

셀룰러 시스템에서 이동멀티미디어 서비스지원을 위한 CDMA R-ALOHA의 성능분석

정희원 허경*, 김수원*, 엄두섭*, 차균현*

A CDMA Reservation ALOHA Protocol for Mobile Multimedia Integrated Cellular Systems

Kyeong Hur*, Soo-Won Kim*, Doo-Seop Eom*, Kyun Hyon Tchah* *Regular Members*

요 약

본 논문은 셀룰러 시스템 상향링크에서 음성데이터 및 실시간 영상데이터로 구성된 화상전화서비스, 고속 및 저속 데이터서비스의 다중 전송률 멀티미디어 서비스를 통합 지원할 수 있는 CDMA R-ALOHA 프로토콜을 제안하였다. 제안된 프로토콜은 액세스슬롯과 전송슬롯으로 구분된 프레임의 구조를 이용한 코드할당방식으로 전송슬롯에서의 간섭을 줄였다. 그리고, 각 서비스의 트래픽 특성에 따른 전송코드 예약과 화상전화서비스 사용자의 핸드오프호를 고려하여 분석된 각 서비스 부시스템의 Markov-chain 모델을 이용한 각 서비스의 채널경쟁 사용자수 추정을 기반으로 서비스별 액세스허용확률을 제안하여, 액세스슬롯에서의 패킷충돌을 감소시키고 핸드오프호의 우선권을 보장할 수 있다. 또한 화상전화서비스의 영상데이터 전송정보를 이용한 코드 예약방식을 제안하여, 음성트래픽을 패킷의 손실이 없이 지원하였고 고속 및 저속 데이터서비스를 통해 채널이용효율을 극대화하였다.

ABSTRACT

In this paper, a CDMA Reservation ALOHA protocol is proposed to support the multi-media services such as videophone service mixed with voice and video traffic, high-rate and low-rate data services efficiently on multi-rate transmission in uplink cellular systems. The proposed protocol adopted the frame structure composed of the access slot and the transmission slot to reduce MAI(Multiple Access Interference) in the transmission slot. And the protocol can reduce MAI in the access slot through the proposed code reservation scheme considering the traffic characteristics of each service and the access permission probability. The proposed access permission probability for each service is based on the estimation of the number of contending users for each service using the Markov-chain subsystem model of each service including the videophone handoff calls and the assured priority to the videophone handoff calls is given. And the voice traffic in the videophone service can be provided without the voice packet dropping probability from the information of the video traffic in the videophone service. The efficient utilization of the codes is obtained through the low-rate data and the high-rate data services.

I. 서 론

차세대 이동통신 시스템의 실현을 위해서는 셀룰러 시스템에서 현재의 음성서비스 뿐 아니라 초고속 데이터 및 화상통신 등과 같은 다양한 전송률의

멀티미디어 서비스를 각각의 요구되는 서비스 품질을 유지하면서 지원할 수 있고, 제한된 무선자원을 효율적으로 이용할 수 있는 매체접근제어(MAC) 기법이 필수적이다. 기존에 제안된 패킷 CDMA기반의 CDMA/PRMA 프로토콜들은 단일 셀 환경의 단

* 고려대학교 전자공학과 차세대 이동통신연구실(hkyeong@mail.korea.ac.kr)
논문번호 : 00122-0414, 접수일자 : 2000년 4월 14일

일 전송률 시스템에서 음성과 데이터를 통합 지원하기 위해 CDMA/TDMA 방식으로 구성된 채널상에서 기존의 PRMA 프로토콜을 적용하여 패킷을 전송하는 형태로서, 음성을 데이터보다 우선 순위를 두고 데이터의 경우는 가용채널이 있거나 음성 활성도 탐지기를 이용하여 묵음기간에 ALOHA 방식을 이용하여 데이터서비스를 제공하는 방식이다^{[14][15]}. 즉, 음성 서비스는 예약방식으로 채널을 사용하는 것을 원칙으로 하며, 예약을 위한 음성의 최초 활성패킷과 데이터 패킷은 전송허가 확률에 따라 경쟁방식으로 전송하도록 하고 있다. 또한, 예약을 위한 채널과 실제 트래픽 패킷전송을 위한 채널간의 물리적 분리 없이 같은 시분할 슬롯들을 공유해서 패킷을 전송하고 있다. 따라서, 이러한 방식은 예약상태의 단말이 전송하는 패킷들과 경쟁방식으로 전송되는 패킷들로 인해 허용되는 간섭량을 초과해 전송한 패킷에 오류가 생길 가능성이 크다. 이때 음성의 경우, 매 활성구간(talkspurt) 시작에서 채널을 예약해야 하는데 만약 가용채널이 없거나 채널획득에 실패한다면, 지연에 민감한 음성패킷은 버려지고 결국 음성서비스 품질의 저하로 이어지게 된다. 그리고 모든 단말이 고유의 전송코드를 하나씩 할당받아서 패킷을 전송한다는 가정은 셀 내 단말 수의 증가에 따른 할당 코드수의 한계 및 기지국 수신기의 복잡도 문제로 인해 비현실적이고, 전송허가 확률에 있어서는 음성 사용자의 채널 경쟁상태에 대한 분석모델이 On-Off 모델에 국한되어 시스템에 대한 보다 구체화된 모델링을 통한 각 서비스의 채널경쟁 사용지수에 대한 추정이 요구된다^[5]. 또한, 다중셀 환경에서 핸드오프의 우선권을 보장할 수 있고, 패킷전송시 발생하는 MAI 감소와 채널이용효율의 극대화를 이룰 수 있는 매체접근제어 기법이 요구된다.

제안하는 CDMA R-ALOHA(Rerservation ALOHA) 프로토콜은 셀룰러 시스템 상향링크에서 지속적으로 압축 가능한 H.263 영상코딩 기술을 이용한 영상 데이터트래픽^[6]과 음성트래픽으로 이루어진 핸드오프가 있는 화상전화서비스, 고속 및 저속 데이터서비스의 다중 전송률 서비스를 단일전송률 전송방식이 아닌^{[14][15]}, 다중 전송률 전송방식^[7]을 이용하여 화상전화서비스의 실시간 전송을 지원하고 효과적으로 통합할 수 있는 방안이다. 제안하는 프로토콜은 액세스슬롯과 전송슬롯이 구분된 프레임과 슬롯의 구조를 이용한 동적할당 방식으로 전송슬롯에서의 간섭을 줄였다^[5]. 또한, 각 서비스의 트래픽

특성에 따른 전송코드 예약과 화상전화서비스의 핸드오프를 고려하여 분석된 각 서비스 부시스템의 Markov-chain 모델을 이용한 서비스별 채널경쟁 사용지수 추정을 기반으로 서비스별 액세스허용확률을 제한하여, 액세스슬롯에서의 패킷충돌을 감소시키고 핸드오프의 우선권을 보장할 수 있다. 그리고 화상전화서비스의 영상데이터 전송정보를 이용한 코드 예약방식을 제안하여, 음성트래픽을 패킷의 손실이 없이 지원할 수 있고, 고속 및 저속 데이터서비스를 통해 채널이용효율을 극대화하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 절은 제안하는 CDMA R-ALOHA 프로토콜을 소개하고 제 3 절에서는 제안하는 프로토콜에서 지원하는 각 서비스별 Markov-chain 부시스템에 대한 수학적 모델링과 성능 평가를 기술한다. 제 4 절은 제안한 프로토콜에 대한 수학적 모의실험결과를 분석하고, 끝으로 제 5 절에서 결론을 맺는다.

