

# DS-CDMA 멀티미디어 네트워크에서의 호 수락 제어

正會員 金 鎬 俊\*, 朴 炳 勳\*, 黃 金 燦\*

## Call Admission Control in DS-CDMA Multimedia Networks

Ho-Joon Kim\*, Byeong-Hoon Park\*, Keum-Chan Whang\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 음성 호와 데이터 호를 제공하는 멀티미디어 DS-CDMA 셀룰라 네트워크에서 자기 셀과 인접 셀의 신호대-간섭비(SIR) 및 여유용량을 기준으로 호 수락을 제어하여 각 미디어간 성능이 균형을 이루면서 요구되는 QoS를 확보할 수 있는 알고리즘을 제안하고 그 성능을 시뮬레이션에 의해 기존의 알고리즘과 비교 분석하였다. 제안된 알고리즘은 기지국에서 추정된 역방향 SIR 값에 따라 알고리즘에 의해 계산된 여유용량(residual capacity)을 호 수락 제어의 기준으로 하며, 여유용량 계산시 자기 셀 뿐만 아니라 인접 셀의 신호대-간섭비 값을 참조한다. 호 수락 제어시 각 미디어별로 여유용량 임계값을 달리 설정하여 한 미디어의 호가 다른 미디어의 진행중인 호의 품질을 저하시키지 않도록 한다. 이 알고리즘의 성능 평가를 위해 동일 부하(homogeneous load) 및 밀집 부하(hot spot load) 조건을 고려했으며, 제안된 알고리즘은 모든 부하 조건에서 기존의 알고리즘에 비해 성능이 우수하였다. 특히, 밀집 셀(hot spot cell)에서는 비-밀집 셀의 통화 억제 대가로 모든 성능이 개선되었으며, 인접 셀 간섭결합계수( $\beta$ )를 통화 부하에 비례하게 가변함으로써 성능이탈확률이 일정 값 이하로 현저히 개선되는 효과를 얻을 수 있었다. 또한 여유용량 임계값 조정에 의해 각 미디어간 성능의 균형을 유지할 수 있었다.

### ABSTRACT

In this paper, we propose an enhanced call admission control algorithm based on SIR and residual capacity for DS-CDMA multimedia network servicing voice calls and data calls, which provides balanced QoS for each media. The proposed algorithm refers Residual Capacity calculated according to reverse link SIR at the base station, where not only the home base station but also the adjacent base stations' SIR are considered. The call control ensures that a new call does not degrade the quality of on-going call of other medium by setting the residual capacity threshold differently for each medium. Both homogeneous load and hot spot load are considered for evaluating the performance of the algorithm. The proposed algorithm outperforms existing algorithm at all load condition. Especially, the performance at hot spot cell is excellent, and varying the adjacent cell interference coupling coefficient ( $\beta$ ) gives the effect that the outage probability remains below a certain value at high load condition. And the performance of each medium can be balanced by adjusting the residual capacity threshold value.

