

## CDMA시스템에서 멀티미디어 서비스 제공을 위한 액세스 제어 방법

최승식, 고종석  
KT 서비스 개발연구소

### Access Control Scheme for supporting Mobile Multimedia Service in CDMA Systems

Seung Sik Choi, Jong-Seog Koh  
KT Service Development Lab.

**Abstract** - 본 논문에서는 광대역 CDMA망에서 음성, 비디오, 데이터와 같은 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 다양한 서비스 특성에 적합한 액세스 제어 방법을 제안한다. 즉 서비스별로 다른 Eb/No 값을 이용함으로써 서비스의 BER을 조절하고 음성과 비디오의 전송률이 시간에 따라 변하는 특성을 이용하여 데이터의 전송률을 제어하는 방법을 제안하였다. 또한 각 방법에 대한 시뮬레이션과 분석을 수행하였다. 성능 분석결과 제안된 액세스 방법을 사용할 경우 데이터에 대한 지연을 통해 전체적인 outage 발생확률을 감소시킬 수 있었다.

#### 1. 서론

통신시장의 발전에 따라 사용자들은 점차로 다양한 멀티미디어 정보를 포함하는 통신 서비스를 원하고 있다. 또한 시간과 장소에 관계없이 원하는 서비스를 제공받기 원하며, 이동 환경에서도 고정 단말을 이용하는 경우와 동일한 서비스를 제공받기를 원하고 있다. 따라서 기존의 음성위주의 이동 통신 서비스와는 달리, 향후 사용자들의 요구사항을 만족시키기 위해서는 이동통신 네트워크에서 다양한 멀티미디어 서비스를 제공해야 한다.

다양한 전송률, 트래픽 특성, QOS 요구사항 등을 갖는 멀티미디어 트래픽을 전송하기 위하여 충분한 대역폭을 제공하는 유선 네트워크와는 달리, 이동통신 시스템에서는 사용할 수 있는 주파수 자원이 제한되어 있기 때문에 유선망에 비하여 훨씬 낮은 대역폭을 제공할 수 밖에 없다. 따라서, 향후 무선 채널을 통하여 보다 많은 사용자들에게 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 현재의 macro 셀보다 훨씬 소형화된 micro 셀 또는 pico 셀을 적용함으로써 주파수 이용 효율을 극대화하여야 하며, 또한 한정된 자원을 이용하여 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 서비스의 QOS에 적합한 자원관리 방안이 필요하다.

현재까지 무선 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 서비스별 QOS를 만족시켜줄 수 있는 여러가지 자원관리 방안이 연구되고 있다.

첫번째 방법은 기존의 스케줄링 방법을 통한 자원관리 방안으로써 기존의 컴퓨터 망이나 ATM망에서 사용되던 방법을 수정하여 무선망에서 적용하는 방법으로써 고전적인 자원관리 방안이라고 할 수 있다. 무선망에서 이러한 스케줄링 방법은 크게 역방향 링크에 대한 스케줄링과 순방향 링크에 대한 스케줄링으로 구분할 수 있다. 특히 무선망에서는 기존 유선망과는 달리 각 단말의

버퍼의 상태를 알 수 없기 때문에 역방향 링크에 대한 스케줄링 방법에 대한 연구가 많이 진행되고 있는 상태이다[3][4][5].

두번째 방법으로는 음성/비디오/데이터가 포함되어 있는 환경하에서 액세스 제어를 통해 서비스 별 QOS를 만족시켜줄 수 있도록 전체 자원의 사용을 제어하는 방법으로 통합된 CDMA 환경하에서의 서비스별 자원관리 방안이라고 할 수 있다. 이 방법은 스케줄링 방법을 적용할 때 발생하는 복잡한 알고리즘과 많은 계산량등의 단점을 극복할 수 있으며 간단하게 적용할 수 있다는 장점 때문에 많은 연구가 진행되고 있다[6][7].

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 액세스 제어를 분석하는데 필요한 기본적인 트래픽 모델링 방법에 대해 기술한다. 3장에서는 CDMA 환경하에서 기존의 액세스 제어 방법을 확장하여 음성/비디오/데이터를 통합하여 제공할 수 있는 자원관리 방안을 제안하고 성능분석을 수행하였으며 4장에서는 시뮬레이션을 수행하여 얻은 결과와 분석결과를 비교하였으며 마지막으로 5장에서는 결론을 기술하였다.

