

# 직접 대역확산 부호분할 시스템에서 음성 및 흐름형 데이터 서비스를 위한 호 수락제어 기법

정회원 장진원\*

## Admission Control for Voice and Stream-Type Data Services in DS-CDMA Cellular System

Jin-weon Chang\* *Regular Member*

### 요약

본 연구에서는 직접 대역확산 부호분할 시스템에서 음성 및 흐름형 데이터의 통합 서비스를 위한 두 가지 유연한 호 수락제어 방식을 제안한다. 호 수락제어에 대한 기존 연구는 대부분 종래의 음성 서비스와 짧고 버스티한 특성의 패킷 형 서비스와의 통합 서비스에 관점을 두었다. 하지만 상대적으로 긴 서비스 유지 시간을 갖는 흐름형 서비스는 차세대 이동통신 시스템에서 데이터 트래픽의 상당한 부분을 차지할 것으로 예상된다. 제안된 첫 번째 방식, 방식 I은 음성과 흐름형 데이터 서비스를 수용하기 위하여 주어진 대역을 모두 사용하는 기본 방식이며 데이터 서비스에 대하여 음성 서비스가 우선권을 갖는다. 두 번째 방식, 방식 II는 흐름형 데이터 서비스에 대하여 음성에 우선권을 주면서 대역을 효율적으로 사용하기 위해서 다른 방식을 취한다. 음성 서비스의 접근 요구와 간섭의 상태에 따라서 흐름형 데이터 서비스의 사용 전력을 억제하여 추가적인 간섭 마진을 음성 서비스에 제공한다. 이 두 방식의 성능은 마코비안 모델을 통하여 분석하였고 그 수치적인 결과는 음성 용량은 데이터 서비스의 서비스 유지 시간에 매우 민감한 반면 데이터 용량은 둔감하였다. 음성 및 흐름형 데이터 서비스의 통합 환경에서 두 번째 제안 방식이 첫 번째 방식보다 시스템 용량 상에 상당한 개선 효과를 갖는 것으로 나타난다.

Key Words : CDMA, admission control, integrated service, stream-type data, interference suppression

### ABSTRACT

Two flexible admission control schemes for integrated voice and stream-type data services are proposed in DS-CDMA systems. Most previous studies on admission control have focused on integration of short, bursty packet-type data services and conventional voice services. However, stream-type data services with a relatively long service holding time are expected to be a considerable portion of data traffic in future generation cellular systems. Scheme I is a basic scheme that accommodates both voice and data services with full bandwidth. However, voice services are given priority over data services using the duration difference between the holding times for these services. Scheme II uses a different method to efficiently give priority to voice services over stream-type data services. An additional interference margin for voice services is provided by suppressing interference from stream-type data services according to voice access requests and a varying interference status. Performance of the two schemes is evaluated by developing Markovian models. Numerical results show that the voice capacity is highly sensitive to the service holding time of data services while the performance measures of data services are not highly sensitive. Scheme II is a significant improvement over Scheme I for accommodating voice and stream-type data services

\* (국립)한경대학교 정보제어공학과, 전자기술종합연구소 겸 (jwchang@hknu.ac.kr)  
논문번호 : KICS2005-05-184, 접수일자 : 2005년 5월 2일

## I. 서론

차세대 이동통신 시스템은 종래의 음성을 포함하여 실시간 영상 등의 다양한 서비스를 제공해야 할 것이다. 이와 같은 서비스들은 지연, 전송율, 전송효율, 채널 품질 등의 요구조건 상에서 넓은 범위를 갖는다. 직접 대역확산 부호분할 시스템에서 서비스 특성에 따른 다양한 서비스의 통합에 대하여 많은 연구가 이루어져 왔지만 대부분의 연구는 짧은 버스티한 특성의 패킷 데이터와 종래의 음성 서비스의 통합에 관점을 맞추었다<sup>[1][2][3]</sup>. Guo 등이 수행한 연구<sup>[4]</sup>에서는 음성, 패킷형, 및 흐름형 데이터 서비스의 통합 환경에서의 공통 패킷 데이터 채널 구조를 제시하였으나 수락제어 방법으로는 역시 흐름형 데이터 보다는 패킷형 데이터에 초점을 두었다. 최근 Huang 등의 연구<sup>[5]</sup>에서는 실시간 및 비실시간을 구분하여 패킷을 스케줄링하는 방법을 제안하였으나 역시 흐름형 데이터 보다는 패킷형 데이터에 관점이 있으며 실시간 서비스에 주는 우선권은 제한적이고 자원할당 상의 유연성을 충분히 제공하지 못하고 있다.

이와 같은 연구에서는 패킷 데이터 서비스에 대하여 음성 서비스에 우선권을 둔다<sup>[1][2]</sup>. 음성 서비스는 데이터 서비스에 비하여 지연에 민감한 특성을 갖기 때문이다. 음성 서비스가 우선적으로 전체 무선자원을 사용하고 남은 무선자원을 이용하여 패킷 데이터 서비스를 제공한다. 이 수락제어 방식은 음성 서비스의 유지 시간에 비해 패킷 데이터 서비스의 유지 시간이 훨씬 짧은 경우에 가능하다. 하지만 데이터 서비스의 유지 시간이 길다면 음성 서비스의 새로운 접속 요구에 무선자원이 이용 가능하지 않아 호 손실이 발생할 수 있다.

서비스 유지 시간이 상대적으로 긴 데이터 서비스는 차세대 이동통신 시스템에서 데이터 트래픽의 상당한 량을 차지할 것으로 예상된다<sup>[6]</sup>. 이와 같은 파일전송, 첨부화일을 갖는 전자우편, 팩스 등의 서비스는 상대적으로 긴 서비스 유지 시간을 가지며 버스트 특성 정도가 낮다. 본 논문에서는 이런 특성의 서비스를 흐름형 서비스로 지칭한다.

본 논문의 관점은 직접 대역확산 부호분할 시스템에서 음성 및 흐름형 데이터 트래픽을 동시에 수용하는 상황에서 효과적인 수락제어 방식에 있다. 다른 형태의 서비스가 존재하는 것은 사실이나 성능 분석의 복잡도를 고려하여 전용 채널을 이용하여 음성 및 흐름형 데이터 서비스를 제공하는 상

에 국한한다. 이는 또한 음성과 흐름형 데이터의 트래픽 상황에 따른 수락제어 방식의 시스템 성능을 보다 분명하게 분석하기 위함이다.

본 논문에서는 직접 대역확산 부호분할 시스템의 상향 채널에서 음성 및 흐름형 데이터를 수용하기 위한 두 가지 수락제어 방식을 제안한다. 첫 번째 제안 방식, 방식 I에서는 음성 호에 제한된 우선권을 둔다. 새로운 음성 호 접속 요구에 무선자원이 부족한 경우 데이터 서비스가 일정 시간 내에 종료되어 무선자원이 이용 가능해 지기를 대기하여 할당한다. 두 번째 제안 수락제어 방식 방식 II에서는 방식 I의 수락제어 방식에 추가적으로 음성에 우선권을 주기 위하여 새로운 음성 호 접속 요구에 무선자원이 부족할 경우 흐름형 데이터의 간섭량을 억제한다. 흐름형 데이터의 간섭량 억제는 흐름형 데이터의 사용자 수가 최소 수인  $n_{d-min}$  이상인 경우에만 가능하도록 한다. 가장 간단한 흐름형 데이터의 간섭량 억제는 동시에 흐름형 데이터 서비스의 전송률을 감소시키는 것이다. 하지만, 이 방법은 시스템 효율을 낮춘다. 전송률이 감소된 각 흐름형 데이터 서비스는 다른 흐름형 데이터 서비스로부터 보다 많은 간섭을 받기 때문이다. 보다 효율적인 간섭량 억제 방법은 전송률은 유지하면서 전송 시간의 스케줄링을 통하여 데이터 사용자의 동시 사용자 수를 줄이는 것이다<sup>[7]</sup>. 따라서 본 논문에서는 흐름형 데이터의 간섭량 억제를 위하여 전송률의 감소는 고려하지 않고 전송 시간의 스케줄링 방법을 사용한다. 흐름형 데이터의 간섭량을 억제시키는 경우에는 해당 기지국이 각 흐름형 데이터 사용자의 전송 시간을 정해주어 기지국에서 수신되는 흐름형 데이터의 수신 전력이 일정 치 이하로 억제되도록 한다.