\* 연세대학교 전기공학과  
 論文番號 : 98123-0317  
 接受日字 : 1998年 3月 17日

## I. 서 론

최근 전파 전파 특성과 전력 제어에 관련된 DS-CDMA 시스템의 용량에 관한 연구가 많이 발표되었다 [1]~[6]. 그러나 호 발생 과정의 특성과 호 부하의 변화에 따른 셀룰라 시스템의 용량을 연구한 내용은 그리 많지 않다. 또한 DS-CDMA 시스템의 SIR(Signal-to-Interference Ratio) 분포에 관한 컴퓨터 시뮬레이션 결과[7]와 이론적 해석[17]이 있었으나 통화 부하를 고려하지는 못했다. 한편 통화 부하의 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 방안으로 DCA(Dynamic Channel Allocation) 기법이 FDMA/CDMA 셀룰라 시스템 및 무선 ATM 시스템에서 활발히 연구되고 있다[8]~[12]. Liu는 신호대-간섭비와 여유 용량(residual capacity)을 이용한 호 수락 알고리즘을 제안하고 비균일 부하 환경에서 시스템 성능이 우수함을 보였다[16]. 그러나 이 연구는 음성 호 만 고려하였고 비균일 셀 설정이 단순하여 실제 환경과는 차이가 있었다. 또한 이 알고리즘을 멀티미디어 트래픽에 적용할 경우 미디어간 성능의 불균형이 심화되는 문제점이 있다. 한편, 이동/무선 네트워크에서의 분산 호 제어 알고리즘에 대한 연구가 있었으나 이 또한 균일부하 조건 만을 고려했다[18]. 최근에 Chang은 CDMA 시스템에서의 음성 및 데이터 통합 처리를 위한 QoS 기반의 호 수락 제어 알고리즘을 연구했으나, 각 미디어의 성능 균형은 간과하였다[19]. 따라서 본 논문에서는 음성 호와 데이터 호가 존재하는 DS-CDMA 멀티미디어 시스템에서 각 미디어 간의 호차단확률 및 성능이탈확률 성능이 균형을 이루면서 일반적으로 요구되는 QoS 값을 모든 부하량에서 만족할 수 있는 호 제어 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통해 그 성능을 분석한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II절에서는 본 연구에 사용된 DS-CDMA 셀룰라 시스템 모델, 전파 전파 모델, 역방향 링크 신호대-간섭비, 그리고 통화 모델이 소개된다. III절에서는 DS-CDMA 멀티미디어 네트워크를 위한 신호대-간섭비 기반의 호 수락 제어 알고리즘이 소개된다. IV절에서는 파라미터가 시스템의 성능에 미치는 영향을 연구하기 위한 시뮬레이션이 수행된다. 알고리즘의 적절한 설계 요소를 선택한 후 성능을 평가하고 상호 비교한다. 마지막으로 결과 고찰과 결론이 V절에 주어진다.

## II. DS-CDMA 멀티미디어 시스템 모델

### 가. DS-CDMA 시스템 모델

각 사용자의 구별은 고유한 확산 부호를 부여함으로써 이루어진다. 본 논문에서 사용된 DS-CDMA 시스템의 모델과 그에 관련된 가정은 다음과 같다.

- [1] 그림 1과같이 배열된 동일 크기의 육각형 셀 37개를 서비스 영역으로 간주하며, 비-균일부하 조건 운영 시 전체중  $\frac{1}{3}$  개의 임의의 셀을 밀집통화 셀로 설정하고, 나머지는 보통 셀로 설정한다.
- [2] 기지국은 각 셀의 중심에 위치하고 전방향성 안테나를 사용한다.
- [3] 각 셀은 주변의 6 셀에게 자기 셀의 SIR 및 여유용량 정보를 제공한다.
- [4] 상향 링크와 하향 링크에 대해 서로 다른 주파수 대역이 할당되는 FDD(Frequency Divided Duplex) 방식을 사용하여, 단말은 기지국 신호로부터만, 기지국은 단말들로부터만 간섭 영향을 받는다.
- [5] 가우시안 잡음은 무시하여, 신호대-잡음비를 SIR에 의해 결정한다.
- [6] 각 단말은 홈 셀의 기지국에 대해 송신 전력을 제어하며 각 미디어 별로 송신 전력의 크기를 달리한다.
- [7] 시스템에 접속을 시도하는 단말은 전파 감쇄가 가장 적은 셀을 홈 셀로 결정한다.
- [8] 음성 활동도는 고려하지 않는다. 즉, 각 단말은 호 완료 시까지 연속적으로 채널을 사용한다.
- [9] 단말의 이동성은 고려하지 않으며 각 셀 내에서 균일하게 분포하는 것으로 가정한다.
- [10] 멀티미디어 트래픽으로 음성 호와 데이터 호를 고려한다.