II. 제안한 CDMA R-ALOHA 프로토콜

2.1 전송 제어 방식

제안된 시스템에서는 음성 그리고 실시간 영상 트래픽 및 고속 및 저속의 데이터 트래픽이 혼합되어 있고, 시간축은 프레임 단위로 구분되고, 프레임은 서로 다른 크기의 액세스슬롯과 전송슬롯으로 구성된다. 즉, 그림 1과 같이 각 슬롯에 대한 패킷은 슬롯과 같은 크기를 갖고 각 슬롯에서 이용되는 코드도 액세스 전용코드와 전송 전용코드로 나누어져 있다. 그리고, 액세스슬롯에서 이용되는 액세스 코드는 K_a 개를 제외한 $K_c - K_a$ 개의 액세스코드를 모든 서비스 사용자가 공유할 수 있다. 한편, 전송 코드는 K_b 개의 음성, $K_c (= K_b)$ 개의 실시간 영상 트래픽 및 고속 데이터서비스의 QoS향상을 위한 K_d 개의 고속 데이터 트래픽 전용의 세 부분으로 나누어진다. 이때, 본 프로토콜에서 제공하는 화상전화서비스는 음성과 실시간 영상데이터를 동시에 전송하므로 음성과 실시간 영상데이터 트래픽에 할당된 전송코드의 수를 동일하게 하였다. 그리고, 저속의 데이터 트래픽은 채널이용효율을 높이기 위해 음성트래픽이 묵음기간 동안 사용하지 않는 전송코드를 이용하여 전송한다.

그림 1의 프레임과 슬롯의 구조를 통해 전송할 패킷이 있는 사용자는 액세스 정보를 담은 액세스 패킷(access packet)을 임의로 선택한 액세스코드

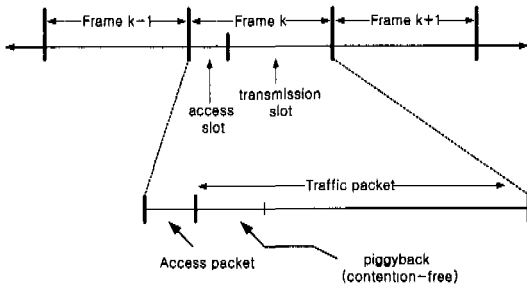


그림 1. 프레임과 슬롯의 구조

- K_a : 시스템의 전체 액세스코드 개수 ($K_a > K_t (=K_d + K_b + K_c)$)
- K_t : 시스템의 전체 전송코드 개수
- K_d : 고속 데이터 트래픽에 할당된 전송코드 개수
- K_b : 음성트래픽에 할당된 전송코드 개수
- K_c : 실시간 영상트래픽에 할당된 전송코드 개수

(access code)를 이용하여 확산한 후, 액세스슬롯에서 전송코드의 획득을 위해 경쟁한다. 만약, 사용자가 액세스에 성공하면 가용 전송코드 내에서 액세스코드와는 독립적인 전송코드(transmission code)를 기지국으로부터 할당 받고, 이 전송코드를 이용하여 전송할 데이터를 담은 트래픽패킷(traffic packet)을 확산하여 전송하게 된다^[8]. 그러나, 사용자가 전송코드를 할당받지 못하면 트래픽패킷을 전송할 수 없다. 그러므로 전송슬롯에서의 MAI는 일정수준 이하로 유지되고, QoS를 보장할 수 있다. 또한, 액세스슬롯에서의 패킷충돌을 줄이기 위한 방법으로 트래픽패킷 내의 piggy-backing을 이용한 전송코드의 예약과 액세스 허용확률을 이용한다. 화상전화서비스 사용자는 piggy-backing 정보를 기지국에 전달함으로써 음성과 영상트래픽에 필요한 전송코드의 예약을 요구한다. 기지국은 piggy-backing 정보에 따라 현재 화상전화서비스 사용자에게 대한 전송코드 예약을 실시하고, 예약이 된 사용자는 다음 프레임에서 채널획득을 위해 액세스를 하지 않아도 됨으로 액세스슬롯에서의 패킷충돌은 감소하게 된다. 그리고 매 프레임마다 화상전화서비스 사용자에게 의한 전송코드 예약상태와 시스템 평형상태에서의 각 서비스에 대한 채널획득 경쟁 사용자수의 추정치를 통한 액세스 허용확률을 이용함으로써 액세스슬롯에서의 패킷충돌(primary collision) 및 MAI를 줄일 수 있다. 즉, 각 음성 그리고 실시간 영상트래픽 및 고속 및 저속의 데이터 트래픽에 대한 가용 전송코드의 수는 $K_b - R_{c,i}$, $K_c - R_{c,i}$, K_d , $R_{c,i} - R_{v,i}$ 이고, 여기서 $R_{v,i}$ 와 $R_{c,i}$ 는 임의의 i 번째 프레임에서의 통화

중인 신규호와 핸드오프호의 화상전화서비스 사용자 음성트래픽과 실시간 영상트래픽에 의해 K_b , K_c 개 중 예약된 전송코드의 개수로서 음성트래픽의 목음기간으로 인하여 동일한 값을 갖지 않는다. 또한, 저속 데이터 트래픽에 대한 가용 전송코드의 수에서 $R_{c,i} - R_{v,i}$ 는 $R_{c,i}$ 명의 통화중인 화상전화서비스 사용자들 중 음성트래픽의 목음상태에 머물러 있는 사용자수이다. 따라서, 셀룰러 시스템에서 V_N , V_H , b_U , b_L 를 평형상태에서 추정된 화상전화서비스 신규호와 핸드오프호, 고속 및 저속 데이터서비스의 채널획득 경쟁 사용자수로 정의하면, 임의의 i 번째 프레임에서의 각 경쟁 사용자에게 대한 액세스 허용확률은 1보다 크지 않고, 각 채널획득 경쟁 사용자수에 대한 각 가용 전송코드의 수를 분수로 표현하여 식(1)과 같다^[3].

$$P_{v_n} = \min\left\{1, \frac{K_b - R_{c,i}}{V_N}\right\}, P_{v_H} = 1$$

$$P_{d_v} = \min\left\{1, \frac{K_d}{b_U}\right\}, P_{d_L} = \min\left\{1, \frac{R_{c,i} - R_{v,i}}{b_L}\right\} \quad (1)$$

여기서 P_{v_n} , P_{v_H} , P_{d_v} , P_{d_L} 은 각각 화상전화서비스에 대한 신규호와 핸드오프호, 고속 및 저속 데이터서비스 사용자에게 대한 액세스 허용확률이고, P_{v_n} 의 값을 1로 허용함으로써 핸드오프호에게 우선권을 제공한다. 또한, 강제 종료된 핸드오프호 사용자들에게도 액세스 허용확률 P_{v_n} 의 값을 1로 허용한다. 이와 같이 매 프레임마다 계산된 각 서비스에 대한 액세스 허용확률은 기지국으로부터 각 서비스 사용자들에게 주어지고, 전송할 패킷을 가진 사용자는 액세스슬롯에서 임의로 선택한 액세스코드와 주어진 액세스 허용확률을 이용하여 액세스패킷을 기지국에게 전송한다.