두 제안 방식의 성능을 분석하기 위해서 마코비안 모델을 이용하여 음성호의 호손실율과 패킷 데이터의 패킷 손실율, 시스템 효율, 및 프레임의 지연 시간을 산출한다. 부호분할 시스템 고유의 특성인 간섭량 제한적인 용량은 모델에서 주변 셀 간섭의 통계적인 변이를 허용하여 고려한다. 분석의 수치적 결과에 근거하여 데이터 서비스의 유지 시간에 따른 시스템 성능을 토의하며 음성 및 흐름형 데이터 서비스의 두 제안 호 수락 제어 방식의 성능을 비교한다.

## II. 시스템 모델

부호분할 시스템은 간섭량 제한 시스템이므로 접속요구에 대한 수락 제어는 요구 품질, 데이터 전송

음, 전력 제어 방법, 채널 부호화, 변조 방식 등의 많은 요소들을 고려해야 한다. 음성 및 데이터 서비스의 수락제어에 관한 문제를 조명하기 위해서 다음의 가정들을 사용한다.

가정 1) 이상적인 전력제어를 가정한다. 음성 혹은 데이터 서비스의 기지국 수신 전력은 간섭 대신호비가 일정하도록 제어된다. 따라서,  $S_v$ 와  $S_d$ 를 각각 음성 및 데이터 서비스의 기지국 수신전력으로 표현하면 각각은 음성 서비스의 개수  $N_v$ 와 데이터 서비스의 개수  $N_d$ 의 함수가 된다.

가정 2) 잡음의 스펙트럼 밀도 대 비트 에너지  $E_b/N_0$ 에 대한 비트 오류 확률  $P_{be}$ 는 사용되는 채널 부호화 방식에 따라 달리 나타날 수 있다. 본 논문에서는 1/3의 부호화율을 갖는 병렬 터보 부호의 사용을 가정하고 디코딩 과정에서 10번의 반복을 가정한다. 요구되는  $P_{be}$ 를 만족시키기 위한  $E_b/N_0$  값을 구하기 위해 3GPP TSG RAN Working Group1의 상관 페이딩 채널에서의 시뮬레이션 결과를 이용한다<sup>[8]</sup>.

가정 3) 부호분할 시스템에서는 다른 셀 간섭이 전체 무선 용량의 상당한 부분을 차지한다. 따라서 다른 셀 간섭을 위한 통계적 모델을 합리적으로 선택하는 것이 성능분석에 매우 중요한 영향을 미친다. 일반적으로는 가우시안 분포를 이용한 모델이 널리 사용되었다. 하지만 다른 셀 간섭량이 음의 값을 갖지 않음에 따라서 감마 분포가 실제 환경에 더 적합하다<sup>[9]</sup>. 전체 서비스 영역에서 균일한 트래픽이 부과됨을 가정하고 다른 셀 간섭  $I_o$ 을 위한 통계적 모델로 감마 분포를 사용하였다.  $I_o$ 의 음성 서비스 기지국 수신전력  $S_v$ 에 대한 정규화 값을  $I'_o$ 으로 표현하면  $I'_o$ 의 확률밀도 함수  $pdf_{I'_o}$ 은 감마 분포를 가지며 평균  $f_m\{N_v+(S_d/S_v)N_d\}$ , 분산  $f_v\{N_v+(S_d/S_v)N_d\}$ 를 갖는다. 여기서  $f_m$ 과  $f_v$ 는 각각 자기 셀 간섭량에 대한 다른 셀 간섭량 비율의 평균과 분산을 나타낸다. 참고문헌 <sup>[9]</sup>의 모의실험 결과를 채용하여  $f_m$ 은 0.57,  $f_v$ 는 0.22의 값을 가정한다.

### 3.1 W-CDMA 시스템

본 연구는 부호분할 시스템의 보다 구체적인 상황을 가정하기 위하여 W-CDMA 시스템의 기본 체

널 구조와 프로토콜을 가정한다. 채널 설정 및 해제 시간의 합이 무선 메시지 전송 시간보다 작은 경우, 'ON' 주기 시간이 'OFF' 주기 시간보다 작은 경우에 패킷 형태의 전송이 유리하다<sup>[6]</sup>. 따라서 흐름형 데이터 서비스를 위해서 W-CDMA 시스템의 전용 채널의 사용을 가정한다. W-CDMA 시스템의 전용 채널은 데이터 프레임 전송을 위한 전용 데이터 채널(DDCH, Dedicated Data CHannel)과 파일럿 비트, 송신 전력 제어 비트 등의 제어 정보를 운반하는 전용 제어 채널(DCCH, Dedicated Control CHannel)로 구성된다<sup>[10]</sup>.

### 3.2 채널 품질 조건

채널 품질 조건으로 프레임 오류 확률을 고려한다.  $P_{fEv}$ 과  $P_{fEd}$ 은 각각 음성 및 데이터 서비스의 프레임 오류 확률의 요구 값을 지칭한다. 주어진 데이터 전송율에 대하여 프레임 오류 확률의 요구 값  $P_{fEv}$ 는 다음의 관계식을 이용하여 해당 비트 오류 확률  $P_{bEv}$ 로 변환 할 수 있다<sup>[11]</sup>.

$$P_{fEv} \approx 1 - (1 - P_{bEv})^{B_{fv}} \quad (1)$$

여기서  $B_{fv}$ 는 한 음성 프레임 내의 비트 수를 의미한다. 데이터 프레임의 경우에도  $P_{fEd}$ 와  $P_{bEd}$  간에 같은 관계식이 성립하며 한 데이터 프레임 내의 비트 수는  $B_{fd}$ 로 표기한다. 상기 터보 부호화에 대한 가정 2)로부터 요구되는  $P_{bEv}$ 와  $P_{bEd}$ 에 따른 각각의 요구되는 잡음의 스펙트럼 밀도 대 비트 에너지  $(E_b/N_0)_{req-v}$ 와  $(E_b/N_0)_{req-d}$ 를 정할 수 있다. 따라서 요구되는 프레임 오류 확률이 주어지면 그에 해당되는 잡음 스펙트럼 밀도 대 비트 에너지 값을 정할 수 있으며 이 값들은 자기 셀 내의 음성 및 데이터 서비스의 간섭량과 외부셀 간섭량과 다음과 같은 식으로 연관된다.

$$\frac{(E_b/N_0)_{req-v}}{(W/R_v)} = \frac{S_v}{p_v N_v S_v + p_d N_d S_d - S_v + I_o + N_i W} \quad (2)$$

$$\frac{(E_b/N_0)_{req-d}}{(W/R_d)} = \frac{S_d}{p_v N_v S_v + p_d N_d S_d - S_d + I_o + N_i W} \quad (3)$$

여기서  $W$ 는 대역폭,  $R_v$ 와  $R_d$ 는 각각 음성 및 데이터 서비스의 전송율,  $N_i$ 는 열잡음 스펙트럼 밀도,  $p_v$ 와  $p_d$ 는 각각 음성 및 데이터 서비스를 위한 전