### 나. 전파 전파 모델과 신호대-간섭비(SIR)

셀룰라 시스템에서의 전파 전파 특성은 거리에 따른 경로 감쇄, 로그노말 쇄도우잉, 다중 경로 감쇄 세가지 요소의 영향을 받으며 이들은 서로 독립적으로 간주할 수 있다[14]. 일반적으로 DS-CDMA 시스템은 경로 감쇄의 평균이 거리의  $\alpha$  제곱에 비례하고 로그노말 분포에 따른 쇄도우잉이 존재하는 모델을 일반적으로 사용한다[2][14]. 즉 기지국으로부터  $r$  만큼 떨어진 단말에서의 평균 수신 신호의 크기  $I(r)$ 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

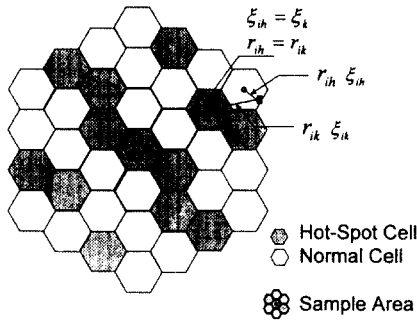


그림 1. 시뮬레이션에 사용된 셀 배열(37셀)  
Fig. 1 The cellular layout for the simulation(37 cell)

$$I(r) = 10^{\xi/10} r^{-\alpha} \quad (1)$$

이 때 데시벨 단위의  $\xi$ 는 평균이 영이고 표준 편차가  $\sigma$ 인 정규 분포이다. 이는 거리에 무관하고 5~12 dB의 값을 가지며 8 dB가 일반적이다. 셀룰라 시스템에서의  $\alpha$ 는 2.7~4.0이 일반적이다[5]. 왜도우잉 효과 때문에 호를 시작하는 단말은 지형적으로 가까운 셀에 접속되지 않고 전파 감쇄가 가장 작은 주변의 셀에 접속될 수 있다.

DS-CDMA 시스템이 K개의 셀로 구성되어있고 셀 k에서  $n_v$ 개의 음성 호와  $n_D$ 개의 데이터 호가 서비스 중이라고 가정하면 셀 k의 기지국에서 수신된 신호의 총 전력은 모든 단말로부터 수신된 전력의 합이다.

$$\begin{aligned} I(k) &= \sum_{h=0}^K \sum_{i=0}^{N_h} I_i(h, k) \\ &= S_V \sum_{h=1}^K \sum_{i=1}^{n_h} \left( \frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^\alpha 10^{(\xi_a - \xi_{ih})/10} \\ &\quad + S_D \sum_{h=1}^K \sum_{i=1}^{n_h} \left( \frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^\alpha 10^{(\xi_a - \xi_{ih})/10} \\ &= n_v S_V + n_D S_D + S_V \sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{n_h} \left( \frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^\alpha 10^{(\xi_a - \xi_{ih})/10} \\ &\quad + S_D \sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{n_h} \left( \frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^\alpha 10^{(\xi_a - \xi_{ih})/10} \end{aligned} \quad (2)$$

$$SIR_v(k) = \frac{S_V}{I(k) - S_V} = \frac{1}{n_v - 1 + n_D \frac{S_D}{S_V} + \left( \sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{n_h} \left( \frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^\alpha 10^{(\xi_a - \xi_{ih})/10} \right) + \frac{S_D}{S_V} \left( \sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{n_h} \left( \frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^\alpha 10^{(\xi_a - \xi_{ih})/10} \right)} \quad (3)$$

$$SIR_D(k) = \frac{S_D}{I(k) - S_D} = \frac{1}{n_D - 1 + n_v \frac{S_V}{S_D} + \left( \sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{n_h} \left( \frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^\alpha 10^{(\xi_a - \xi_{ih})/10} \right) + \frac{S_V}{S_D} \left( \sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{n_h} \left( \frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^\alpha 10^{(\xi_a - \xi_{ih})/10} \right)} \quad (4)$$

