서 볼 수 있듯이 common 트래픽 채널 용량 증대는 dedicated 트래픽 채널의 트래픽 부하에 따라 달라진다. 4.4.1의 결과 1에서와 마찬가지로 제안된 채널 액세스 제어 방법은 높은 dedicated 채널 트래픽 부하하에서 더 높은 common 채널 용량 증대를 보여준다.
- 제안된 접근 제어 방법하에서 BER 분산이 임의의 접근 제어 방법하에서 보다 높게 나타나고 있다. 이는 제안된 방법이 임의의 접근 제어 방법보다 많은 트래픽(common 채널 평균 사용자 수의 경우 최대 5배 이상, 음성 사용자의 경우 최대 3배 이상)을 수용하기 때문이다. 물론 동량의 트래픽 부하 조건 하에서라면 제안된 제어 방법의 BER 분산이 훨씬 낮게 나타날 것이다.
- 앞서서도 설명했듯이 제안된 접근 제어 방법에서 전송 지연 문제가 발생한다.

5. 토의

본 장에서는 복잡한 계산 과정을 거쳐 수치적으로 계산한 허용 확률 대신 근사치를 이용한 시뮬레이션 결과에 대해 살펴보았다. 아울러 단말에서의 패킷 전송 지연 문제도 다루었다.

5.1 근사식을 이용한 허용 확률

참고문헌 (이강원, 2003)에서는 수치적으로 유도된 허용 확률 계산 결과를 토대로 PS_{av} 와 PS_{pr} 계산을 위한 근사식을 제안하였다.

5.1.1 \overline{PS}_{av} 를 이용한 시뮬레이션 결과

PS_{av} 는 한 프레임 내에 총 운송 트래픽이 $K^*(Q_E(K^*) = 10^{-3})$ 가 되도록 결정된다는 사실을 발견하여 $k + 1$ 번째 프레임의 허용 확률 PS_{av} 의 근사치 \overline{PS}_{av} 를 k 번째 프레임에서 아래와 같이 결정하였다.

$$\overline{PS}_{av}(k+1) = \min \left[\frac{K^* - ((k+1)\text{번째 프레임의 dedicated 채널 트래픽 양})}{h_{bd}(k+1)}, 1 \right]$$

$$\approx \min \left[\frac{K^* - ((k)\text{번째 프레임의 dedicated 채널 트래픽 양})}{h_{bd}(k+1)}, 1 \right]$$

위 식에서 $h_{bd}(k+1)$ 은 다음 식으로부터 구해진다.

$$h_{bd}(k+1) = h_{bd}(k)(1 - PS(k)) + h_{bd}, h_{bd}(1) = h_{bd}$$

만약 K^* 가 k 번째 프레임에서 dedicated 채널 트래픽보다 작으면 $\overline{PS}_{av}(k+1)$ 은 0이 된다. 참고문헌 (이강원, 2003)에서는 여러 가지 경우에 PS_{av} 와 \overline{PS}_{av} 가 매우 유사함을 보여주고 있다. \overline{PS}_{av} 를 이용한 시뮬레이션 결과는 <표 2>와 <표 3>에 나와 있다. \overline{PS}_{av} 를 사용했을 경우 시뮬레이션 결과치는 PS_{av} 와 임의의 접근 제어 방법 사용 시 결과치들 사이에 존재함을 예측할 수 있다. 실제로는 PS_{av} 를 사용했을 때와 \overline{PS}_{av} 를 사용했을 때 시뮬레이션 결과 차이는 거의 없음을 알 수 있다. 그 이유는 \overline{PS}_{av} 의 값이 PS_{av} 값과 차이가 거의 없음을 기인한다.

5.1.2 \overline{PS}_{pr} 을 이용한 시뮬레이션 결과

참고문헌 (이강원, 2003)에서는 수치적으로 구해진 PS_{pr} 결과로부터 한 프레임 내에 총 운송 트래픽 양, K 는 활동중인 비디오 트래픽의 상태에 따라 변한다는 사실을 발견할 수 있었다. 예로 $N_v = 100$, $N_d = 35$, $N_{vd} = 1$, 그리고 $h_{bd} = 20$ 이 주어졌을 때 한 프레임 내의 총 운송 트래픽은 $K = 139 \sim 148$ 이 되도록 유지되며 현재 k 번째 프레임에서 $PS_{pr}(k+1)$ 은 비디오 트래픽 상태에 따라 다음과 같이 근사화 될 수 있다.