용 제어 채널(DCCH)에 대한 전용 데이터 채널(DDCH)의 상대적인 전력을 나타낸다. 전용 채널의 수신 전력은 전용 데이터 채널과 전용 제어 채널의 수신 전력의 합이 된다. 전용 데이터 채널의 수신 전력에 대한 전용 제어 채널의 수신 전력의 비율을 음성 및 데이터 서비스 경우 각각  $P_{dcch\_v}$ 와  $P_{dcch\_d}$ 로 표시하고 전용 데이터 채널 상의 음성 및 데이터 서비스의 서비스 활성도를 각각  $\eta_v$ 와  $\eta_d$ 로 표시한다면  $P_v$ 와  $P_d$ 는 각각  $P_{dcch\_v}$ 와  $\eta_v$ 의 합과  $P_{dcch\_d}$ 와  $\eta_d$ 의 합으로 표현할 수 있다. 데이터 채널 상의 서비스 활성도  $\eta_d$ 는 방식 I에 대해서는 1로 가정하고 방식 II의 경우에는 간섭 억제 방법에 따라서 결정된다.  $\gamma_d$ 가 음성 서비스에 대한 데이터 서비스의 수신 전력의 비율을 표현하도록 한다면  $S_v$ 와  $S_d$ 는 각각 다음 식과 같이 유도될 수 있다.

$$S_v = \frac{(I_o + N_i W)(E_b / N_0)_{req\_v}}{W / R_v - (p_v N_v + \gamma_d P_d N_d)(E_b / N_0)_{req\_v}}, \quad (4)$$

$$S_d = \frac{(I_o + N_i W)(E_b / N_0)_{req\_d}}{W / R_d - (p_d N_d + (1/\gamma_d) p_v N_v)(E_b / N_0)_{req\_d}}, \quad (5)$$

상기 수식 (4)와 (5)로부터  $\gamma_d$ 는 다음 식으로 간단히 유도 될 수 있다.

$$\gamma_d = \frac{(E_b / N_0)_{req\_d} R_d}{(E_b / N_0)_{req\_v} R_v} \quad (6)$$

따라서 요구되는 채널 품질을 만족하면서 동시에 수용할 수 있는 음성 서비스와 데이터 서비스의 수는 다음의 부등식을 만족하는 수로 결정할 수 있다.

$$p_v N_v + \gamma_d P_d N_d + I_o / S_v \leq \frac{W / R_v}{(E_b / N_0)_{req\_v}} - \frac{N_i W}{S_v} \quad (7)$$

상기 (7)식의 우변을 최대 허용가능 간섭량TAIL (Total Allowable Interference Level)로 정의한다.  $N_i W$ 는 음성 서비스 만을 최대로 수용하였을 경우의  $S_v$  값에 대하여 1 dB 값으로 가정하였다<sup>[12]</sup>.

### III. 제안된 수락제어 방식

음성 및 흐름형 데이터 서비스에 대한 두 가지 수락 제어 방식을 제안한다. 부호분할 시스템은 간

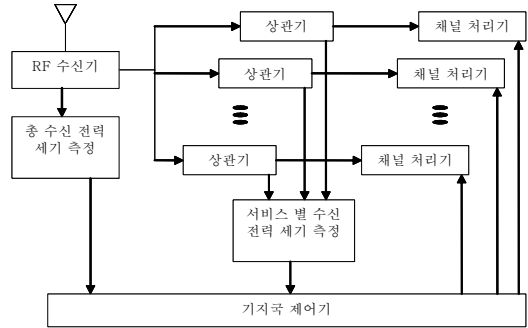


그림 1. 제안 수락제어 방식들의 동작을 위한 기지국 수신기 구조

섭량 제한 시스템이기 때문에 새로운 호의 접속 요구는 기지국에서 수신한 간섭전력과 새로운 호의 예상 전력의 합이 호손 기준  $T_{blk} S_v$  보다 큰 경우에 호손 처리된다. 호손 기준  $T_{blk} S_v$ 는 시스템 최대 허용 간섭량 TAIL에서 시스템 안정성을 위한 마진을 고려한 값으로 TAIL 보다 작게 설정된다.

이와 같은 수락제어 방식은 음성 및 흐름형 데이터의 간섭전력과 총 수신 간섭 전력의 측정된 정보에 기반을 두고 동작한다. 그림 1은 제안 방식에서 간섭 전력의 측정을 위한 기지국 수신기 구조를 도시한다. 총 수신 간섭 전력은 무선주파수 수신기 출력에서 각 음성 및 데이터 서비스의 간섭 전력은 채널 상관기 단에서 측정할 수 있다.

첫 번째 방식, 방식 I은 음성 서비스에 비하여 상대적으로 데이터 서비스의 서비스 유지 시간이 짧다는 점을 이용하여 음성 호의 접속 요구에 우선권을 주는 방식이다. 무선 자원을 최대한 사용하기 위하여 음성과 데이터 서비스의 접속 요구는 무선 자원이 할당 가능한 경우에 우선권 없이 수락된다. 하지만 무선 자원이 부족한 경우에는 데이터 서비스의 접속 요구는 바로 손실 처리하는 반면 음성 서비스의 접속 요구는 일정 시간  $T_{wait}$  동안 대기시켜 진행 중인 서비스가 완료되는 즉시 수락한다. 이 수락제어 방식에서 음성 서비스에 주어지는 우선권은 서비스 유지 시간이 짧은 패킷형 서비스의 경우에 유효하다.

두 번째 방식, 방식 II는 방식 I에 추가적으로 흐름형 데이터 서비스에 대한 음성 서비스에 우선권을 주기 위한 방안을 포함하고 있다. 그 방안은 흐름형 데이터 서비스 각각의 전송을 'ON'과 'OFF'의 전송구간으로 스케줄링하여 그 전체 간섭전력을 억제하는 것이다.

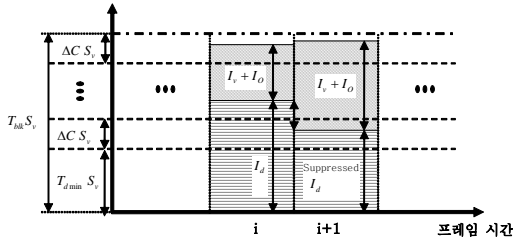


그림 2. 흐름형 데이터 서비스의 간섭전력의 억제 방안

그림 2는 흐름형 데이터 서비스의 간섭전력의 억제 방안을 보이고 있다.  $I_v$ 와  $I_d$ 는 각각 음성 및 흐름형 데이터 서비스로부터의 간섭 전력의 크기를 나타낸다.  $i+1$  번째 프레임에서 호순 기준  $T_{bk} S_v$  보다 기지국 전체 수신 간섭량  $I_v + I_d + I_o$  가 클 것으로 예상되면 기지국은 흐름형 데이터 서비스를 받는 단말은 데이터 전송에서 스케줄링된 'ON' 구간에서만 프레임을 전송할 것을 지시 받는다.  $i+1$  번째 프레임에서 호순 기준 이하의 간섭전력이 수신 되도록 흐름형 데이터의 간섭전력은  $\Delta C S_v$  만큼 억제된다. 따라서 간섭전력의 억제 비율은  $R_{sup} = (I_d - \Delta C S_v) / I_d$  로 계산된다.

방식 I에서는 음성 서비스의 접속 요구는 현재의 총 수신 간섭 전력과 새로운 접속 요구에 따른 간섭 전력  $p_v S_v$ 의 합이 호순 기준  $T_{bk} S_v$  보다 적은 경우에만 수락된다. 방식 II에서는 새로운 음성 호의 접속 요구에 따른 총 간섭 전력이 호순 기준  $T_{bk} S_v$  보다 큰 경우라도 흐름형 데이터로부터의 간섭전력을 억제하여 음성 호의 접속 요구를 수락할 수 있다. 방식 II에서 흐름형 데이터의 간섭전력이 억제되지 않은 상황을 정상 모드, 음성 호의 접속을 위하여 흐름형 데이터의 간섭전력이 억제되어 있는 상황을 억제 모드라 지칭한다. 새로운 음성 호의 접속 요구에 따른 정상 모드에서 억제 모드로의 변이는 흐름형 데이터 서비스의 간섭 전력이 최소한의 기준치  $T_{d min} S_v$  이상인 경우에서만 허용한다. 기준치  $T_{d min} S_v$  이상의 간섭 전력이 되기 위한 흐름형 데이터 서비스의 최소 숫자를  $n_{d min}$ 로 지칭한다. 따라서 방식 II에서 새로운 음성 서비스의 접속 요구는 현재의 총 수신 간섭 전력과 새로운 접속 요구에 따른 간섭 전력  $p_v S_v$ 의 합이 호순 기준  $T_{bk} S_v$  보다 큰 경우라도 흐름형 데이터 서비스의 개수가  $n_{d min}$  이상이면 간섭 전력 억제를 통하여 수락된다.