여기서는  $I_i(h, k)$  단말  $i$ 가 자신의 홈 셀로 송신하는 전력을 셀  $k$ 의 기지국에서 수신한 전력이고,  $r_{ih}$ 는 단말  $i$ 로부터 홈 셀  $h$ 의 기지국까지의 거리이며,  $r_{ik}$ 는 단말  $i$ 로부터 셀  $k$ 의 기지국까지의 거리이다. 또한  $S_V, S_D$ 는 각각 음성 단말과 데이터 단말에서 송출되어 홈 셀 기지국에서 수신되는 전력 크기로서, 이상적인 역방향 전력제어에 의해 모든 단말은 같은 미디어에 대해 같은 크기의 전력을 사용한다.

셀  $k$ 의 기지국에서 측정된 각 미디어별 신호대-간섭비,  $SIR_v(k)$  또는  $SIR_D(k)$ 는 다른 모든 단말들로부터 수신된 전력의 합 분에 통화 대상 단말의 전력으로 음성 호 및 데이터 호에 대해 각각 식(3) 그리고 식(4)와 같다.

멀티미디어 CDMA 시스템에서 각 미디어 사이의 QoS 보장은 확산 이득(Processing gain)과 코딩 이득, 그리고 송신 전력 제어 등을 통해 이룰 수 있다. 본 논문에서는 확산 이득과 코딩 이득은 각 미디어에 대해 일정하다고 가정하고 송신 전력을 미디어 별로 달리 설정하는 방식을 연구한다. 표 1에서 보는 바와 같이 음성 호는 비트 오류가  $10^{-3}$  이하이기 위한 최소  $E_b/N_0$  마진이 7 dB이고 데이터 호는 비트 오류가  $10^{-5}$  이하이기 위한 최소  $E_b/N_0$  마진이 10 dB 이므로 데이터 호의 SIR 값은 음성 호의 SIR 값보다 3 dB 만큼 커야 한다. 즉 음성 호와 데이터 호의 SIR 비율 및 송신 전력의 비는 다음 식을 만족해야 한다.

$$\frac{SIR_D}{SIR_V} = \frac{\frac{S_D}{I - S_D}}{\frac{S_V}{I - S_V}} = \frac{S_D/S_V}{I - S_D/I - S_V} = 2 \quad (5)$$

이때 타 신호에 의한 간섭량 I는 94% 이상이 자기 셀에서의 간섭량이므로 다른 셀에서의 간섭량은 무시할 수 있다[2]. 사용중인 음성 호와 데이터 호의 수를 각각 N개라고 하면 식(5)는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{SIR_D}{SIR_V} = \frac{S_D/S_V}{N(S_V + S_D) - S_D/N(S_V + S_D) - S_V} = 2 \quad (6)$$

식(6)을  $\frac{S_D}{S_V}$  에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{S_D}{S_V} = 2 \frac{(N-1) \frac{S_D}{S_V} + N}{N \frac{S_D}{S_V} + (N-1)} \quad (7)$$

$$\frac{S_D}{S_V} = \frac{(N-1) + \sqrt{(N-1)^2 - 2N + 1}}{2N} \quad (8)$$

보통의 통화 부하량인  $N = 15$  일 경우  $S_D/S_V \approx 1.968$  이 된다. 즉, 데이터 호의 송신 전력은 음성 호의 송신 전력보다 약 2배 만큼 커야 QoS를 만족할 수 있다.