2.2 채널 할당 방식

액세스를 성공한 각 서비스 사용자에게 대한 전송코드 할당방안은 그림 2와 같다. 화상전화서비스 사용자가 액세스슬롯에서 전송코드를 획득하게 되면, piggy-backing 정보를 이용하여 통화가 끝날 때까지 그 후 연속되는 프레임에서 할당 받았던 전송코드에 대한 독점적인 사용권을 얻게 된다. 단, 음성트래픽이 목음(silent)상태에 머무는 때 그림 1의 트래픽패킷 내 piggy-backing 정보가 다음 프레임에 대한 전송코드 예약을 요구하지 않게 되므로, 이때의

$$\begin{aligned}
 (RC_j) \quad & K_{lc} f_H V_H = K_{lc} r_{c_H} (\rho_T + 6 \rho_{c_H}) \\
 (SIL) \quad & K_{lc} \gamma_v r_{v_H} = K_{lc} \sigma_v r_{s_H} \\
 (SIL) \quad & K_{lc} \gamma_v r_{v_H} = K_{lc} \sigma_v r_{s_H}
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 f = & \left(\frac{K_a - K_w}{1} \right) \left(\frac{1}{K_a - K_w} \right) P_{v_H} \left(1 - \frac{P_{v_H}}{K_a - K_w} \right)^{V_H - 1} \\
 & \times \left(1 - \frac{P_{v_H}}{K_a - K_w} \right)^{V_H} \left(1 - \frac{P_{d_v}}{K_a - K_w} \right)^{b_v} \left(1 - \frac{P_{d_i}}{K_a - K_w} \right)^{b_i}
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 f_H = & \left(\frac{K_a - K_w}{1} \right) \left(\frac{1}{K_a - K_w} \right) P_{v_H} \left(1 - \frac{P_{v_H}}{K_a - K_w} \right)^{V_H - 1} \\
 & \times \left(1 - \frac{P_{v_H}}{K_a - K_w} \right)^{V_H} \left(1 - \frac{P_{d_v}}{K_a - K_w} \right)^{b_v} \left(1 - \frac{P_{d_i}}{K_a - K_w} \right)^{b_i}
 \end{aligned} \tag{4}$$

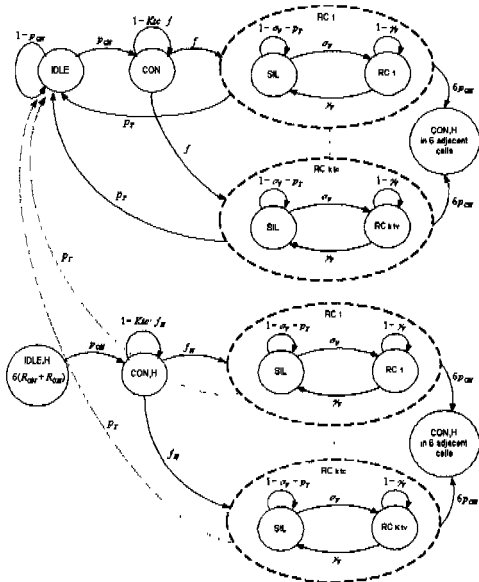


그림 3. 화상전화서비스에 대한 마코비안 모델

f, f_H : 신규호와 핸드오프호가 임의의 프레임에서 동시에 K_{lc} 중 한 전송코드와 K_w 중 한 전송코드를 획득할 확률
 i_{v_H}, i_{v_H} : 신규호와 핸드오프호의 휴지상태에있는 사용자 수
 V_N, V_H : 신규호와 핸드오프호의 경쟁상태에 있는 화상전화서비스 채널경쟁 사용자 수
 RC_j : 임의의 j 전송코드에 대한 예약상태
 r_{c_N}, r_{c_H} : 신규호와 핸드오프호의 K_{lc} 중 임의의 전송코드에 대한 이용률 즉, RC_j 상태에 머무는 사용자 수
 R_{c_N}, R_{c_H} : 신규호와 핸드오프호의 사용자들에 의해 평형상태에서 K_{lc} 중 예약된 코드 수
 $R_{c_N} = K_{lc} r_{c_N}, (0 \leq r_{c_N} \leq 1) R_{c_H} = K_{lc} r_{c_H}, (0 \leq r_{c_H} \leq 1)$

R_{s_N}, R_{s_H} : 신규호와 핸드오프호의 목음상태에 있는 사용자 수
 $R_{s_N} = K_{lc} r_{s_N}, (0 \leq r_{s_N} \leq 1) R_{s_H} = K_{lc} r_{s_H}, (0 \leq r_{s_H} \leq 1)$
 r_{v_N}, r_{v_H} : 신규호와 핸드오프호의 K_w 중 임의의 전송코드에 대한 이용률 즉, RC_j 상태에 머무는 사용자 수
 R_{v_N}, R_{v_H} : 신규호와 핸드오프호의 사용자들에 의해 평형상태에서 K_w 중 예약된 코드 수
 $R_{v_N} = K_w r_{v_N}, (0 \leq r_{v_N} \leq 1) R_{v_H} = K_w r_{v_H}, (0 \leq r_{v_H} \leq 1)$
 σ_v : 프레임 당 음성트래픽의 활성패킷 발생확률
 $\sigma_v = 1 - \exp(-\tau/\beta_v), \tau$: 프레임의 길이
 β_v : 음성트래픽의 평균 비활성구간
 γ_v : 프레임 당 활성패킷 발생종료 확률
 $\gamma_v = 1 - \exp(-\tau/a_v), a_v$: 음성트래픽의 평균 활성구간
 ρ_T : 프레임 당 화상전화 통화종료 확률
 $\rho_T = 1 - \exp(-\tau/t_v), t_v$: 평균 음성통화 시간
 ρ_{c_N} : 프레임 당 화상전화 사용자의 신규호 발생 확률
 $\rho_{c_N} = 1 - \exp(-\tau/t_{c_N}),$
 t_{c_N} : 평균사용자 당 신규호발생 도착간격
 ρ_{c_H} : 화상전화 사용자의 프레임 당 통화 중 인접한 한 셀에 대한 핸드오프호 발생확률
 $\rho_{c_H} = (1 - \exp(-\tau/t_{c_H}))/6,$
 t_{c_H} : 평균 셀에 머무르는 시간
 $\lambda_{v_N}, \lambda_{v_H}$: 신규호와 핸드오프호의 발생률 (calls/hour)

이로부터, 화상전화서비스 신규호와 핸드오프호에 의해, 평형상태에서 음성트래픽을 위한 전송코드수 K_w 중 예약된 코드수 R_v 와 실시간 영상트래픽을 위한 전송코드수 K_{lc} 중 예약된 코드수 R_c 는 식(5)와 같다. 또한, 한 프레임 동안 도착하는 화상전화서비스 신규호의 도착량 G_{v_H} (calls)과 핸드오프호 도착량 G_{v_H} 의 관계는 i_{v_H} 가 육각형 셀의 다중셀 환경에서 인접한 여섯 개 셀의 $R_{c_N} + R_{c_H}$ 사용자 수이므로, 식(2)의 $IDLE, IDLE_H$ 상태와 RC_j 상태에서의 평형상태 방정식을 정리하면 식(6)이 성립한다.

$$R_v = R_{v_N} + R_{v_H}, \quad R_c = R_{c_N} + R_{c_H} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{G_{v_N}}{G_{v_H}} = \frac{\lambda_{v_H} \tau}{\lambda_{v_N} \tau} = \frac{R_{c_N} (\rho_T + 6 \rho_{c_H})}{R_{c_H} (\rho_T + 6 \rho_{c_H})} = \frac{i_{v_H} \rho_{c_H}}{(R_{c_N} + R_{c_H}) \rho_T} = \frac{6 \rho_{c_H}}{\rho_T} \\
 \rho_{c_H} = \frac{\rho_T}{6} \cdot \frac{\lambda_{v_H}}{\lambda_{v_N}}, \quad i_{v_H} = 6(R_{c_N} + R_{c_H})
 \end{aligned} \tag{6}$$