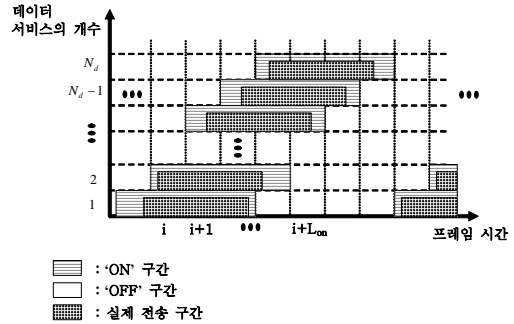


그림 3. 제안 방식 II에서 억제 모드의 프레임 전송 방안

방식 II의 억제 모드에서 현재의 총 수신 간섭 전력과 새로운 접속 요구에 따른 간섭 전력  $p_v S_v$ 의 합이 호순 기준  $T_{bk} S_v$  보다 크다면 호순이 발생하며 흐름형 데이터 서비스의 접속 요구는 정상 모드와 억제 모드에 상관없이 손실된다.

그림 3는 방식 II에서 억제 모드의 프레임 전송 방안을 도시한다. 흐름형 데이터의 프레임은 서비스 별로 다른 시스템 프레임 시간에 전송을 시작하고  $L_{on}$  프레임 시간 동안 전송된다. 하지만 W-CDMA 시스템의 역방향 링크에서는 전파 전달 시간과 소프트 핸드오버 때문에 각 서비스 별 프레임 시간이 시스템 프레임과 정확히 일치하지 않는다. 따라서 본 논문에서 제안한 방식 II에서는 각 서비스의 프레임 전송이 'ON' 구간 내의 첫 번째 시스템 프레임 시간에 전송을 시작하고 마지막 시스템 프레임 시간 내에 전송을 마친다. 한 프레임 시간을  $T_f$ 로 표현하면 실제 'ON' 구간 전송 시간은  $(L_{on} - 1)T_f$  이 된다.  $N_d$ 개의 데이터 서비스가 진행 중인 경우에 각 데이터 서비스의 'ON' 구간  $L_{on}$ 과 'OFF'  $L_{off}$ 는 다음의 식과 같이 결정 될 수 있다.

$$L_{on} = K_{sup} \lfloor R_{sup} N_d \rfloor \quad (8)$$

여기서  $\lfloor x \rfloor$ 는  $x$ 보다 작거나 같은 최대 정수이고  $K_{sup}$ 는 'ON' 구간을  $\lfloor R_{sup} N_d \rfloor$ 의 정수 배로 결정해주는 정수이다.

$$L_{off} = K_{sup} N_d - L_{on} \quad (9)$$

흐름형 데이터의 각 서비스에 대한 'ON'/'OFF' 구간은 상기 (8) 및 (9) 식에서 주어진 것과 같이 동일하며 데이터 단말에 방송될 수 있다. 하지만 'ON' 구간의 시작 시점은 해당 단말에 각각 전달

되어야 한다. 따라서 제안 방식 II는 추가적인 시그널링 부하를 요구하며 각 단말은 다음의 3 개 파라미터를 전달 받아야 한다.

- i) 'ON' 구간이 시작하는 시스템 프레임 번호,
- ii) 'ON' 구간의 길이,
- iii) 'OFF' 구간의 길이.

이상의 간섭량 억제를 위한 파라미터 정보는 5 옥텟 길이의 메시지로 구성할 수 있으며 W-CDMA 시스템의 수퍼 프레임의 길이는 72 시스템 프레임으로 각 길이 정보는 한 옥텟으로 구성할 수 있다.

#### IV. 제안된 수락제어 방식의 성능분석

제안된 수락 제어 방식들의 성능은 마코비안 모델을 사용하여 분석하였다. 음성 및 데이터의 접속 요구 도착은 각각 평균  $\lambda_v$ 와  $\lambda_d$ 를 갖는 포아송 분포를 가정하였다. 도착된 음성 및 데이터 서비스의 접속 요구는 현재 서비스 중인 음성 및 데이터 서비스로부터의 간섭 전력과 다른 셀 간섭 전력, 그리고 새로운 접속 서비스의 예상 간섭 전력의 합이  $T_{blk}S_v$  보다 작은 경우에만 수락된다. 다른 셀 간섭 전력은 상기 2장의 가정 3)에서 언급한 바와 같이 감마 분포를 따르기 때문에 새로운 서비스의 접속 요구는 통계적 결정을 통해서 수락된다.

시스템이 현재  $N_v$ 개의 음성 서비스와  $N_d$ 개의 데이터 서비스를 제공하고 있다면 이 경우에 도착한 음성 서비스의 접속 요구는 다음의  $\alpha_v(N_v, N_d)$ 의 확률로 호손된다.

$$\begin{aligned} \alpha_v(N_v, N_d) &= \Pr\{I_o > \text{잔여 간섭마진} - p_v S_v\} \\ &= \int_{T_{rv} - p_v}^{\infty} pdf_{I_o}(z) dz \end{aligned} \quad (10)$$

여기서  $T_{rv}$ 는 음성 서비스 경우의 다른 셀 간섭을 고려하지 않은 잔여 간섭 마진이다. 새로운 데이터 서비스의 접속 요구에 대한 손실 확률도 (10) 식과 유사한 형태로 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \alpha_d(N_v, N_d) &= \Pr\{I_o > \text{잔여 간섭마진} - \gamma_d p_d S_v\} \\ &= \int_{T_{rd} - \gamma_d p_d}^{\infty} pdf_{I_o}(z) dz \end{aligned} \quad (11)$$

여기서  $T_{rd}$ 는 데이터 서비스 경우의 다른 셀 간섭을

고려하지 않은 잔여 간섭 마진이다. 따라서 음성 및 데이터 서비스의 접속 요구에 대한 수락률은 각각  $(1 - \alpha_v(N_v, N_d))\lambda_v$ 와  $(1 - \alpha_d(N_v, N_d))\lambda_d$ 로 주어진다.

음성의 서비스 유지 시간은 평균  $1/\mu_v$ 를 갖는 지수 분포를 가정하였다. 데이터 패킷의 길이  $X_L$  또한 평균  $1/\mu_{pl}$ 을 갖는 지수 분포로 가정하였다<sup>5)</sup>. 하지만 데이터 패킷의 경우에는 프레임에 오류가 발생하는 경우 재전송을 해야 하므로 실제 서비스 유지 시간은 더 길어진다. 따라서 실제 서비스 유효  $\mu_d$ 는 프레임의 전송 실패 확률에 따라 다음 식과 같이 계산된다.

$$\mu_d = (T_f E\{N_f\} (1 + P_{FE} / (1 - P_{FE})))^{-1} \quad (12)$$

여기서  $N_f$ 는 한 패킷을 구성하는 프레임의 수이며 그 평균은  $\lfloor (1/\mu_{pl})/T_f \rfloor + 1$  이다.