다. 통화 모델

셀  $k$ 에서의 신규 호 발생 과정은 평균 발생률  $\lambda$ 의 독립적인 포아송 분포로 모델화한다. 이때 음성 호의 평균 발생률을  $\lambda_V$ 라하고 데이터 호의 평균 발생률을  $\lambda_D$ 라 하면 전체 평균 호 발생률은  $\lambda = \lambda_V + \lambda_D$ 이다. 전체 평균 호 발생률에 대한 음성 호 및 데이터 호의 상대 발생률을 각각  $r_V = \lambda_V/\lambda$ ,  $r_D = \lambda_D/\lambda$ 라 하면  $r_V + r_D = 1$ ,  $0 \leq r_V \leq 1$ ,  $0 \leq r_D \leq 1$ 인 관계가 있다. 호 서비스 시간은 지수함수 분포인 랜덤 변수로 모델화 한다. 즉 음성 호의 평균 서비스 시간은  $1/\mu_V$  초이고, 데이터 호의 평균 서비스 시간은  $1/\mu_D$  초이다. 음성 호의 통화 부하량과 데이터 호의 통화 부하량을 각각  $G_V$ ,  $G_D$ 라 하고 총 통화 부하량을  $G$ 라 하면 통화 부하량, 평균 호 발생률, 호 서비스 시간의 관계는 식(9)와 같다.

$$\begin{aligned} G &= G_V + G_D \\ &= \lambda \left( \frac{r_V}{\mu_V} + \frac{r_D}{\mu_D} \right) \\ &= \lambda \left( \frac{(1-r_D)}{\mu_V} + \frac{r_D}{\mu_D} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

총 통화 부하량과 데이터 호의 비율( $r_D$ )로써 음성 호

와 데이터 호 통화발생 특성을 모델링할 수 있으며 식(10)과 같이 포아송 분포 발생 함수의 평균 발생률 상수  $\lambda$ 의 값을 계산할 수 있다. 이 값에 따라 평균 발생률  $\lambda$ 인 포아송 분포의 호가 발생된다.

$$\lambda = G \left( \frac{(1-r_D)}{\mu_V} + \frac{r_D}{\mu_D} \right)^{-1} \quad (10)$$

이때  $r_D$ 는 데이터 호의 구성 비율이지 통화 부하량을 나타내지는 않는다. 따라서 데이터 호의 부하량 비율로부터 데이터 호 구성 비율을 계산할 필요가 있다. 총 통화 부하량에 대한 데이터 호 부하량의 비율을  $g_D$ 라 하면  $G_D = Gg_D = r_D\lambda/\mu_D$ 이고  $G/\lambda = r_D/\mu_D g_D$ 이다. 식(9)에서  $G/\lambda = (1-r_D)/\mu_V + r_D/\mu_D$ 이므로 위 두 식에 의해 데이터 호의 부하량 비율로부터 데이터 호 발생 비율을 계산하는 관계식을 식(11)과 같이 구할 수 있다.

$$r_D = \frac{1/\mu_V}{1/\mu_D g_D + 1/\mu_V - 1/\mu_D} \quad (11)$$

음성 및 데이터 두 가지 트래픽의 특성은 표 1과 같다.

표 1. 음성 및 데이터 트래픽 특성  
Table 1. Traffic Characteristics of Voice and Data

미디어 종류	데이터 전송율	평균통화 시간	비트 오류율	확산 이득	간섭 임계값	통화 발생률	통화 부하율
음성	64 Kbps	180 초	$10^{-5}$	26 dB	$EIR_0 = 7\text{dB}$	$r_V = 0.9$	$g_V = 0.5$
데이터	64 Kbps	1800 초	$10^{-5}$	26 dB	$EIR_0 = 10\text{dB}$	$r_D = 0.1$	$g_D = 0.5$

발생 호의 위치는 그 셀 내에 균일하게 분포하는 것으로 가정하며 서비스가 진행되는 동안 단말은 이동하지 않는 것으로 가정한다. 따라서 핸드오버 호는 고려하지 않는다.

III. 멀티미디어 호 수락제어 알고리즘

가. SIR 기반의 CAC 알고리즘

DS-CDMA 시스템에서 한 셀의 여유 용량은 시스템의 성능이탈 확률이 어느 수준 이하로 유지될 수 있는 상태에서 허용할 수 있는 추가 호의 갯수를 말한

다. 이때 성능이탈확률은 전송 품질이 확보되지 않을 확률이다. DS-CDMA 시스템에서 핸드 오버 호를 수용하면 시스템 전체의 간섭량을 줄이게 되므로 간섭만을 생각하면 핸드 오버 호는 그 셀의 여유 용량에 영향을 미치지 않는다.