#### 2. 트래픽 모델

본 논문에서 제안하는 방식에 대한 성능 분석을 위해서 필요한 기본적인 음성 및 비디오 트래픽 모델링을 기술한다. 음성은 기본적으로 ON-OFF트래픽을 사용하며 비디오 트래픽은 32개의 ON-OFF트래픽이 중첩된 형태의 트래픽 소스를 이용한다.

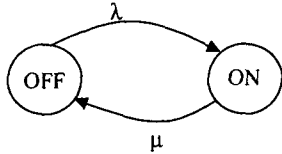
##### 2.1. 음성 모델

활성화 상태에 있는 음성 단말기는 bit/sec로 데이터를 전송하고 비 활성화 상태에 있는 음성 단말기는 데이터를 전송하지 않는 것으로 모델링한다. 이 때 일반적인 ON/OFF를 적용한다. OFF 상태에서 ON상태로 천이하는 비율을 라고 하고 ON 상태에서 OFF 상태로 천이하는 비율을 라고 하면 음성 모델은 그림1과 같이 2 상태의 Markov 모델로 표현할 수 있다.

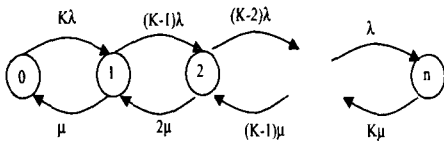
(그림1)에서의 음성 신호원의 모델링을 이용하여 K개의 음성 단말이 ON-OFF로 모델링 되었을 경우 ON상태에 있는 단말의 수를 상태로 하여 CTMC(Continuous Time Markov Chain)을 구성하면 그림2와 같다. 그림2을 생성-소멸 다항식을 이용하여 ON상태에 있는 음성

단말기의 수가  $k$ 일 확률은 수식 (1)로 표현할 수 있다.

$$\Pi_v(k) = \frac{\left(\frac{K_v}{k}\right)(\lambda/\mu)^k}{\sum_{j=0}^{K_v} \left(\frac{K_v}{j}\right)(\lambda/\mu)^j} \quad \text{---(1)}$$



(그림 1) 음성 신호원의 모델링



(그림 2) ON상태의 단말의 수를 상태로 한 CTMC

### 2.2. 비디오 모델

비디오 트래픽에 대한 모델은 현재까지 여러 가지 방법이 제안되고 있는데 여기에서는 여러 개의 ON-OFF 모델이 중첩된 모델을 사용한다[1].

음성모델에서 설명한 OFF 상태에서 ON상태로 천이하는 비율 와 ON 상태에서 OFF 상태로 천이하는 비율을 기반으로 N개의 ON-OFF가 겹쳐서 발생하는 과정을 모델링하면 비디오 트래픽은 N개의 ON-OFF 소스원으로 모델링 되고 N개의 ON-OFF 소스원 중에서 ON상태에 있는 정보원의 수의 확률은 (그림2)와 같이 일반적인 CTMC의 해와 동일하게 구할 수 있다.

### 2.3. 데이터 모델

데이터 트래픽의 경우에는 일반적으로 포아송 혹은 ON-OFF 소스를 이용하여 모델링하나 본 연구에서는 데이터 트래픽의 제어에 따른 성능의 변화의 고찰을 용이하게 하기 위해 일정하게 전송되는 데이터 트래픽을 가정한다. 또한 전력제어는 완벽하게 수행된다고 가정하고 성능을 평가하였다.

## 3. 액세스 제어방법

액세스 제어 기술은 음성, 비디오, 데이터를 통합하여 제공하는 효율적인 방안이다. 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽이 혼재되어 있는 멀티미디어 상황에서 전체적인 성능을 증가시키기 위해서는 음성, 혹은 비디오와 같이 지연에 민감한 서비스는 우선 순위를 두어서 지연범위 내에서 처리할 수 있도록 처리하고 데이터와 같이 어느 정도의 처리 지연이 허용되는 서비스에는 지연을 두고

처리할 수 있도록 액세스를 제어한다. 특히 CDMA에서는 사용자의 SIR정보를 이용하여 액세스를 제어하는 방법에 대한 연구가 진행되었는데 이러한 방법은 CDMA 시스템이 다른 TDMA나 FDMA와는 달리 사용 전력이 한계가 있는 시스템이라는 것을 고려하면 적절한 방법으로 생각된다.