3.2 데이터서비스 부시스템

고속 및 저속 데이터서비스 부시스템은 한 프레임 동안 임의의 데이터서비스 사용자에게 두개 이상의 패킷발생이나 전송이 일어날 수 없다는 가정으로부터 그림 4, 그림 5와 같이 생성-사멸 모델

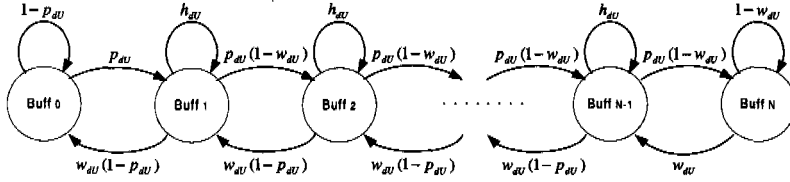


그림 4. 고속 데이터서비스의 마코비안 모델

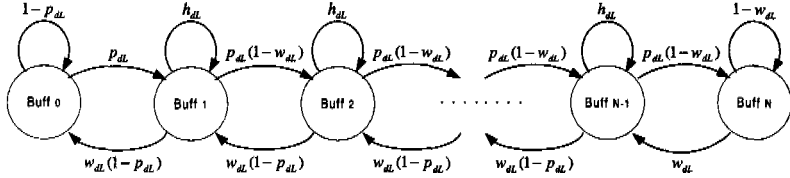


그림 5. 저속 데이터서비스의 마코비안 모델

(birth-death model)로서 나타낼 수 있다. 그리고, 두 부시스템의 각 상태에서 식(7)이 참고문헌 [4]로부터 동일한 방식으로 성립하고, 평형상태에서의 패킷 전송성공률 w_{du} , w_{dl} 은 식(8)과 같이 서로 다르고 식(7)을 간단히 정리하면 식(9)와 같다.

$$\begin{aligned}
 w_{du}(1-p_{du})b_1 &= b_0 p_{du} \\
 b_0 p_{du} + w_{du}(1-p_{du})b_2 &= b_1(w_{du}(1-p_{du}) + p_{du}(1-w_{du})) \\
 b_{j-1} p_{du}(1-w_{du}) + w_{du}(1-p_{du})b_{j+1} &= b_j(w_{du}(1-p_{du}) + p_{du}(1-w_{du})) \\
 b_{N-2} p_{du}(1-w_{du}) + b_N w_{du} &= b_{N-1}(w_{du}(1-p_{du}) + p_{du}(1-w_{du})) \\
 p_{du}(1-w_{du})b_{N-1} &= w_{du} b_N \quad (2 \leq j \leq N-2) \quad (7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 w_{du} &= K_d \left(\frac{K_a - K_w}{1} \right) \left(\frac{1}{K_a - K_w} \right) P_{du} \left(1 - \frac{P_{du}}{K_a - K_w} \right)^{b_u - 1} \\
 &\quad \times \left(1 - \frac{P_{dl}}{K_a - K_w} \right)^{b_L} \left(1 - \frac{P_{vN}}{K_a - K_w} \right)^{V_N} \left(1 - \frac{P_{vH}}{K_a - K_w} \right)^{V_H} \\
 w_{dl} &= (R_c - R_v) \left(\frac{K_a - K_w}{1} \right) \left(\frac{1}{K_a - K_w} \right) P_{dl} \left(1 - \frac{P_{dl}}{K_a - K_w} \right)^{b_L - 1} \\
 &\quad \times \left(1 - \frac{P_{du}}{K_a - K_w} \right)^{b_u} \left(1 - \frac{P_{vN}}{K_a - K_w} \right)^{V_N} \left(1 - \frac{P_{vH}}{K_a - K_w} \right)^{V_H} \quad (8)
 \end{aligned}$$

p_{du} , p_{dl} : 고속 및 저속 데이터서비스 패킷의 평균 발생확률

$$p_{du} = 1 - \exp\left(-\frac{r}{\beta_{du}}\right), \quad p_{dl} = 1 - \exp\left(-\frac{r}{\beta_{dl}}\right)$$

β_{du} , β_{dl} : 고속 및 저속데이터 서비스 패킷의 평균 비활성구간

N : 데이터서비스 사용자의 버퍼 크기

b_U , b_L : 평형상태에서 고속및저속 데이터 채널경쟁 사용자 수

b_j : j 개의 전송할 패킷을 지닌 $Buff_j$ 상태에 머무는 사용자 수

$$\begin{aligned}
 b_j &= \left[\frac{p_{du}(1-w_{du})}{w_{du}(1-p_{du})} \right]^{j-1} \frac{p_{du}}{w_{du}(1-p_{du})} b_0, \quad (1 \leq j \leq N-1) \\
 b_N &= b_{N-1} \frac{p_{du}(1-w_{du})}{w_{du}} \\
 b_U &= \sum_{j=1}^N b_j \\
 &= \frac{p_{du}}{w_{du}(1-p_{du})} b_0 \left(\frac{1 - \left(\frac{p_{du}(1-w_{du})}{w_{du}(1-p_{du})} \right)^{N-1}}{1 - \left(\frac{p_{du}(1-w_{du})}{w_{du}(1-p_{du})} \right)} \right) \\
 &\quad + \frac{p_{du}}{w_{du}(1-p_{du})} b_0 \left(\frac{p_{du}(1-w_{du})}{w_{du}(1-p_{du})} \right)^{N-2} \frac{p_{du}(1-w_{du})}{w_{du}} \quad (9)
 \end{aligned}$$

3.3 각 서비스별 경쟁 사용자수의 추정

기지국에서는 셀내의 화상전화서비스 사용자수 M_v 와 고속 및 저속 데이터서비스 사용자수 M_{du} , M_{dl} 을 알 수 있으므로 시스템 평형상태에서 식(10)이 성립하고, 식(3), (4) 및 (8)을 이용하면 각 서비스의 전송코드 획득확률은 액세스시의 충돌을 고려하여 식(11)과 (12), (13)의 관계를 갖는다.

$$\begin{aligned}
 M_v &= M_{vN} + M_{vH} - i_{vN} \\
 M_{vN} &= V_N + i_{vN} + R_{cN}, \quad R_{cN} = K_{lc} r_{sN} + R_{vN} \\
 M_{vH} &= V_H + i_{vH} + R_{cH}, \quad R_{cH} = K_{lc} r_{sH} + R_{vH} \\
 M_{du} &= b_{o,U} + b_U, \quad M_{dl} = b_{o,L} + b_L \quad (10)
 \end{aligned}$$

$$f_H = f \frac{\left(\frac{P_{vH}}{P_{vN}} \right) \left(1 - \frac{P_{vN}}{K_a - K_w} \right)}{\left(1 - \frac{P_{vH}}{K_a - K_w} \right)} \quad (11)$$

$$w_{dv} = f \frac{\left(\frac{K_d P_{dv}}{P_{vN}}\right) \left(1 - \frac{P_{vN}}{K_a - K_{bv}}\right)}{\left(1 - \frac{P_{dv}}{K_a - K_{bv}}\right)} \quad (12)$$

$$w_{dl} = f \frac{(R_c - R_v) \left(\frac{P_{dl}}{P_{vN}}\right) \left(1 - \frac{P_{vN}}{K_a - K_{bv}}\right)}{\left(1 - \frac{P_{dl}}{K_a - K_{bv}}\right)} \quad (13)$$

그리고, 식(1), (2)와 식(11)를 이용하면 V_H 는 V_N 의 함수로 표현되고, 관찰된 화상전화 서비스의 채널이용률 $(R_{cN} + R_{cN})/K_k$ 로부터의 λ_{vN} , $\lambda_{vN}/\lambda_{vN}$ 과 가정된 p_{cN}/p_T 로부터 식(2), (6)과 (10)을 이용하여 V_N 의 값을 구할 수 있고, 무한 크기의 버퍼 ($N=\infty$)를 가정하여 식(9)와 (12), (13)으로부터 b_U , b_L 의 값을 구한다.