제안된 호 수락제어 알고리즘의 흐름은 다음과 같다.

1. 각 셀  $k$ 의 기지국은 주기적으로 역방향 링크의  $SIR_k$ 를 측정하고, 그 인접 셀로부터 역방향 링크  $SIR$  측정치를 얻는다.
2. 각 셀  $k$ 의 기지국은 자기 셀에서의 통화 부하량  $G$ 를 추정하고 다음 식에 의해  $\beta$ 를 계산한다.

$$\beta(G) = 0.01 \times G \quad (12)$$

3. 셀  $k$ 에서의 각 미디어별 여유용량  $R_{kV}$ ,  $R_{kD}$ 는 다음 식에 의해 재계산 된다.

$$R_k = \begin{cases} \min\{R_k^{(j)} \mid j \in x(k)\} & \text{if } \min\{R_k^{(j)} \mid j \in x(k)\} > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

$$\text{여기서, } R_k^{(j)} = \begin{cases} \left| \frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{1}{SIR_k} \right| & \text{if } j = k \\ \left| \frac{1}{\beta(G)} \left( \frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{1}{SIR_j} \right) \right| & \text{if } j \in x(k) \end{cases}$$

이다.

이때  $SIR_{TH}$ 는 기지국 수신단 입력측에서의  $SIR$  임계값이며,  $\lfloor X \rfloor$ 는  $X$ 이하의 최대 정수이다. 또한  $\min\{X\}$ 는  $X$ 의 최소값이고,  $x(k)$ 는  $k$  셀과 그 인접 셀들을 포함하는 부분집합이며,  $x(k)$ 는  $k$  셀의 인접 셀들만을 포함하는 부분집합이고,  $\beta$ 는 인접 셀과의 간섭결합계수이며,  $G$ 는 자기 셀에서의 호 발생량이다. 이때 음성 호의 경우  $SIR_{TH} = SIR_{THV}$  값을 사용하고, 데이터 호의 경우  $SIR_{TH} = SIR_{THD}$  값을 사용한다.

4. 셀  $k$ 에서 새 호가 발생하면 기지국은 호의 종류에 따라 여유용량  $R_{kV}$  또는  $R_{kD}$ 를 점검하여
  - 1) 음성 호의 경우  $R_{kV} > 1$ 이고  $R_{kD} > 0$ 이면 새 호를 수락하고 아닌 경우 호를 거절한다.
  - 2) 데이터 호의 경우  $R_{kD} > 1$ 이고  $R_{kV} > 0$ 이면 새 호를 수락하고 아닌 경우 호를 거절한다.

전술한 바와 같이 여유용량을 계산하는데 역방향 링크의  $SIR$ 를 사용한 이유는 순방향 링크가 송신 전력 제어와 동기식 전송 방식을 사용함으로써 DS-CDMA 시스템의 용량이 역방향 링크에 좌우되기 때문이다[2]. 여유용량을 추정하는데 자기 셀에서 측정된 역방향  $SIR$  값과 인접 셀에서의 역방향  $SIR$  값들을 간섭 결합 계수  $\beta$ 을 고려한 값으로 여유용량을 추정한다. 자기 셀에서 측정된  $SIR$  값은 자기 셀의 용량에 미치는 시스템 전체의 부하의 영향을 반영하기는 하지만, 자기 셀의 부하량이 시스템의 다른 셀에 미치는 효과를 충분히 반영하지는 못한다. 따라서 인접 셀의  $SIR$  측정치와 이를 고려하는 정도를 결정하는 파라미터  $\beta$ 를 사용함으로써 인접 셀이 과부하일 경우 자기 셀의 통화량을 줄이게 된다. 이에 따라 한 셀은 여유용량을 추정할 때 과부하인 인접 셀에게 양보하는 효과를 낸다[16]. 본 논문의 알고리즘은 간섭 결합 계수  $\beta$  값을 자기 셀의 호 부하량에 따라 선형적으로 가변함으로써 호차단확률과 성능이탈확률 성능의 최대 이득을 얻을 수 있으며, 간섭결합계수  $\beta$ 값의 허용 범위인 0.1과 0.9에 통화 부하량( $G$ )을 대응시키는 선형변환 관계식으로 식(12)를 사용한다[20]. 호 수락의 최종 결정은 식(11)에 의한 여유용량에 따르며 음성호의 경우 데이터 호의 품질을 보호하기 위해 여유용량 임계값을 상대적으로 상향조정하고, 데이터 호의 경우는 그와 반대로 한다. 이 알고리즘에 의해 두 미디어 간의 성능이 균형을 이룰 수 있다.