지금까지의 연구에서는 음성과 데이터를 통합하기 위한 CDMA 시스템의 액세스 제어 방법에 대한 연구[6]가 진행되었는데 주된 아이디어는 음성 트래픽에 대한 부하가 큰 상태일 때에는 데이터의 액세스 제어 확률을 낮추고 음성 트래픽의 부하가 작은 경우에는 반대로 데이터의 액세스 확률을 높여서 데이터의 전송을 제어하는 방법이다. 일반적으로 사용자의 음성 트래픽이 on-off 모델링 되는 것을 고려하면 이러한 방법은 전체적인 데이터의 throughput을 높이고 음성 혹은 데이터의 전송 손실확률을 낮출 수 있는 방법이다.

본 연구에서 제안하는 방법은 이러한 방법을 확장하여 음성/비디오와 데이터 트래픽이 혼재되어 있는 상황에서 전체적인 throughput을 증가시키기 위해 데이터에 대한 액세스 제어를 수행한다. 또한 이러한 액세스 제어를 위한 기준으로서 서비스 별로 필요로 하는  $E_b/N_0$  값을 기준으로 한다.  $E_b/N_0$  값은 CDMA의 성능을 결정하는 중요한 파라미터로서 이 값에 의해 채널의 BER 이 결정된다. 따라서 멀티미디어 서비스인 경우에는 서비스 별로 요구되는 손실률과 지연이 서로 상이하므로  $E_b/N_0$ 를 서비스별로 달리 설정함으로써 서비스별 QoS 제어가 가능하다.

일반적으로 변복조 방식으로 QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying)을 사용하였을 경우 AWGN 환경에서  $E_b/N_0$ 와 Bit Error Probability 사이의 관계는 수식 (2)에 의해 결정된다는 것이 알려져 있다[12].

$$P_b = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) \quad \text{---(2)}$$

여기에서  $Q(u) \approx e^{-u^2/2} / (\sqrt{2\pi}u)$ ,  $u \gg 1$

결국 멀티미디어 서비스의 중요한 성능 요소인 지연 과 손실은 데이터에 대한 액세스 제어방법을 통해 지연을 제어하는 것이 가능하고 서비스에 필요한  $E_b/N_0$ 값을 서비스 별로 일정하게 유지하도록 전체 전력을 제어함으로써 서비스별로 필요한 QoS를 만족시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

CDMA 시스템은 궁극적으로 interference limited된 시스템이며 사용자의 전력을 제어하는 것이 필요하다. 하나의 셀을 가진 CDMA시스템을 고려할 경우에  $j$ 번째 단말의 전력을  $P_j$ , 나머지 단말이  $j$ 에 미치는 간섭을  $N_j$ , 시스템의 대역폭을  $W$ ,  $j$ 번째 단말의 전송률과 요구되는 최소  $E_b/N_0$ 를 각각,  $(E_b/N_0)_j$ 이라고 하면 전체 사용자에 할당된 전체 전력  $S(n)$ 은 수식 (3)을 만족시켜야 한다[10].

$$S(n) = \sum_{j=0}^{n_i} \frac{1}{1 + \frac{W}{r_j(E_b/N_o)_j}} \quad \text{-----(3)}$$

이 수식이 의미하는 것은 각 사용자의 전송률과 서비스가 결정되면 수식 (3)에 의해 정의되는 전체 사용자의 전력의 합이 1보다 작도록 제어되어야 한다는 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 수식을 만족하지 못하였을 경우에는 전체 사용자의 SIR을 보장할 수 없고 에러가 발생하며 1보다 작을 경우에는 사용자의 QOS를 만족시켜 줄 수 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 수식을 기반으로 음성, 데이터, 비디오를 동시에 수용하는 시스템을 구축한다고 가정하고 음성, 비디오, 데이터 서비스에 요구되는 Eb/No를 각각, 서비스에 따른 전송률을 각각, 단말기의 수를 각각  $V(n)$ ,  $I(n)$ ,  $D(n)$ 으로 정의하면 (3) 식은 다음과 같이 바꿀 수 있다.