#### 4.1 방식 I의 마코비안 모델

방식 I의 성능 분석을 위하여 2차 마코비안 모델을 이용하여 시스템 상태 함수  $S'(N_v, N_d)$ 를 정의한다. 음성 및 데이터 서비스는 총 간섭 마진을 공유하여 사용하지만 음성의 경우에는 접속요구 시 이용 가능한 자원이 없을 경우 데이터 서비스의 서비스가 완료되기를 일정 시간  $T_{wait}$  동안 기다려 해제된 자원을 사용할 수 있다. 따라서 데이터 서비스가 보다 짧은 서비스 유지 시간을 갖는 경우 음성 서비스는 보다 많은 대역을 사용할 수 있다. 이와 같은 사실을 마코비안 모델에 고려하여 음성 관점에서 본 데이터 서비스의 간섭 전력은 다음 식과 같이 표현 할 수 있다.

$$I_d / S_v = \begin{cases} \gamma_d (1 + p_{dch\_d}) N_d (1 - \mu_d T_{wait}) & \text{if } 1 - \mu_d T_{wait} > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

정규화된 잔여 간섭 마진  $T_{wait}$ 는 다음과 같다.

$$T_{rv} = T_{blk} - p_v N_v - I_d / S_v \quad (14)$$

따라서 상기 식 (10)을 이용하여 해당 조건 호손 확률을 계산할 수 있다. 새로운 데이터 서비스의 접속 요구 시에는 상대적으로 음성 서비스의 서비스 유지 시간이 길어  $T_{wait}$ 의 대기시간을 이용할 수 없으며 따라서 데이터 서비스를 위한 정규화된 잔여

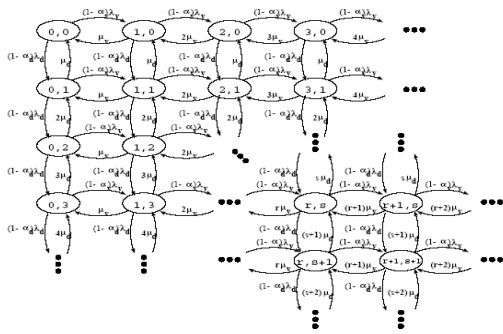


그림 4. 방식 I의 마코비안 모델을 위한 상태 천이도

간섭 마진  $T_{rd}$ 는  $T_{blk} - p_v N_v - \gamma_d (1 + P_{dch\_d}) N_d$ 로 주어진다.

방식 I 마코비안 모델의 천이를 행렬  $Q'$ 은 4 가지 경우의 천이로 구성된다. 첫 번째는 음성 서비스의 접속 요구 도착, 두 번째는 데이터 서비스의 접속 요구 도착, 세 번째는 음성 서비스의 완료, 네 번째는 데이터 서비스의 완료이다. 그림 4는 방식 I의 마코비안 모델을 위한 상태 천이도이다. 4 가지 상태 천이에 따른 천이를 행렬  $Q'$ 의 원소는 다음 식과 같다.

$$q'_{(r,s),(r',s')} = \begin{cases} (1-\alpha_v(r,s))\lambda_v & \text{if } (r',s') = (r+1,s) \\ (1-\alpha_d(r,s))\lambda_d & \text{if } (r',s') = (r,s+1) \\ r\mu_v & \text{if } (r',s') = (r-1,s) \\ s\mu_d & \text{if } (r',s') = (r,s-1) \end{cases} \quad (15)$$

만일 시스템 상태 별 평형 분포를  $\pi^l(r,s) = \Pr\{S^l(N_v, N_d) = (r,s)\}$ 로 표현하면 다음의 선형식의 해를 통해서 평형 분포를 결정할 수 있다.

$$\{\pi^l(r,s)\}Q' = 0 \quad \text{및} \quad \sum_r \sum_s \pi^l(r,s) = 1 \quad (16)$$

성능 평가의 수단으로 본 논문에서는 음성의 호손 확률  $P'_v$ , 데이터 패킷의 손실 확률  $P'_d$ , 시스템 수율  $S'_f$ , 그리고 프레임 지연 시간  $D'_f$ 를 고려한다. 평형 상태에서의 음성 서비스의 호손 확률은 식 (10)의 조건부 확률의 평형 상태 분포 상의 합의 형태로 유도할 수 있다.

$$P'_B = \sum_{r=0}^{\infty} \sum_{s=0}^{\infty} \alpha_v(r,s) \pi^l(r,s) \quad (17)$$

데이터 패킷의 손실은 데이터 서비스의 접속 요구

에 대한 거절 때문이므로 다음과 같이 유도된다.

$$P'_L = \sum_{r=0}^{\infty} \sum_{s=0}^{\infty} \alpha_d(r,s) \pi^l(r,s) \quad (18)$$

시스템 수율은 초당 성공적으로 수신된 프레임의 수로 정의하고 주어진 마코비안 상태에서  $s$  개의 데이터 서비스에 대하여  $1/\mu_d$  초 동안에  $sE\{N_f\}$ 개의 프레임이 전달된다. 따라서 시스템 수율은 다음 식과 같이 주어진다.

$$S'_f = \sum_{s=1}^{\infty} sE\{N_f\} / (1/\mu_d) \left\{ \sum_{r=0}^{\infty} \pi^l(r,s) \right\} \quad (19)$$

프레임 지연 시간은 프레임이 전송되어 성공적으로 수신될 때까지의 평균 프레임 시간의 수로서 다음 식과 같이 유도될 수 있다.

$$D'_f = (1/\mu_d) / (E\{N_f\} T_f) \quad (20)$$

#### 4.2 방식 II의 마코비안 모델

제안된 두 번째 수락제어 방식의 성능 분석을 위하여 3차원의 마코비안 모델을 사용한다. 그 상태 함수는  $S''(N_v, N_d, n_{sup})$ 로 표현하고 여기서  $n_{sup}$ 는 '0'인 경우 정상 모드를 '1'인 경우 억제 모드를 나타낸다. 정상 모드에서는 흐름형 데이터 서비스들의 간섭 전력에 대한 억제가 수행되지 않으며 따라서 상태 천이는 제안 방식 I에서와 같다. 하지만 방식 II에서는 방식 I에서 호손 되었던 음성 서비스의 접속 요구를 데이터 서비스의 간섭 전력 억제를 통해서 수락할 수 있다. 이 경우의 확률  $\beta$ 는 정규화된 간섭전력이  $T_{rv} - p_v$ 와  $T_{rv} - p_v + \Delta C(1 - \mu_d T_{wait})$ 인 경우로 방식 II에서는 간섭 전력 억제를 통해서 음성 서비스의 접속 요구에 추가적인 자원을 할당하기 때문이다. 확률  $\beta$ 는 다음 식과 같이 유도된다.

$$\beta = \Pr\{T_{rv} - p_v + \Delta C(1 - \mu_d T_{wait}) > I'_o > T_{rv} - p_v\} \\ = \begin{cases} \int_{T_{rv} - p_v}^{T_{rv} - p_v + \Delta C(1 - \mu_d T_{wait})} pdf_{I'_o}(z) dz & \text{if } N_d \geq n_{dmin} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (21)$$

그림 5는 제안 방식 I 과 II의 호손 확률과 수락 확률간의 관계를 보이고 있다. 방식 I에서 호손 처리되었던  $\alpha_v$ 의 음성 서비스 중  $\beta \alpha_v$  부분이 방식 II에서는 수락된다.

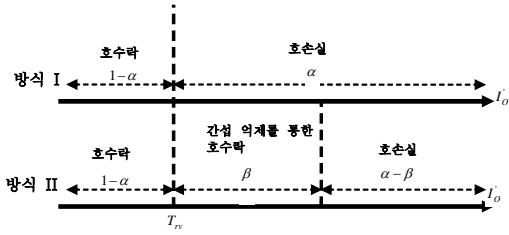


그림 5. 제안 방식 I과 II의 호손 확률과 수락 확률

억제 모드에서 도착한 음성 서비스의 접속 요구는  $1-\alpha_v+\beta$ 의 확률로 수락되고 흐름형 데이터 서비스의 접속 요구는 수용하지 않는다. 억제 모드에서의 흐름형 데이터 서비스의 유지 시간은 'OFF' 구간에 전송을 수행하지 않아 더 길어진다. 만일 억제 모드에서의 데이터 서비스 유지 시간을  $1/\mu'_d$ 로 지칭하면 전체 전송 구간과 실제 전송 구간의 비율로써 다음 식과 같이 계산된다.

$$1/\mu'_d = (1/\mu_d) \{ (L_{on} + L_{off}) / (L_{on} - 1) \} \quad (22)$$

음성 혹은 데이터 서비스가 완료되면 정상 모드로 변이되었을 때의 총 간접 전력이  $T_{bik}$  보다 작은 경우에 한하여 억제 모드는 해제된다. 시스템 상태  $S''(r,s,l)$ 에서 음성 및 데이터 서비스의 완료 시 억제 모드에서 정상 모드로 변환하지 못할 조건부 확률을 각각  $\alpha'_v$  및  $\alpha'_d$ 로 표현하면 다음 식과 같이 표현될 수 있다.