#### 나. 성능 평가

시스템 성능은 호차단 확률(Blocking Probability) 및 성능이탈확률(Outage-Probability)로 측정된다. 본 연구에서의 호차단확률은 다음과 같이 정의 된다.

$$P_{BLK}(k) = \begin{cases} P_r(R_{kV} \leq 1 \text{ or } R_{kD} \leq 0) & \text{음성호의 경우} \\ P_r(R_{kD} \leq 1 \text{ or } R_{kV} \leq 0) & \text{데이터호의 경우} \end{cases} \quad (14)$$

또한 성능이탈확률은 다음과 같이 정의 된다.

$$P_{OTG}(k) = P_r\left(\frac{E_b}{N_0} < EIR_0\right) \quad (15)$$

또다른 성능 평가 지표는 일량 용량으로 한 셀에서 호차단 확률이 0.02 일때의 일량 수용 부하로 정의 된다.

### IV. 시뮬레이션

#### 가. 설계 요소의 영향

본 논문에서는 성능 지표로 중심 셀과 그 인접 셀에서의 호차단 확률 ( $P_{BLK}$ )과 성능이탈 확률 ( $P_{OTG}$ )이 측정된다. 시스템의 호차단확률과 성능이탈확률 성능에 영향을 미치는 시스템 파라미터는 SIR 임계값, 미디어 간의 전력 비율, 미디어간의 부하 비율 등이 있다. 음성 전용 시스템과 데이터 전용 시스템을 각각 독립적으로 운영해서 그림 2와 같은 결과를 얻을 수 있었다. SIR 임계값이 증가함에 따라 호차단확률은 점진적으로 증가하고 (0.1/dB) 성능이탈확률은 특정 임계값 이상에서 급격히 감소하였다. 일반적으로 음성 미디어를 위한 비트오율 요구값인  $10^{-3}$ 을 만족하려면 SIR 임계값은 약 -19 dB 이하여야 하고, 데이터 미디어를 위한 비트오율 요구치인  $10^{-5}$ 을 만족하려면 SIR 임계값은 약 -16 dB 이하여야 한다. 음성과 데이터를 동시 수용하는 멀티미디어 시스템에서는 각각 요구하는 QoS를 만족하기위해서 두 미디어 간 단말의 송신 전력비(음성 호의 전력 대 데이터 호의 전력비)는 약 2.0 이어야 하고 SIR 임계값의 차이는 3 dB 여야 한다. 호차단확률과 성능이탈확률 성능 사이에는 상호 절충관계가 있으며 허용 성능이탈확률 이내에서 호차단확률이 최소가 되도록 SIR 임계값을 최소로 설정해야 최대 성능이 얻어진다.