$$S(n) = \frac{V(n)}{a_v} + \frac{I(n)}{a_i} + \frac{D(n)}{a_d} \quad \text{-----(4)}$$

여기에서

$$a_v = 1 + \frac{W}{r_v(E_b/N_o)_v} \quad a_i = 1 + \frac{W}{r_i(E_b/N_o)_i}$$

$$a_d = 1 + \frac{W}{r_d(E_b/N_o)_d}$$

본 논문에서는 수식 (4)을 기반으로 하여 액세스 제어를 수행했을 경우와 액세스 제어를 수행하지 않을 경우에 각 방법에서의 액세스 확률, throughput과 delay등을 비교 검토한다.

### 3.1. 액세스 제어가 없을 때

첫번째 성능을 측정할 수 있는 척도로서는 전체 전력이 1을 초과할 확률, 즉 outage 확률을 정의할 수 있다. 데이터 단말의 수를 로 고정시켰을 때 제어를 수행하지 않을 경우 outage 확률은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{out} = \lim_{n \rightarrow \infty} P(S(n) \geq 1)$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} P\left(\frac{V(n)}{a_v} + \frac{I(n)}{a_i} + \frac{K_D}{a_d} \geq 1\right)$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=0}^1 P\left(V(n) \geq a_v \left(1 - \frac{I(n)}{a_i} - \frac{K_D}{a_d}\right)\right) \quad \text{-----(5)}$$

따라서 데이터의 전송률이 제어를 수행하지 않아서 일정하다고 가정하면 한 슬롯당 하나의 패킷을 전송할 경우에 전송되는 데이터 단말의 수가  $K_D$ 인 경우에 슬롯당 데이터 손실률은  $D(n)$ 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D(n) = \begin{cases} K_D & S(n) < 1 \\ 0 & S(n) \geq 1 \end{cases} \quad \text{-----(6)}$$

따라서 슬롯당 전송되는 패킷의 수  $G$ 는

$$G = \lim_{n \rightarrow \infty} E[D(n)] = K_D \lim_{n \rightarrow \infty} P(S(n) < 1) = K_D(1 - P_{out}) \quad \text{-----(7)}$$

결국 사용자당 throughput은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{G}{K_D} = (1 - P_{out}) \quad \text{-----(8)}$$

### 3.2. 액세스 제어를 적용할 경우

액세스 제어를 수행할 경우에는 음성과 비디오에 대한 off구간 혹은 비 활성화 구간에서 데이터의 전송률을 높이고 on구간 혹은 활성화 구간에서는 데이터의 전송 확률을 낮추어서 전체적인 성능을 개선시키는 방법으로 데이터에 의해 outage가 발생하지 않을 확률 요구 사항을  $a$ 라고 할때 이 규격을 만족시키기 위해 전송하여야 할 데이터의 전송확률을  $p$  라고 하면 이 요구사항을 만족시키기 위한  $(n+1)$ 번째 슬롯에서의 데이터의 전송확률  $p$  는 다음과 같은 수식에 의해 구할 수 있다.

$$p(n+1) = \max_p \arg \left\{ P\left[\frac{V(n)}{a_v} + \frac{I(n)}{a_i} + \frac{D(n)}{a_d} < 1\right] = a \right\}$$

$$= \max_p \arg \left\{ P\left[D(n) < a_d \left(1 - \frac{V(n)}{a_v} - \frac{I(n)}{a_i}\right)\right] = a \right\}$$

$$= \max_p \arg \left\{ \sum_{j=0}^{a_d(1 - V(n)/a_v - I(n)/a_i)} \binom{K_j}{j} P^j (1-P)^{K-j} = a \right\} \quad \text{-----(9)}$$

여기에서  $K$ 는 데이터 단말의 수이다. 액세스 제어를 수행할 경우에 outage가 발생할 확률은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{out} = \lim_{n \rightarrow \infty} P(S(n) \geq 1)$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} P\left(\frac{V(n)}{a_v} + \frac{I(n)}{a_i} + \frac{D(n)}{a_d} \geq 1\right)$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} P\left\{D(n) < a_d \left(1 - \frac{V(n)}{a_v} - \frac{I(n)}{a_i}\right)\right\}$$

$$V(n) = v, I(n) = i \} P(I(n) = i | V(n) = v) P(V(n) = v)$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{v=0}^{K_v} \sum_{i=0}^{K_i} \sum_{d=a_d(1 - V(n)/a_v - I(n)/a_i)}^{K_d} \binom{K_d}{d} P^d (1-P)^{K-d} P(I(n) = i) P(V(n) = v) \quad \text{-----(10)}$$