$$PS_{pr}(k+1) \approx \frac{K^* - (k\text{번째 프레임의 dedicated 채널 트래픽 양})}{h_{bd}(k+1)}$$

$$\text{여기서, } K^* = \begin{cases} 139, & \text{for } N_{vd,0}(k) = 1 \\ 140, & \text{for } N_{vd,1}(k) = 1 \\ 145, & \text{for } N_{vd,2}(k) = 1 \\ 148, & \text{for } N_{vd,3}(k) = 1 \end{cases}$$

참고문헌 (이강원, 2003)에서는 PS_{pr} 과 \overline{PS}_{pr} 이 비교적 잘 일치함을 보여준다. \overline{PS}_{pr} 을 이용한 시뮬레이션 결과는 <표 4>와 <표 5>에 나와 있다. \overline{PS}_{pr} 사용 시 시뮬레이션 결과치는 PS_{pr} 과 임의의 접근 제어 이용 시 결과치들 사이에 존재함을 예측할 수 있다. \overline{PS}_{pr} 의 경우와 마찬가지로 \overline{PS}_{pr} 의 경우에도 시뮬레이션 결과에 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 그 이유는 앞의 PS_{av} 경우와 마찬가지로 \overline{PS}_{pr} 과 PS_{pr} 사이에 차이가 거의 없음을 기인한다.

5.2 패킷 전송 지연시간

본 연구에서 제안한 채널 액세스 제어 방법은 채널의 트래픽 부하에 따라 허용 확률을 결정하고 이를 토대로 패킷 전송 여

부를 결정하기 때문에 단말에서 패킷 전송지연이 발생할 수밖에 없다. 앞 장의 시뮬레이션 결과치들은 패킷 전송 지연시간에 아무런 제한도 가지지 않았다. Common 채널을 이용하는 짧은 bursty 데이터의 단말에서 전송 지연시간 상한치를 5sec로 정하면 제안된 접근 제어 방법하에서 시스템 용량은 다소 줄어들 수밖에 없을 것이다. 다음 <표 6>은 시뮬레이션 결과를 보여준다.

PS_{av} 를 이용하는 접근 제어 방법에서는 전송 지연시간 상한치를 5sec로 했을 경우 실제로 시스템 용량 감소가 발생하여 임의 접근 제어 방식하에서 시스템 용량과 차이가 없게 됨을 알 수 있다(<표 6, a>). PS_{pr} 을 이용한 접근 제어 방법에서는 오직 약간의 용량 감소만 발생하여 임의 접근 제어 방법과는 여전히 큰 차이를 보여주고 있다(<표 6, b>).

6. 결론 및 추후 연구

본 연구에서는 패킷 서비스 시스템에서 dedicated 트래픽 채널 사용자들의 요구 QoS 를 보장해 주고 common 트래픽 채널 이용 효율을 극대화하기 위한 common 채널 액세스 제어 기법의 성능을 시뮬레이션을 통해 평가하였다. 본 연구의 결과를 요약 정리하면 다음과 같다.

- 기존의 임의 액세스 방법에 비해서 본 연구에서 제안한 액세스 제어 방법이 시스템 용량을 증대시키는 것으로 나타났다.
- 요구 성능 기준으로 평균 $BER = 10^{-3}$ 을 사용할 경우 시스템 용량 증대는 최대 3% 정도에 머무르고 있다. 근본 이유

는 $Q_E(K)$ 의 값이 K^* ($Q_E(K^*) = 10^{-3}$) 부근에서 변화가 매우 작아 채널 액세스 제어 효과가 잘 나타나지 않기 때문이다.

- 요구 성능 기준으로 $Pr(BER \geq 10^{-3}) \leq 10^{-2}$ 을 사용할 경우 시스템 용량 증대는 최대 25% 정도에 이른다. 이 경우는 트래픽 부하가 K^* ($Q_E(K^*) = 10^{-3}$)를 넘는 프레임 개수의 비율이 0.01 이하가 되어야 하는, 보다 엄격한 요구 조건이기 때문에 채널 액세스 제어 효과가 비교적 잘 나타나게 된다.
- 본 연구에서 제안한 채널 액세스 제어 방법은 허용 확률 PS에 그 기초를 두고 있다. 그런데 PS의 계산 과정이 몹시 복잡하기 때문에 실제 환경에서 real time 사용을 위해서는 DB 등의 구축이 선행되어야만 할 것이다.
- 근사적 접근 방법을 이용해 구한 PS 값을 이용해 시뮬레이션을 행하였다. 시뮬레이션 결과는 수치적으로 혹은 근사적으로 유도한 PS를 사용하는 경우 모두 거의 같게 나타났다. 따라서 실제 환경에서 근사적 방법의 사용은 별 무리가 없으리라 생각된다.
- 본 연구에서는 패킷 서비스 시스템의 common 트래픽 채널 액세스 제어 방법에 대해서만 논하였다. 다음 연구 과제로는 dedicated 트래픽 채널의 효율적인 할당 문제가 될 것이다. 패킷 서비스의 각 상태에 트래픽 분포 상태와 각 서비스들의 요구 QoS를 토대로 하여 dedicated 트래픽 채널의 효율적인 할당은 common 트래픽 채널의 최적 제어 방법과 더불어 패킷 서비스 시스템의 최적 채널 운영을 보장해 줄 것이다.