3.4 각 서비스별 성능 평가

데이터 서비스 사용자들은 전송코드를 할당받지 못하였을 때, 패킷의 전송을 버퍼의 크기만큼 지연시킬 수 있다. 반면에 화상전화 서비스 핸드오프호는 한계 프레임 수가 지난 후에도 전송코드를 할당받지 못하게 되면, 강제로 통화가 종료되게 된다. 또한, 완전 패킷 방식으로 화상전화 서비스를 지원하나, 음성트래픽에 있어서 회선 방식과 같은 성능을 지원해 줄 수 있으므로 음성 패킷과 실시간 영상 데이터 패킷에 대한 패킷 손실 확률은 존재하지 않는다. 따라서, 제안된 프로토콜의 성능을 평가하는 척도로는 화상전화 서비스 핸드오프호의 강제적 호 종료 확률(forced termination probability), 고속 및 저속 데이터 서비스의 평균 지연시간 그리고 화상전화 서비스의 차단률이 있다.

그림 3으로부터 화상전화 서비스의 신규호 및 핸드오프호의 패킷 전송 차단률은 제공부하에 대한 전송 실패 사용자 수의 비율과 같고, 화상전화 서비스 전체 전송 차단률 $P_{B,v}$ 는 화상전화 사용자 전체 제공부하(offered load) G_v 에 대해 구해진다.

$$P_{B,vN} = \frac{V_N(1-fK_{tc})}{V_N + R_{cN} - G_{vN}}, P_{B,vH} = \frac{V_H(1-f_H K_{tH})}{V_H + R_{cH} - G_{vH}} \quad (14)$$

$$G_v = V_N + R_{cN} - G_{vN} + V_H + R_{cH} - G_{vH}$$

$$P_{B,v} = \frac{V_N(1-fK_{tc}) + V_H(1-f_H K_{tH})}{G_v} \quad (15)$$

핸드오프호에 대한 강제적 호 종료율에 있어서 우선, 화상전화 서비스 핸드오프호 사용자가 전송코드 예약을 얻을 때까지 j 개의 프레임을 기다릴 확률은 다음과 같은 기하분포(geometric distribution)를 갖는다.

$$P_w(j) = (P_{B,vN})^j (1 - P_{B,vN}) \quad (16)$$

이때, 핸드오프호의 최대 지연 가능 프레임 수를 D 라할 때, $D+1$ 개 이상의 프레임을 기다릴 확률이 핸드오프호가 강제로 종료될 확률 P_{JT} 이고, 참고논문 [4]로부터 식(17)과 같다.

$$P_{JT} = \sum_{j=0}^{\infty} P_w(j) - \sum_{j=0}^D P_w(j) = (P_{B,vN})^{D+1} \quad (17)$$

고속 데이터 서비스 사용자의 평균 지연 프레임 수 $D_{av,U}$ 를 구할 때, 버퍼에 저장(backlog)된 고속 데이터 서비스 사용자의 패킷이 성공적인 전송을 위해 i 개의 프레임을 기다린다고 가정하면 i 의 평균은 다음과 같다.

$$Mean[i] = \sum_{i=0}^{\infty} i(1-w_{dv})^i w_{dv} = \frac{1-w_{dv}}{w_{dv}} \quad (18)$$

이로부터, $Buff_i$ 상태의 고속 데이터 서비스 사용자에게 발생하는 패킷은 평균적으로 $(j+1)(1-w_{dv})/w_{dv}$ 의 지연시간을 겪는다 ($j=0, \dots, N-1$). 이때, 고속 데이터 서비스 사용자가 $Buff_i$ 상태에 있을 확률은 b_j/M_{dv} 이므로 평형상태에서의 $D_{av,U}$ 는 식(19)와 같다.

$$D_{av,U} = \left(\frac{1-w_{dv}}{w_{dv}} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{b_j}{M_{dv}} (j+1) \right) = \left(\frac{1-w_{dv}}{w_{dv} M_{dv}} \left(\frac{P_{dv} b_0}{w_{dv}(1-p_{dv})} \right) \times \left(\frac{1 - \left(\frac{p_{dv}(1-w_{dv})}{w_{dv}(1-p_{dv})} \right)^{N-1}}{1 - \left(\frac{p_{dv}(1-w_{dv})}{w_{dv}(1-p_{dv})} \right)} - (N-1) \left(\frac{p_{dv}(1-w_{dv})}{w_{dv}(1-p_{dv})} \right)^{N-1} \right) + \left(\frac{1-w_{dv}}{w_{dv} M_{dv}} \right) \left(M_{dv} - \left(\frac{p_{dv}(1-w_{dv})}{w_{dv}(1-p_{dv})} \right)^{N-1} \right) \times \left(\frac{p_{dv}}{w_{dv}(1-p_{dv})} \right) b_0 \left(\frac{p_{dv}(1-w_{dv})}{w_{dv}} \right) \right) \quad (19)$$

이때, 무한 크기의 버퍼 ($N=\infty$)를 가정하면, 식 (19)는 참고논문 [4]에서와 같은 식 (20)이 되고, 저속 데이터 서비스 사용자의 평균 지연 프레임 수 $D_{av,L}$ 은 $D_{av,U}$ 와 동일한 방식으로 구한다.

$$D_{av,U} = \left(\frac{1-w_{d_u}}{w_{d_u}} \right) \left(\frac{1-\rho_{d_u} p_{d_u}}{1-\rho_{d_u}} \right), \left(\rho_{d_u} = \frac{p_{d_u}}{w_{d_u}} < 1 \right) \quad (20)$$

$$D_{av,L} = \left(\frac{1-w_{d_l}}{w_{d_l}} \right) \left(\frac{1-\rho_{d_l} p_{d_l}}{1-\rho_{d_l}} \right), \left(\rho_{d_l} = \frac{p_{d_l}}{w_{d_l}} < 1 \right)$$

IV. 시스템 성능 분석

본 논문에서는 셀룰러 시스템 상향링크에서 제안된 CDMA R-ALOHA 프로토콜에 대해 제시한 각 서비스 부시스템 Markov-chain 모델을 기반으로 한 모의실험 결과를 토대로 프로토콜의 성능을 분석하였다.