한편, 데이터에 대한 액세스 확률이  $0 < p < 1$  인 경우에 음성, 비디오, 데이터에 대한 집합을  $C_1$ 이라고 하

고  $p > 1$ ,  $p < 0$  인 경우를  $C_3$  라고 하고 데이터에 대한 블록킹 확률을  $P_B$  라고 하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_B = \sum_{i \in C_1} \sum_{v \in C_1} (1-P) \pi(i) \pi(v) + \sum_{v \in C_3} \sum_{i \in C_3} \pi(i) \pi(v) \quad \text{-----(11)}$$

따라서 데이터에 대한 평균 액세스 지연시간은(슬롯당)  $D_A$ 은 다음과 같다.

$$D_A = \frac{1}{1-P_B} - 1 = \frac{P}{1-P_B} \quad \text{-----(12)}$$

결국 데이터 단말의 전체 throughput,  $G$ 는 데이터의 액세스 확률을 이용하여 다음 수식과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} G &= \lim_{n \rightarrow \infty} E[D(n)] \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} dP[S(n) < 1] \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{u=0}^{K_v} \sum_{v=0}^{K_r} \sum_{w=0}^{a_d(1-V(n)/a_r - I(n)/a_i)} a_d(1-V(n)/a_r - I(n)/a_i) \\ &dP[V(n) = v, I(n) = i, D(n) = \dots] \quad \text{---(13)} \end{aligned}$$

수식 (13)에서  $d$ 는 전송되는 데이터 패킷의 수로서 throughput은 데이터 패킷의 수와 outage가 발생하지 않을 확률을 곱한 값이다. 따라서 조건부 확률을 이용하고 확률  $p$ 를 데이터 단말에 전송했을 경우에 단말이 액세스 할 확률은 이항분포로 표현되므로 최종적으로 (14)을 얻는다.

$$G = \sum_{u=0}^{K_v} \sum_{v=0}^{K_r} \sum_{w=0}^{a_d(1-V(n)/a_r - I(n)/a_i)} a_d(1-V(n)/a_r - I(n)/a_i) \binom{K_d}{d} P^d (1-P)^{K_d-d} P(D(n) = d) P(I(n) = i) P(V(n) = \dots) \quad \text{-----(14)}$$

#### 4. 액세스 제어 방법의 성능 평가

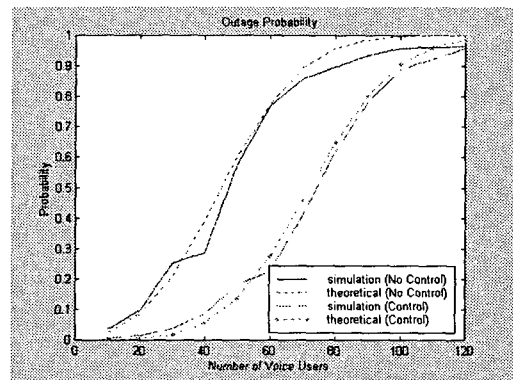
액세스 제어 방법은 CDMA의 특성을 잘 반영하고 패킷의 지연 특성과 손실률을 제어함으로써 전체적인 성능을 증가시킬 수 있는 방법이다. 본 논문에서는 사용자의 QoS를 데이터의 액세스 제어와 서비스 별로 설정된 Eb/No를 통해 만족시킬 수 있도록 제어한다.

시뮬레이션을 수행하기 위한 기본 파라미터는 <표1>과 같다. <표1>에서와 같이 서비스별로 Eb/No를 달리 하기 위해 음성/비디오는 6 dB를 사용하고 데이터의 경우에는 손실 요구사항을 만족시키기 위해 7 dB로 설정하였다.