$$\alpha'_v(r,s) = \int_{T_{rv}+p_v}^{\infty} pdf_{I_0}(z) dz \quad (23)$$

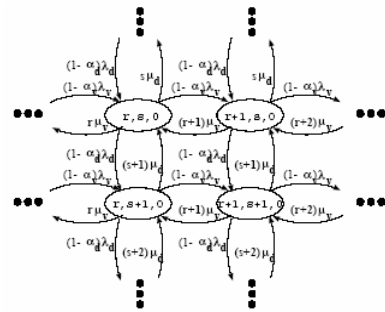
$$\alpha'_d = \int_{T_{rd}+\gamma_d P_d}^{\infty} pdf_{I_0}(z) dz \quad (24)$$

그림 6은 정상 모드, 억제 모드, 및 정상 모드와 억제 모드 간의 상태 천이도이다. 방식 II의 상태 천이를 행렬  $Q''$ 는 방식 I 행렬의 확장 형태를 갖는다. 정상 모드 내에서의 상태 천이는 방식 I에서의 천이와 같다. 따라서  $Q''$ 의 정상 모드 내의 천이에 해당하는 요소인  $q''_{(r,s,0),(r',s',0)}$ 는 방식 I에서의  $q^I_{(r,s),(r',s')}$ 와 같다. 억제 모드에서는 3 가지 경우의 천이가 있는데 첫 번째는 음성 서비스의 접속 요구, 두 번째는 음성 서비스의 완료, 세 번째는 데이터 서비스의 완료이다. 모든 데이터 서비스의 접속 요

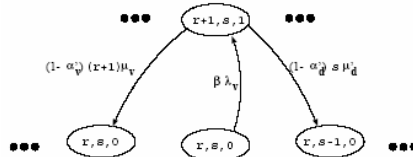
구는 손실되어 상태 천이를 일으키지 않는다. 정상 모드에서 억제 모드로의 천이는 간접 억제를 통한 음성 서비스의 접속 수락이 있고 억제 모드에서 정상 모드로의 천이는 음성 서비스의 완료와 데이터 서비스의 완료가 있다. 상태 천이를 행렬의 억제 모드의 요소는 다음 식과 같이 표현 될 수 있다.

$$q''_{(r,s,l),(r',s',l)} = \begin{cases} (1-\alpha_v(r,s)+\beta(r,s))\lambda_v & \text{if } (r',s',l)=(r+1,s,l) \\ r\alpha'_v(r,s)\mu_v & \text{if } (r',s',l)=(r-1,s,l) \\ s\alpha'_d(r,s)\mu'_d & \text{if } (r',s',l)=(r,s-1,l) \end{cases} \quad (25)$$

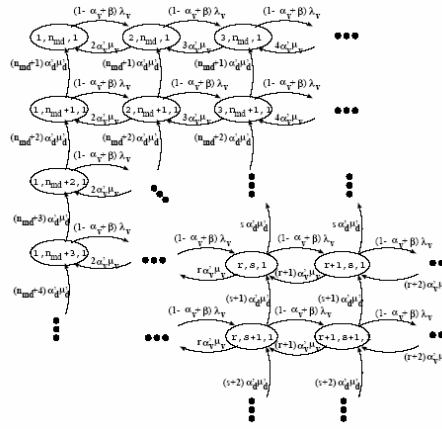
그리고 정상 및 억제 모드 간의 천이에 해당되는 요소는 다음 식과 같다.



(a) 정상 모드



(b) 정상 모드와 억제 모드 간



(c) 억제 모드

그림 6. 제안 방식 II에서 정상 모드, 억제 모드, 및 정상 모드와 억제 모드 간의 상태 천이도



$$q_{(r,s,n),(r',s',n')}^H = \begin{cases} \beta(r,s)\lambda_v & \text{if } (r',s',n') = (r+1,s,1) \\ r(1-\alpha_v'(r,s))\mu_v & \text{if } (r',s',n') = (r-1,s,1) \\ s(1-\alpha_d'(r,s))\mu_d & \text{if } (r',s',n') = (r,s-1,1) \end{cases} \quad (26)$$

방식 II의 평형 분포  $\pi''(r,s,n)$ 는 방식 I과 유사한 방식으로 얻을 수 있으며 방식 I에서와 같이 4개의 성능 평가 수단을 다음과 같이 유도할 수 있다.

- 음성 서비스의 접속 요구에 대한 호손율

$$P_B^H = \sum_{r=0}^{\infty} \sum_{s=0}^{n_{d\min}-1} \alpha_v(r,s)\pi''(r,s,0) + \sum_{r=1}^{\infty} \sum_{s=n_{d\min}}^{\infty} (\alpha_v(r,s) - \beta(r,s))(\pi''(r,s,0) + \pi''(r,s,1)) \quad (27)$$

- 데이터 패킷의 손실 확률

$$P_L^H = \sum_{r=0}^{\infty} \sum_{s=0}^{\infty} \alpha_d(r,s)\pi''(r,s,0) + \sum_{r=1}^{\infty} \sum_{s=n_{d\min}}^{\infty} \pi''(r,s,1) \quad (28)$$

- 시스템 수율

$$S_f^H = \sum_{s=1}^{\infty} sE\{N_f\} / (1/\mu_d) \left\{ \sum_{r=0}^{\infty} \pi'(r,s,0) \right\} + \sum_{s=n_{d\min}}^{\infty} sE\{N_f\} / (1/\mu_d) \left\{ \sum_{r=0}^{\infty} \pi''(r,s,1) \right\} \quad (29)$$

- 프레임 지연 시간

$$D_f^H = (1/\mu_d) / (E\{N_f\} T_f) \sum_{r=1}^{\infty} \sum_{s=1}^{\infty} \left( 1 - \sum_{l=0}^{\infty} \pi''(l,0,0) \right)^{-1} \pi''(r,s,0) + (1/\mu_d) / (E\{N_f\} T_f) \sum_{r=1}^{\infty} \sum_{s=n_{d\min}}^{\infty} \left( 1 - \sum_{l=0}^{\infty} \pi''(l,0,0) \right)^{-1} \pi''(r,s,1) \quad (30)$$

### V. 수치적 결과와 토의

제안된 수락제어 방식들의 성능은 다음의 가정들을 바탕으로 산출되었다.

1. 음성 및 데이터 서비스의 요구 프레임 오류 확률  $P_{fEv}$ 와  $P_{fEd}$ 는 각각 0.01과 0.001로 가정하였다. 해당 비트 오류 확률  $P_{bEv}$ 와  $P_{bEd}$ 는 각각 수식 (1)에서  $1.256 \cdot 10^{-5}$ 과  $1.251 \cdot 10^{-6}$ 으로 계산될 수 있으며 해당 요구되는 잡음의 스펙트럼 밀도 대 비트 에너지  $(E_b/N_0)_{req\_v}$ 와

$(E_b/N_0)_{req\_d}$ 는 각각 참고문헌 [8]의 결과를 이용하여 3.362 dB와 3.587 dB로 계산된다.