4.1 모의실험 모델 및 파라미터

제안한 프로토콜은 주어진 대역폭 B 에서 BPSK 변조방식과 랜덤한 직접확산시퀀스(random direct sequence)를 사용하여 다중 전송통을 지원하고 셀간 간섭(ICI)이 존재하지 않는 이상적인 전력제어를 가정한다. 모든 비트율은 최저비트율 R_n 의 배수이고 동일한 E_b/N_0 를 갖고, K_i 명의 사용자가 R_i 비트율을 전송했을 때 R_i 비트율을 전송한 임의의 k 번째 사용자의 BER은 AWGN 채널환경에서 식(21)과 같다^[7].

$$P_{b,i,k} = Q \left(\left[\frac{N_0}{2E_b} + \frac{1}{3N_i} \left(\sum_{j=1}^K \frac{R_j}{R_i} K_j - 1 \right) \right]^{-1/2} \right) \quad (21)$$

($B=1/T_c=N_i R_i$)

따라서, 음성과 저속 데이터 트래픽을 헤더정보를 고려하여 24kbps로 지원하고, 64kbps의 저속으로 압축 가능한 H.263 영상압축 기술을 이용한 영상데이터 트래픽을 가정하여 헤더정보를 포함한 72kbps로 영상 및 고속 데이터 트래픽을 지원하면, 식(14)로부터 음성과 저속 데이터의 요구 BER, 10^{-3} , 영상 및 고속 데이터의 요구 BER, 10^{-4} 을 가정하여 음성 및 영상트래픽 채널수 $K_n (=K_v)$ 와 고속 데이터서비스 채널수 K_d 는 각 8과 2로 설정하였다. 또한, 최저전송률 $R_n (=24\text{kbps})$ 으로 음성보다 낮은 BER, 3×10^{-4} 을 요구하면서 액세스를 시도한다고 가정하면, 랜덤 직접확산시퀀스를 이용한 단일 전송통을 나타내므로 식(21)로부터 식(22)를 얻어낼 수 있고, 이 식으로부터 전체 액세스코드 수 K_a 는 43으로 설정하였다.

$$P_b(K_a) = Q \left(\left[\frac{N_0}{2E_b} + \frac{K_a - 1}{3N_{R_s}} \right]^{-1/2} \right) < 3 \times 10^{-4} \quad (22)$$

수행된 수학적 모의실험에서는 실제 전송에 있어서의 액세스시의 충돌을 고려하고, 액세스를 성공한 각 서비스 사용자가 전송한 트래픽패킷은 오류가 없이 전송된다고 가정하여 FEC와 ARQ기법은 고려하지 않았다. 또한, 모든 서비스 사용자는 액세스 성공과 동시에 호접속 단계를 거친 것으로 가정하고 고속 및 저속 데이터 단말은 무한 크기의 버퍼를 갖는다고 가정하였다. 시스템 대역폭은 UTRA W-CDMA 방식에서와 같은 4.096MHz로 설정하였으며 H.263 압축기술을 이용한 영상데이터 프레임 발생률은 50frames/sec를 가정하고, 음성은 20ms 단위로 채널 부호화되므로 20ms 길이의 프레임을 가정하였다^[11]. 그리고, 화상전화 핸드오프호의 최대 지연가능 프레임수는 0으로 설정하여 핸드오프호의 강제적 호종료율은 차단률과 같은 값을 갖는다. On-Off 모델에서의 평균 음성 활성화구간과 비활성구간 α_v 와 β_v 는 각 1sec와 1.35sec로 음성활성도는 0.43이 되도록 하였고, 평균 음성 통화시간은 3min으로 설정하였다^{[2],[12]}. 그리고, 고속 및 저속 데이터 활성화도는 0.05로 가정하여 활성화구간과 비활성구간을 각각 57sec와 1080sec로 설정하였고, 이에 따라 각각 버스트(burst)한 특성으로 평균 4.104Mbits와 1.368Mbits의 전송정보량이 발생하게 된다^[13].

표 1. 수학적 모의실험 파라미터 값

파라미터	표기	설정값
대역폭	B	4.096 MHz
영상및고속 데이터트래픽 비트율	R_2	72kbps
음성및저속 데이터트래픽 비트율	R_1	24kbps
영상및고속 데이터트래픽 확산이득	N_2	56.9
음성및저속 데이터트래픽 확산이득	N_1	170.7
프레임 길이	τ	20ms
핸드오프호의 지연가능프레임수	D	0
평균 음성 활성화 구간	α_v	1000ms
평균 음성 비활성 구간	β_v	1350ms
화상전화 평균 통화 시간	t_v	3min
평균 고속및저속 데이터활성구간	$\alpha_{d_v}, \alpha_{d_l}$	57sec
평균 고속및저속 데이터비활성구간	β_{d_v}, β_{d_l}	1080sec
화상전화 서비스 채널 수	K_{n_v}, K_{n_l}	8
고속 데이터 서비스 채널 수	K_d	2
전체 액세스 코드 수	K_a	43

4.2 모의실험 결과 및 분석

셀룰러 환경에서 제안된 멀티미디어 서비스 지원 프로토콜의 성능을 분석하기 위해 3가지 요소를 고려한다. 첫번째로 화상전화 서비스 신규호의 도착률 λ_{vn} 에 따라 평형상태에서 관찰되는 각 채널 이용률(channel utilization)에서의 화상전화 서비스 호 차단률과 고속 및 저속 데이터 서비스의 지연시간을 분석한다. 두번째로는 $\lambda_{vn}/\lambda_{vw}$ 의 비율로 사용자의 이동성(mobility)을 나타내는 요소이다. 따라서, 이 동성의 변화에 따라 핸드오프호를 지원할 수 있는 성능을 확인할 수 있다. 세번째로 화상전화 서비스 사용자의 프레임 당 통화 발생 확률과 통화 종료 확률 p_{cn}/p_{T} 의 비율로서 프레임 당 통화 발생 확률의 변화에 따른 화상전화 서비스의 시스템 용량의 변화를 예측할 수 있다. 또한, 전송 제어 기법을 적용하지 않는 Spread S-ALOHA(Slotted-ALOHA) 방식과의 성능 비교를 통하여 액세스 허용확률을 이용한 전송제어방식의 효율성을 예시한다^{[14],[15]}.

그림 6은 Spread S-ALOHA 방식과 제안하는 프로토콜의 셀 내의 화상전화 서비스 사용자 수 M_v 의 변화에 따른 차단률의 변화를 나타낸 것으로 V_N, V_H 의 증가로 인해 차단률의 증가가 급격하게 일어나는 한계 M_v (congestion point) 이상에서도 제안하는 프로토콜은 경쟁 사용자 수의 추정을 통해 서비스별로 패킷 전송을 제어하는 액세스 허용 확률을 적용하여 우선권이 있는 핸드오프호의 QoS를

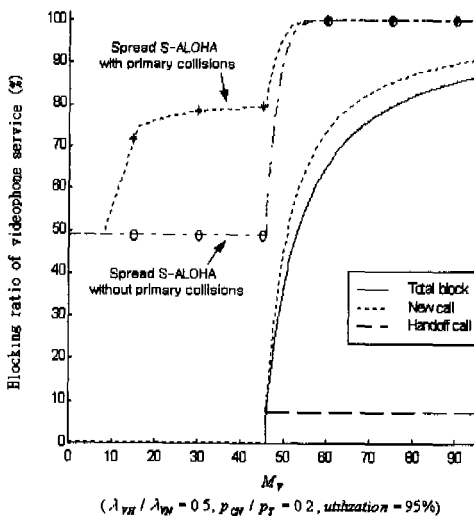


그림 6. 화상전화서비스호의 차단률 및 Spread S-ALOHA 방식과 비교

보장할 수 있고, 전송 제어 기법을 적용하지 않는 Spread S-ALOHA 방식과 확연한 성능의 차이를 나타냄을 알 수 있다. 따라서, M_v 의 변화에 따른 성능으로부터 화상전화 서비스가 요구하는 QoS를 제공할 수 있는 시스템 용량을 예측할 수 있다.

화상전화서비스 호차단률에 있어서 화상전화 신규호 도착률 λ_{vn} 의 변화는 M_v 의 변화에 따른 그림 7에서, 신규호 발생량과 통화종료 발생량이 동일하여 평형상태를 이루고 경쟁 사용자수 V_N, V_H 가 증가하는 한계 M_v 및 평형상태에서 일정하게 유지되는 채널이용률의 변화로 나타난다. 즉, $K_b=8$ 일 때, $\lambda_{vn}=160$ calls/hour 이면 채널이용률은 100%이고, 그림 7로부터 평형상태에서 λ_{vn} 의 증가에 따라 화상전화서비스의 채널이용률과 한계 M_v 가 증가함과 동시에 높은 액세스 허용확률을 갖고 액세스를 시도하는 핸드오프호의 차단률은 신규호보다 크게 감소하며 전체적인 차단률도 감소한다.