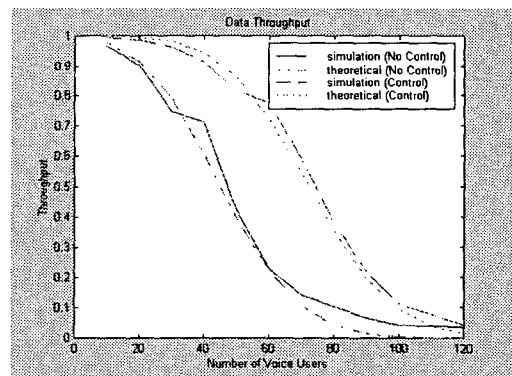
시뮬레이션은 outage가 발생하지 않을 요구조건이 99% 인 경우에 대하여 수행하였다. 여기에서 outage가 발생하지 않을 요구조건은 데이터의 액세스 제어를 outage가 발생할 확률이 1% 미만인 되도록 제어한다는 것을 의미한다.

표 2 액세스 제어방법의 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
Bandwidth	32MHz
Voice rates	64Kbps
Video rates	64Kbps - 2Mbps
Data rates	64Kbps
Average ON time	1.0 sec
Average OFF time	1.35 sec
Slot size	0.005 sec
voice/video Eb/No	6 dB
data Eb/No	7 dB
# of voice terminal	15-120
# of video terminal	7
# of data terminal	10
Simulation time	100 sec



(그림 3) 음성단말의 증가에 따른 시스템의 outage 확률(데이터의 permission 확률= 99%)

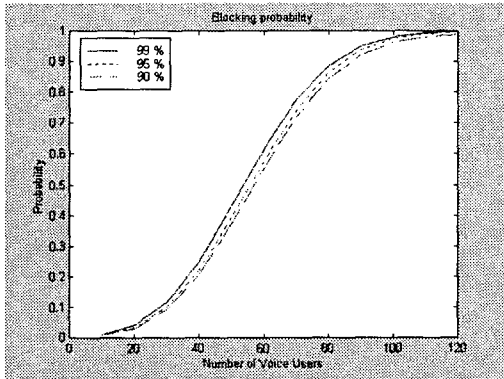


(그림 4) 음성단말의 증가에 따른 데이터의 throughput(데이터의 permission 확률 = 99%)

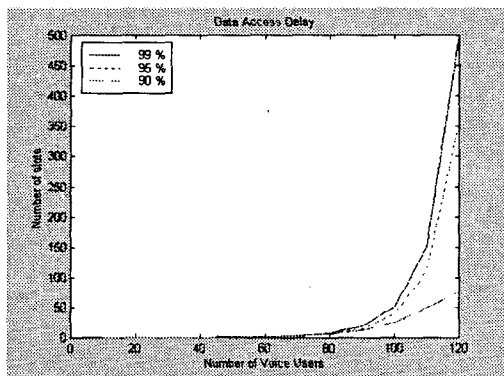
(그림 3)와 (그림 4)은 액세스 제어를 수행할 경우와 액세스 제어를 수행하지 않을 경우의 outage 확률과 데이터에 대한 throughput을 표시하고 있다. 각 결과는 비디오 단말의 수와 데이터 단말의 수를 각각 7과 10으로 고정시키고 음성단말의 수를 점차적으로 증가시키면서 얻은 결과이다. 이 결과를 3장에서 이론적으로 분석한 결과와 비교하였다. 시뮬레이션에 의한 outage 확률과 수학적인 모델링 및 분석에 의해 얻은 결과가 상당히 근접하며 수학적인 모델링 및 분석이 정확하다는 것을

알 수 있다.

(그림 5)과 (그림 6)은 각 데이터의 permission 확률이 변할 때 데이터에 대한 블록킹 확률과 지연 시간을 표시하고 있다. 데이터의 permission 확률이 증가함에 따라 데이터의 액세스 확률이 증가하므로 블록킹 확률과 지연시간이 증가하는 것을 알 수 있다.



(그림 5) 음성단말의 수에 따른 데이터의 Blocking 확률



(그림 6) 음성단말의 수에 따른 데이터의 지연

### 5. 결론

지금까지 무선 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 필요한 액세스 제어 방안에 대하여 기술하였다. 제안한 방법은 음성, 비디오, 데이터가 통합된 환경하에서 서비스 별 QOS를 만족시키기 위해 기존 방법과 달리 Eb/No를 서비스 별로 다르게 설정함으로써 서비스별로 상이한 BER 특성을 만족시켜줄 수 있도록 제어한다. 또한 음성, 비디오와 같은 실시간 트래픽의 전송률이 변하는 특성을 이용하여 실시간 트래픽의 OFF구간에 데이터 트래픽 전송을 함으로써 전체적으로 outage가 발생할 확률을 감소시킨다.