2. 음성 및 데이터 서비스의 정보 비트 전송률은 각각 32 kbps와 64 kbps를 가정하였다. 부호 화율 1/3의 터보 부호를 사용하여 채널 심볼 전송률은 각각 120 ksps 와 240 ksps가 된다.
3. 전용 제어 채널은 15 kbps의 전송률은 갖는다. 음성 및 데이터 서비스에서의 상대적인 전력  $P_{dech\_v}$ 와  $P_{dech\_d}$ 는 각각 1/8과 1/16이 된다.
4. 음성 서비스의 활성화는 성능 분석의 편의를 위하여 1로 가정하였고 데이터 서비스의 경우에는 방식 I에서는 1 방식 II에서는  $R_{sup}$ 이다.
5. 3.84 Mcps의 대역폭에 이진 위상 변조 방식 (BPSK, Binary Phase Shift Keying)을 가정하였다.
6. 프레임 시간  $T_f$ 는 10 ms를 가정하였다.
7. 간섭량 억제를 통해 제공할 수 있는 자원  $\Delta C$ 는 총 사용가능 간섭 레벨 TAIL의 8 %로 설정하였으며 이는 간섭 억제를 위한 최소한의 데이터 서비스의 수  $n_{d\min}$ , 4명에 해당한다.
8. 'ON'/'OFF' 구간을 위한 파라메타  $K_{sup}$ 는 1로 설정한다.
9. 호손 기준  $T_{bik}$ 는 정규화된 총 간섭 전력을 기준으로 TAIL-4로 설정한다.

그림 7에서 그림 9는 다음의 경우들에 대해서 데이터 서비스의 유지 시간에 따른 음성 서비스의 호 손 확률과 데이터 패킷의 손실 확률을 보이고 있다.

- 동일 트래픽 부하 상황: Erlang 단위를 기준으로 음성 서비스와 데이터 서비스의 트래픽 부하가 동일한 경우
- 음성 주도 부하 상황: Elang 단위를 기준으로 음성 서비스의 트래픽이 데이터 서비스 보다 4 배 많은 경우
- 데이터 주도 부하 상황: Elang 단위를 기준으로 데이터 서비스의 트래픽이 음성 서비스 보다 4 배 많은 경우

그림 7의 (a)와 (b)는 각각 동일 트래픽 부하 상황에서 음성의 호손확률과 데이터 패킷의 손실 확률을 보이고 있다. 데이터 서비스의 유지 시간이 짧아 짐에 따라서 음성의호손 확률이 감소하고 데이터 패킷의 손실 확률이 증가함을 알 수 있다. 이것

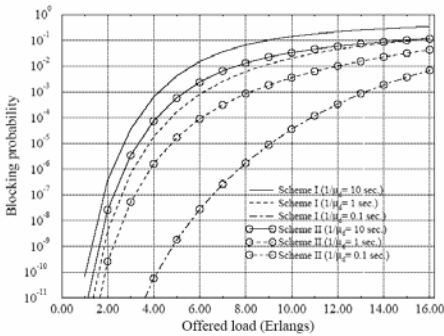
은 일정 시간  $T_{wait}$  안에 완료되는 데이터 서비스가 많아져 새로운 음성호의 접속 요구를보다 많이 수용할수 있기 때문이다. 수치적 결과를 위한  $T_{wait}$  값은 데이터 서비스의 유지 시간의 범위를 고려해 0.3 초로 정하였다. 하지만 음성의 호손 확률은 데이터 서비스의 유지 시간에 의존적인 반면에 데이터 패킷손실 확률의 의존도는 높지 않다. 두 가지 이유로 분석될 수 있는데 첫 번째는 음성 서비스의 호손확률 감소가 데이터 서비스에 미치는 영향이 작다. 예를 들어 음성 서비스의 접속 성공확률이 99.99 %에서 99.999 %로 증가하여도 데이터 서비스의 접속 확률에 미치는 영향은 작다. 두 번째는 데이터 서비스의 유지 시간이 짧아지면서 다중화 효과가 나타난다. 따라서 데이터 서비스의 유지 시간이 감소함에 따라서 음성 서비스의 호손 확률은 크게 감소시키면서 데이터 서비스의 손실 확률은 상대적으로 적게 증가시킬 수 있을 것이다.

그림 8과 그림 9는 각각 음성 주도 및 데이터 주도 부하 상황에서 호손 확률과 데이터패킷 손실 확

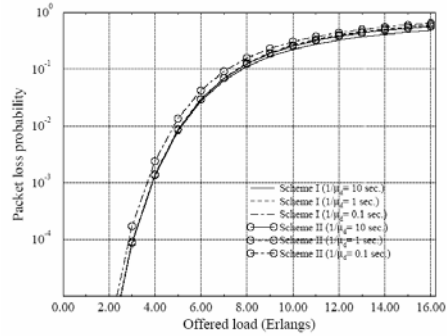
률을보이고 있다. 음성 주도 상황에서는 동일 트래픽 상황에 비하여 호손확률의 변이가 작고 패킷 손실 확률의 변이가 크다. 데이터의 트래픽 부하가 음성에 비해 1/4로 작기 때문에 데이터서비스 유지 시간에 따른 음성 서비스 호손의 영향이 작다.

하지만 서비스 유지시간이 상대적으로 긴 흐름형 데이터 서비스의 경우에 방식 I에서는 음성의 데이터 서비스에 대한 우선권에 따른 용량상의 분명한 이점이 관찰되지 않는다. 흐름형 데이터의 경우에는 방식 I에 비해서 방식 II가 음성 서비스의 호손확률 상에 분명한 이득을 가지며 패킷 손실 확률의 증가도 상대적으로 적다. 음성 서비스의 호손 확률에 따른 용량의 증가는 데이터 주도 부하상황에서 더 크다.

표 1은 방식 I과 II의 음성 및 데이터 용량을 정리하여 보이고 있다. 음성 및 데이터 서비스의 시스템 용량은 각각호손 확률이  $10^{-2}$ , 패킷 손실 확률이  $10^{-2}$  인 Erlang 단위의 트래픽 부하로 정의 하였다. 동일한 트래픽 부하 상황에서 방식 II가 방식 I에 비해서 음성 용량에 있어서는 34 %의 증가를 보이

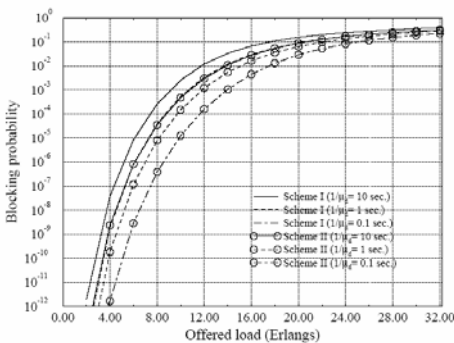


(a) 음성 서비스의 호손 확률

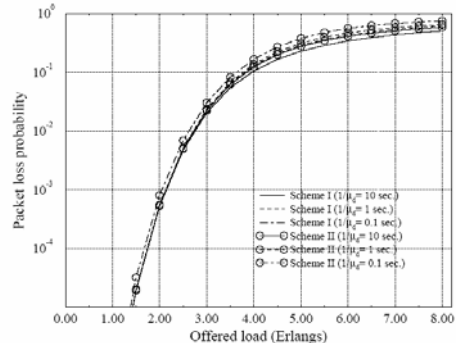


(b) 데이터 서비스의 패킷 손실 확률

그림 7. 동일 트래픽 부하 상황에서 음성의 호손확률과 데이터 패킷의 손실 확률 ( $T_{wait} = 0.3$  초)

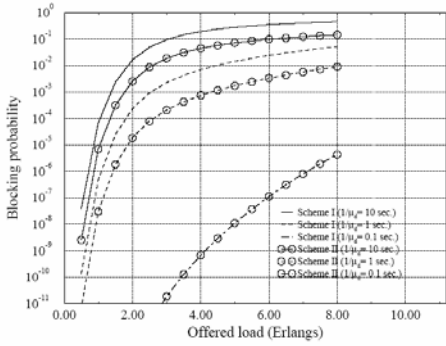


(a) 음성 서비스의 호손 확률

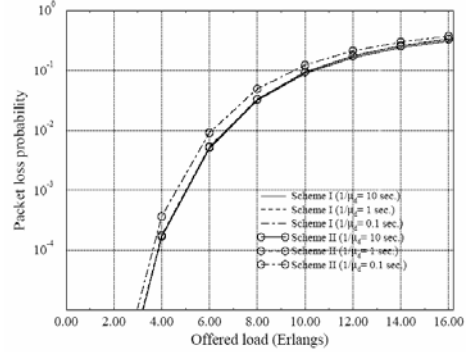


(b) 데이터 서비스의 패킷 손실 확률

그림 8. 음성 주도 부하 상황에서 음성의 호손확률과 데이터 패킷의 손실 확률 ( $T_{wait} = 0.3$  초)



(a) 음성 서비스의 호 손 확률



(b) 데이터 서비스의 패킷 손실 확률

그림 9. 데이터 주도 부하 상황에서 음성의 호손확률과 데이터 패킷의 손실 확률 ( $T_{wait} = 0.3$  초)

는 반면 데이터 용량은 0.7 % 감소하는데 그치고 있다. 음성 용량의 증가는 데이터 주도 부하상황에서 더 크다.