평형상태에서 화상전화서비스 채널이용률에 따른 저속 및 고속 데이터서비스의 j 번째 버퍼에 발생하는 패킷이 전송되는데 걸리는 평균 전송지연시간은 M_{dc}, M_{dv} 의 변화에 따라 그림 8과 그림 9에 나타나 있고, 그림 8의 저속 데이터서비스에서는 한계 M_v 보다 큰 화상전화서비스 사용자수에서 화상전화 서비스의 채널이용률이 증가함에 따라 저속 데이터 서비스가 이용할 수 있는 가용채널수 $R_c - R_v$ 가 증가하므로 지연 프레임수가 감소한다. 그림 9의 고속

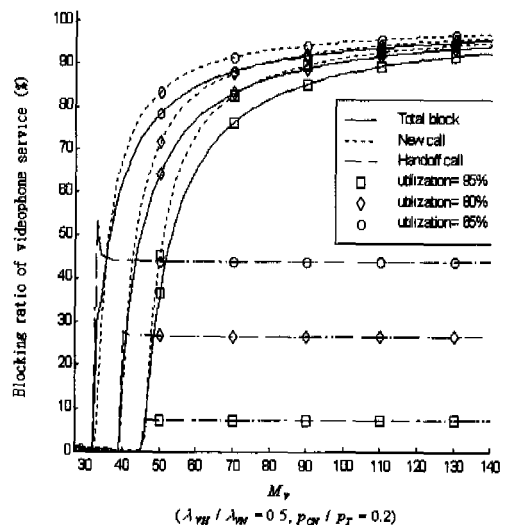


그림 7. 각 채널이용률에서 화상전화서비스 호차단률

데이터서비스에서는 채널이용률의 증가에 따라 화상전화서비스의 V_N, V_H 의 수가 감소하므로 지연 프레임수가 감소함을 알 수 있고, 저속 및 고속 데이터서비스 모두 M_{dL}, M_{dH} 의 증가에 따라 지연 프레임수가 지수적으로 급격하게 증가한다. 그리고 저속 데이터서비스는 음성트래픽 복음상태에서의 가용 전송코드를 이용하여 고속 데이터서비스보다 많은 전송코드를 지원받을 수 있으므로 지연 프레임 수가 작다.

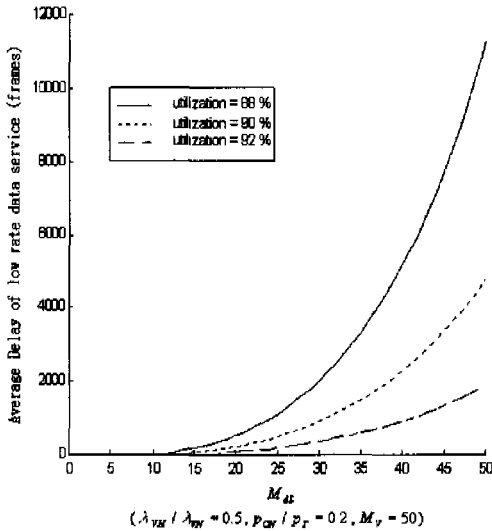


그림 8. 각 채널이용률에서 저속데이터의 평균지연시간

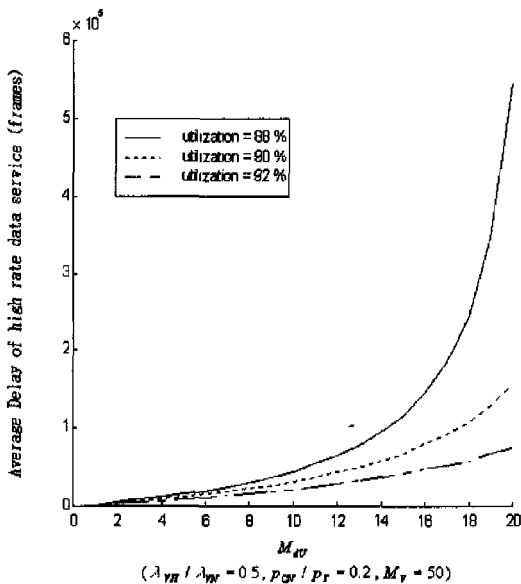


그림 9. 각 채널이용률에서 고속데이터의 평균지연시간

$\lambda_{vH}/\lambda_{vL}$ 의 변화는 셀내 화상전화서비스 사용자의 이동성 변화를 나타낸다. 즉, 서비스 사용자의 이동성 증가에 따라 핸드오프호의 도착량이 증가하게 되는데, 그림 10의 화상전화서비스 호 차단률에 있어서는 높은 액세스 허용확률을 갖는 핸드오프호 도착량의 증가에 따라 신규호 차단률은 증가하고, 또한 V_H 의 증가로 핸드오프호의 차단률도 증가하나 전체 채널이용률은 일정하여 신규호와 핸드오프호를 포함한 전체적인 화상전화서비스 호 차단률은 변화하지 않는다. 따라서, 제안한 액세스 허용확률의 적용으로 핸드오프호의 우선권과 QoS는 보장될 수 있으나, 신규호에 대한 QoS는 화상전화서비스 사용자의 이동성 증가시 일정하게 유지되지 못한다. 저속 및 고속 데이터서비스의 평균 지연시간에서는 $\lambda_{vH}/\lambda_{vL}$ 의 증가에 따라 데이터서비스 가용 채널수의 변화가 없으므로 평균 지연시간의 변화는 없다.

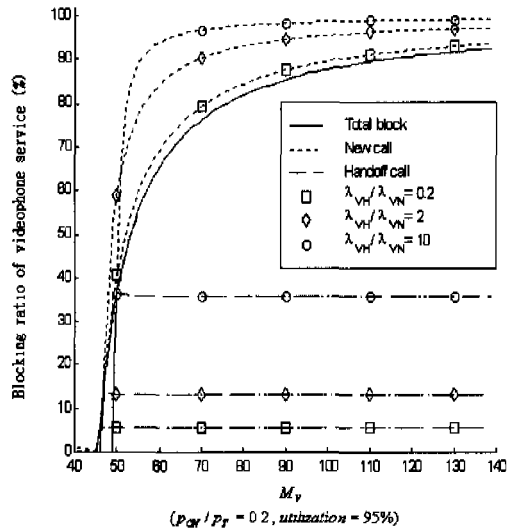


그림 10. 각 $\lambda_{vH}/\lambda_{vL}$ 에서 화상전화서비스 호 차단률

화상전화서비스 사용자의 프레임당 신규호 발생 확률과 통화종료확률 p_{cH}/p_T 의 변화에 따라 화상전화서비스의 성능을 평가할 수 있다^[12]. 그림 11의 화상전화서비스 호 차단률에 있어서 p_{cH}/p_T 의 변화에 따라 한계 M_v , 시스템용량의 변화가 발생한다. 즉, p_{cH}/p_T 의 비율이 증가할수록 화상전화 신규호 도착간격 t_{cH} 이 감소하여 신규호의 휴지상태 사용자 수 i_{vH} 과 한계 M_v 는 감소하게 된다($p_{cH}/p_T=0.2$ 일때, $t_{cH}=15min$). 한편, 신규호와 핸드오프호 및 전체적

인 차단률 증감과 데이터서비스 가용 채널수의 변화에 따른 평균지연시간에 미치는 영향은 없다.