표 6. 전송 지연시간 상한을 5sec 이내로 했을 경우 common 트래픽 채널 사용자 최대 평균치

(a) PS_{av} 이용 시

(N_v, N_d, N_{vd})	제안된 방법		임의 접근 제어
	PS_{av}	\overline{PS}_{av}	
(120, 51, 1)	21(26)	21(25)	21
(100, 10, 1)	67(69)	67(68)	67
(90, 80, 1)	13(16)	13(16)	12

() 전송 지연시간 상한치에 제한이 없을 경우

(b) PS_{av} 이용 시

(N_v, N_d, N_{vd})	제안된 방법		임의 접근 제어
	PS_{av}	\overline{PS}_{av}	
(60, 20, 1)	57(57)	57(57)	40
(70, 30, 1)	46(49)	46(48)	23
(80, 40, 1)	32(34)	32(34)	6

() 전송 지연시간 상한치에 제한이 없을 경우

참고문헌

- 이강원 (2003), CDMA 패킷 서비스 시스템에서 채널 액세스 제어기법 연구, 한국경영과학회지, 28(3), 169-184.
- Wilson, N. D., Ganesh, R., Joseph, K., and Raychaudhuri, D. (1993), Packet CDMA versus Dynamic TDMA for Multiple Access in an Integrated Voice/Data PCN, *IEEE JSAC*, 11(6), 870-884.
- Ganesh, R. (1994) *et. al.*, Performance of Cellular Packet CDMA in an Integrated Voice/Data Network, *Int. J. Wireless Inform. Networks*, 1(3), 199-221.
- Brand, A. E. and Aghvami, A. H. (1996), Performance of a Joint CDMA/PRMA Protocol for Mixed Voice/Data Transmission for Third Generation Mobile Communication, *IEEE JSAC*, 14(9), 1698-1707.
- Sampath, A. (1996) *et. al.*, Analysis of an Access Control Mechanism for Data Traffic in an Integrated Voice/Data Wireless CDMA System, *Proc. of IEEE '96*, 1715-1719.
- Wang, L., Wu, J., and Aghvami, A. H. (1999), Performance of CDMA/PRMA Protocol with Adaptive Permission Probability Control in Packet Radio Network, *IEEE 49th Vehicular Technology Conference*, 3, 2044-2048.
- Mori, K. and Ogura, K. (1998), An Adaptive Permission Probability Control Method for Integrated Voice/Data CDMA Packet Communications, *IEICE Trans. Fundamentals*, Vol. E81-A, 7, 1339-1348.
- Brand, A. E. and Aghvami, A. H. (1998), Multidimensional PRMA with Prioritized Bayesian Broadcast - A MAC Strategy for Multiservice Traffic over UMTS, *IEEE Trans. Veh. Technology*, 47(4), 1148-1161.
- Yeh, S. C., Wu, J. S., and Liang, Y. C. (1999), Dynamic Accommodation of The Permission Probability over The Joint Voice/Data Frome Reservation Multiple Access, *Computer Communications*, 22, 1260-1265.
- Kang, S. Y., Kook, K. H., and Lee, K. W. (2003), An Adaptive Channel Access Control Method for CDMA/PRMA, *IEICE Trans. Commun. E86-B(1)*, 1-15.
- IS-95 3G System Description Draft
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., and Sadowski, D. A. (2001), *Simulation with Arena*, 2nd ed., McGraw-Hill.



이강원

서울대학교 산업공학 학사

서울대학교 산업공학 석사

미국 캔사스 주립대학교 박사

현재: 서울산업대학교 산업정보시스템공학과 교수

관심분야: 통신시스템 성능 및 신뢰도 분석