제안한 방법에 대한 성능 분석을 위해 시뮬레이션과 수학적 모델링 및 분석방법을 사용하여 outage 확률과 데이터에 대한 지연과 throughput을 분석하였다. 분석결과 수학적 분석에 의한 방법과 시뮬레이션 방법의 결과가 거의 일치하였으며 제안한 방법이 액세스 제어를 수행하지 않았을 경우에 비해서 outage 발생 가능성을 줄이며 데이터의 지연은 증가시키는 것을 알 수 있다. 결국 제안된 방법은 작은 BER을 요하는 데이터 트래픽

인 경우에는 Eb/No를 크게하고 상대적으로 높은 BER을 허용하는 음성/비디오의 경우에는 Eb/No를 작게함으로써 서비스별 에러 확률을 제어하고 반면에 어느정도의 지연을 허용하는 데이터 트래픽은 액세스 제어를 통해 지연을 허용함으로써 전체적인 outage 발생 확률을 감소시킨다.

따라서 제안된 방법은 CDMA가 전력 제한된 시스템이라는 것을 고려하면 적합한 방법으로 생각되며 단순하므로 실제 적용하기에 용이하며 효율적인 제어 방법인 것으로 생각된다.

### 참고 문헌

- [1] B. Maglaris et al., "Performance Models of statistical multiplexing in Packet Video Communications", IEEE Transactions on Communications, Vol.36, No.7, pp.834-843, January 1997.
- [2] Osama Kubbar and Hussein T.Mouftah, "Multiple Access Control Protocol for Wireless ATM: Problems Definitions and Design Objectives", IEEE Communications Magazine, pp.93-99, Nov 1997.
- [3] S. Chang, "Guaranteed Quality-of-Service Wireless Access to ATM Networks", IEEE Journal of Selected Areas in Communications, Vol.15, No.1, pp.106-118, January 1997.
- [4] N.Movahhedinia, "Slot Assignment Protocol for Indoor Wireless ATM Networks Using the Channel Characteristics and the Traffic Parameters", pp.327-331, IEEE Globecom'95, 1995.
- [5] X.Wu, "Dynamic Slot Allocation Multiple Access Protocol for Wireless ATM Networks", Proceeding of IEEE ICC'97, pp.1035-1041, 1997.
- [6] Ashwin Sampath, Jack M. Holtzman, Access Control of Data in Integrated Voice/Data CDMA Systems : Benefits and Tradeoffs, IEEE Journal of Selected Areas in Communications, Vol.15, No.8, pp.1511-1526, October 1997.
- [7] N.B. Mandayam and J.M. Holtzman, Analysis of a simple protocol for short message data service in an integrated voice/data CDMA system, in Proc. IEEE MILCOM95, San Diego, CA, Nov. 1995.
- [8] Nikos Passas, and Dimitra Vali, "Quality of Service Oriented Medium Access Control for Wireless ATM Networks", IEEE Communications Magazine, pp.60-69, Nov 1997.
- [9] Nikos Passas, Lazaros Merakos, and Dimitris Skyrianoglou, "Traffic Scheduling in Wireless ATM Networks", pp.391-398, IEEE ATM'97, 1997.
- [10] A.Sampath, P.S.Kumar, and J.M. Holtzman, Power control and resource management for a multimedia wireless CDMA system, in proc. PIMRC95, Toronto, Canada, Sept. 1995.
- [11] Nikos Passas, Lazaros Merakos, Dimitris Skyrianoglou, "Traffic Scheduling in Wireless ATM Networks", Proceeding of IEEE ATM'97, pp.391-400, 1997.
- [12] K. Garg, K. Smolik, J. E. Wilkes,, Applications of CDMA in Wireless/ Personal Communications, 1 st ed. Prentice Hall, 1997.
- [13] L. Kleinrock, Queueing System, Vol. 2. New York: Wiley,1975.