V. 결론

본 논문에서는 셀룰러 시스템 상향 링크에서 음성데이터 및 실시간 영상데이터로 구성된 화상전화서비스, 고속 및 저속 데이터서비스의 다중전송률 서비스를 다중전송률 전송방식으로 통합지원할 수 있는 CDMA R-ALOHA 프로토콜을 제안하였다. 제안한 프로토콜은 액세스슬롯과 전송슬롯이 구분된 프레임 구조를 이용한 코드할당방식으로 전송슬롯에서의 간섭을 줄였다. 또한, 각 서비스의 트래픽 특성에 따른 전송코드 예약과 화상전화서비스의 핸드오프호를 고려하여 분석된 각 서비스 부시스템의 Markov-chain 모델을 이용한 서비스별 채널경쟁 사용자수 추정을 기반으로 서비스별 액세스허용확률을 제안하여, 액세스슬롯에서의 패킷충돌을 감소시키고 핸드오프호의 우선권을 보장할 수 있다. 그리고 화상전화서비스의 영상데이터 전송정보를 이용한 전송코드 예약방식을 제안하여, 음성트래픽을 패킷의 손실이 없이 지원하였고 고속 및 저속 데이터 서비스를 통해 채널이용효율을 극대화하였다.

수행된 모의실험 결과로부터 각 서비스가 요구하는 QoS를 만족시킬 수 있는 시스템 용량을 예측할 수 있고, 다중 전송률의 서비스를 지원할 수 있어 IMT-2000 시스템에서 멀티미디어 서비스를 수용할 수 있는 매체접근제어기법으로 고려될 수 있다.

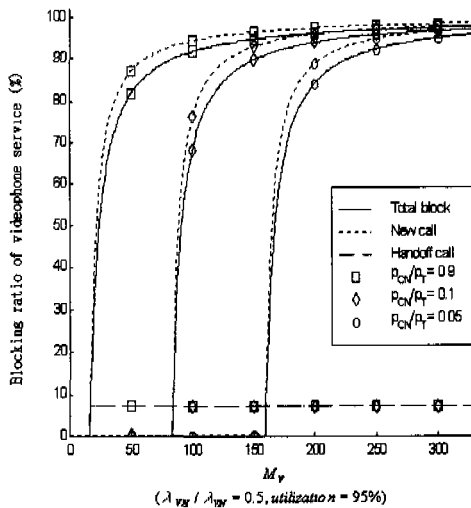


그림 11. 각 p_{CV}/p_T 에서 화상전화서비스 호 차단률

참고 문헌

- [1] S. Nanda, "Analysis of packet reservation multiple access : voice data integration for wireless networks," *Proceedings of GLOBECOM '90*, pp. 1984-1988, 1990.
- [2] Alex E. Brand and *et al.*, "Performance of a joint CDMA/PRMA Protocol for Mixed Voice/Data Transmission for Third Generation Mobile Communication," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 14, no. 9, pp. 1698-1707, December 1996.
- [3] Kazuro MORI and Koji OGURA, "An Investigation of Permission Probability Control in Reserved/Random CDMA Packet Radio Communicaions," *Proceedings of PIMRC '97*, pp. 933-937, May 1997.
- [4] Lijun Tan and *et al.*, "A Reservation Random-Access Protocol for Voice/Data Integrated Spread-Spectrum Multiple-Access Systems," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 14, no. 9, pp. 1717-1727, December 1996.
- [5] 조춘근, 허경, 이연우, 차균현, "다중 트래픽 지원을 위한 CDMA 예약 ALOHA 방안의 성능 분석," *한국 통신 학회 논문지*, 제 24권, 제 12호, 1999.
- [6] Karel Rijkse, "H.263 : Video Coding for Low-Bit-rate Communicaion," *IEEE Communications Magazine*, pp. 42-45, December 1996.
- [7] Tony Ottosson and *et al.*, "Multi-rate Schemes in DS/CDMA Systems," *Proceedings of IEEE Vehicular Technology conference*, pp. 1006-1010, July 1995.
- [8] Zhao Liu and M.E. Zarki, "Performance analysis of DS-CDMA with slotted ALOHA access for packet pcns," *Proceedings of PIMRC '94*, pp. 1034-1039, 1994.
- [9] S. Kowtha and D.R. Vaman, "A Generalized ATM Traffic Model and its Application in Bandwidth Allocation," *Proceedings of IEEE ICC '92*, pp. 1009-1013, 1992.
- [10] E. Geraniotis and *et al.*, "Multi-Media

Integration in CDMA Networks," *Proceedings of ISSSTA'98*, pp. 88-97, September 1998.

[11] Erik Dahlman and *et al.*, "WCDMA-The Radio Interface for Future Mobile Multimedia Communications," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 47, no. 4, pp. 1105-1117, November 1998.

[12] Yi-Bing Lin and *et al.*, "The Sub-Rating Channel Assignment Strategy for PCS Hand-offs," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 45, no. 1, pp. 122-130, February 1996.

[13] Xiaowen Wu and *et al.*, "Dynamic Slot Allocation Multiple Access Protocol for Wireless ATM Networks," *Proceedings of IEEE ICC'97*, pp. 1560-1565, June 1997.

[14] D. Raychaudhuri, "Performance analysis of random access packet-switched code division multiple access systems," *IEEE Transactions on Communications*, vol. COM-23, no. 6, pp. 895-901, June 1981.

[15] Choon-Geun Cho and *et al.*, "Performance of CDMA slotted ALOHA in cellular environment," *Proceedings of APCC/ICCS'98*, pp. 228-231, November 1998.

허 경(Kyeong Hur)

정회원



1998년 2월: 고려대학교
전자공학과 학사
2000년 2월: 고려대학교
전자공학과 석사
2000년 3월~현재: 고려대학교
전자공학과 박사과정
재학 중

<주관심 분야> 통신네트워크 설계 및 성능분석,
IP 네트워크, 이동 멀티미디어 시스템

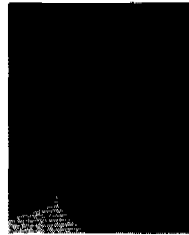
김 수 원(Soo-Won Kim)

정회원

1974년 2월: 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1976년 2월: 고려대학교 전자공학과 석사
1987년: Texas A&M 대학교 공학박사
1987년~현재: 고려대학교 전자공학과 교수

엄 두 섭(Doo-Seop Eom)

정회원



1987년 2월: 고려대학교
전자공학과 학사
1989년 2월: 고려대학교
전자공학과 석사
1999년 3월: 일본오사카대학
정보통신공학과 박사
1989년 2월~1999년 8월:

한국전자통신연구소 연구원

1999년 9월~2000년 8월: 원광대학교 전임강사

2000년 9월~현재: 고려대학교 전기전자전파공학부

조교수

<주관심 분야> 통신네트워크 설계 및 성능분석,
무선 ATM, IP 네트워크

차 균 현(Kyun Hyon Tchah)

정회원



1965년 2월: 서울대학교
전기공학과 학사

1967년 6월: 미국 일리노이
공과대학 석사

1976년 6월: 서울대학교
전자공학과 박사

1977년 3월~현재: 고려대학교 전자공학과 교수

1998년 1월~1998년 12월: 한국통신학회 회장

1998년 4월~현재: 한국전자통신연구원 부이사장

<주관심 분야> 통신 이론, 이동 통신, 위성 통신,
이동 멀티미디어 시스템