표 1. 제안 방식 I과 II의 음성 및 데이터 시스템 용량 ( $T_{wait} = 0.3$  초,  $\mu_d = 0.1$ )

		방식 I	방식 II	방식 I에 대한 방식 II의 % 이득
동일 트래픽 부하 상황	음성 용량	5.681	7.615	34.0
	데이터 용량	5.168	5.132	-0.7
음성 주도 부하 상황	음성 용량	11.764	13.838	17.6
	데이터 용량	2.756	2.734	-0.8
데이터 주도 부하 상황	음성 용량	1.872	2.585	38.1
	데이터 용량	6.755	6.717	-0.6

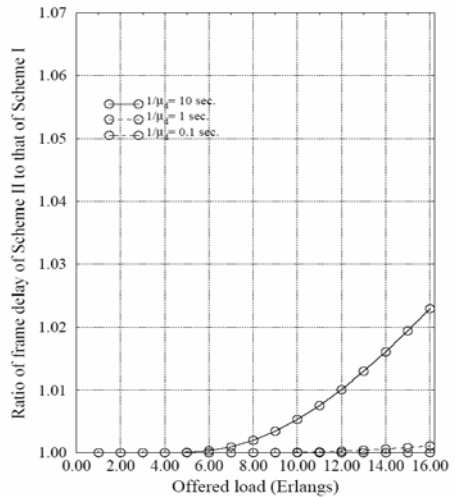


그림 11. 동일 트래픽부하 상황에서 방식 I에서의 지연에 대한 방식 II의 지연의 비율 ( $T_{wait} = 0.3$  초)

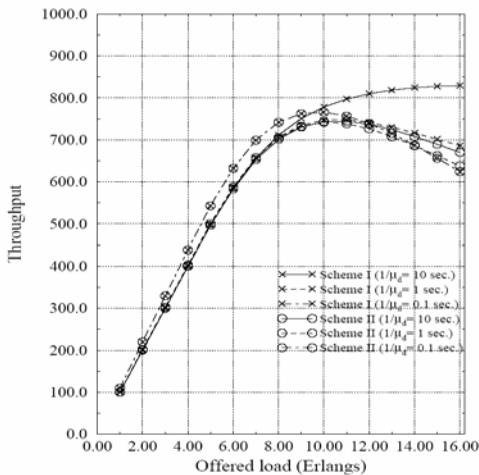


그림 10. 동일 트래픽 부하 상황에서 데이터 서비스의 시스템 수율 ( $T_{wait} = 0.3$  초)

그림 10은 동일 트래픽 부하 상황에서 데이터 서비스의 시스템 수율을 보이고 있다. 데이터 서비스의 유지 시간이 감소할수록 시스템 수율이 증가한다. 방식 I과 방식 II는 8 Erlang 보다 작은 트래픽 부하에서는 동일한 성능을 보이나 그 이상에서는 점차적으로 방식 II의 수율이 약간 먼저 감소한다.

그림 11은 동일 트래픽 부하 상황에서 방식 I에서의 지연에 대한 방식 II의 지연의 비율을 보이고 있다. 데이터 서비스의 유지 시간이 증가함에 따라서 방식 II의 지연 시간이 길어지나 그 시간은 방식 I의 지연 시간의 수 퍼센트에 불과하다.

## VI. 결론

직접 대역확산 부호분할 셀룰러 시스템에서 전형

적인 패킷 데이터에 비하여 상대적으로 긴 서비스 유지 시간을 갖는 흐름형 데이터와 음성 서비스를 동시에 수용하기에 적합한 수락 제어 방식을 제안하고 그 성능을 분석하였다. 제안 방식의 성능을 분석하기 위해 간섭량 제한 시스템인 부호분할 시스템의 특징을 고려한 마코비안 모델을 개발하였다. 제안 방식들의 수치적 성능 분석 결과에서 음성 서비스의 시스템 용량은 데이터 서비스의 유지 시간에 민감한 성능 차이를 갖는 것을 관찰할 수있었으며 서비스 유지 시간이 상대적으로 긴 경우에 제안 방식 I은 흐름형 데이터 서비스에 대한 음성 서비스의 우선권을 보장할 수 없었다. 방식 II는 전체 무선 자원을 음성과 데이터 서비스에 유연하게 할당할 수 있으며 데이터 서비스의 간섭 억제를 통해서 음성 서비스에 효과적으로 우선권을 보장한다. 제안 방식 II는 방식 I에 비해서 데이터 패킷 손실, 시스템 수율, 프레임 지연 시간 측면에서 손실이 있으나 매우 적은 반면 음성 시스템 용량의 상당한 이득을 갖는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

[1] W. B. Yang, E. Geraniotis, "Admission policies for integrated voice and data traffic in CDMA packet radio networks," *IEEE JSAC*, 10(8), pp. 654-664, May 1994.

[2] T. K. Liu, J. A. Silvester, "Joint admission/congestion control for wireless CDMA systems supporting integrated services," *IEEE JSAC*, 16(6), pp. 845-857, August 1998.

[3] S. Kumar, S. Nanda, "High Data-Rate Packet Communications for cellular networks using CDMA: algorithm and performance," *IEEE JSAC*, 17(3), pp. 472-492, March 1999.

[4] N. Guo, S. D. Morgera, P. Mermelstein, "Common Packet Data Channel (CPDC) for Integrated Wireless DS-CDMA Networks," *IEEE JSAC*, 14(4), pp.735-749, May 1996.

[5] Y. Huang, A. O. Fapojuwo, "Integrated call admission control and packet scheduling for multimedia direct sequence code division multiple access (DS-CDMA) wireless networks," *IEEE VTC2004-Fall, 60th Volume 4*, pp.2673-2677, 26-29 Sept. 2004.

[6] Golden Bridge Technology, "Paper- packet mode operation versus circuit mode of operation," TSGRI\#3(99)222, Stockholm, Sweden, March 22-26 1999.

[7] S. Ramakrishna, J. M. Holtzman, "A scheme for throughput maximization in a dual-class CDMA system," *IEEE JSAC*, 16(6), pp. 830-844, August 1998.

[8] Lucent Technologies, "Performance comparison of serial and parallel concatenated codes," TSGRI\#2(99)036, Yokohama, Japan, February 22-25 1999.

[9] Y. Ishikawa, N. Umeda, "Capacity design and performance of call admission control in cellular CDMA systems," *IEEE JSAC*, 15(8), pp. 1627-1635, October 1997.

[10] The third generation partnership project (3GPP) Technical specification group (TSG) RAN working group 2 (WG2), "MAC protocol specification, TS 25.321," 2004.

[11] M. B. Pursley, D. J. Taipale, "Error probabilities for spread-spectrum packet radio with convolutional codes and Viterbi decoding," *IEEE Transaction on comms.*, 35(1), pp. 1-12, January 1987.

[12] S. M. Shin, and D. K. Sung, "DS-CDMA Reverse Link Channel Assignment Based on Interference Measurements," *Electron. Letters*, 31(22), pp. 1897-1899, 1995.

장 진 원 (Jin-Weon Chang)

정회원



1993년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업

1995년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사

2000년 8월 KAIST 전자전산학과 전기전자전공 박사

2000년 9월-2004년 8월 삼성전

자 정보통신연구소 책임연구원

2004년 9월~현재 (국립)한경대학교 전임강사

<관심분야> 이동통신, 근거리 무선통신