음성과 데이터 서비스가 공존하는 멀티미디어 시스템

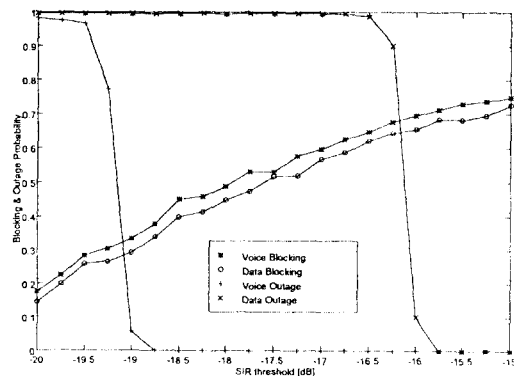


그림 2. 독립적인 음성 호와 데이터 호에서의 SIR 임계값에 대한 성능의 변화

Fig. 2 Blocking and Outage Probability vs. SIR threshold for the independent voice call or data call

에서 음성미디어에 대한 데이터 미디어의 송신 전력비를 2.0으로 하고 SIR 임계값의 차를 3 dB로 하여 운영했을 때 SIR 임계값 근방에서의 시스템의 성능은 그림 3과 같다. 또한 통화 부하량의 변화에 따른 시스템의 성능에 대해 독립적인 운영 시와 동시운영시의 호차단확률과 성능이탈확률은 각각 그림 4 그리고 그림 5와 같다.

그림 4, 5에서 보듯이, 음성과 데이터 호가 동시에 운영되는 시스템의 성능은 음성 호만이 서비스되는 시스템의 성능과 데이터 호만 서비스되는 시스템의 성능

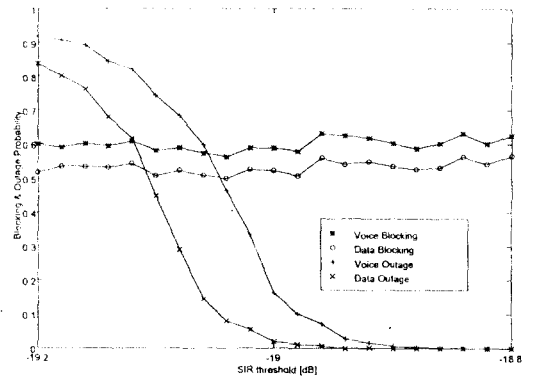


그림 3. 음성 호와 데이터 호를 고려한 멀티미디어 시스템에서의 SIR 임계값에 대한 성능변화

Fig. 3 Blocking and Outage Probability vs. SIR threshold for the multimedia system considering voice call and data call

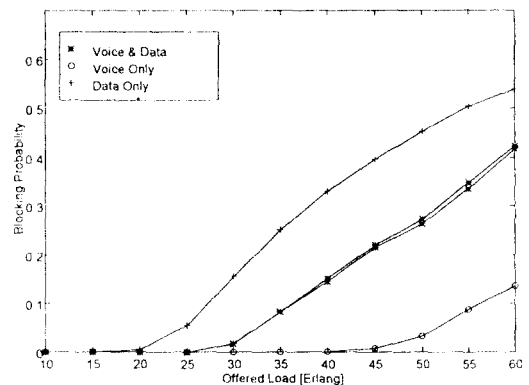


그림 4. 독립적인 시스템과 멀티미디어 시스템에서의 통화 부하량 변화에 대한 호차단 성능

Fig. 4 Blocking probabilities vs. offered load for the independent system and the multimedia system

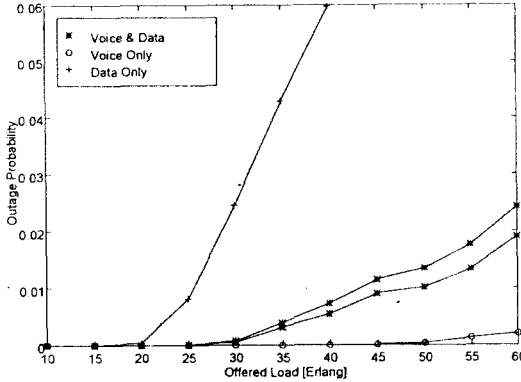


그림 5. 독립적인 시스템과 멀티미디어 시스템에서 통화 부하량 변화에 대한 성능이탈확률 성능  
 Fig. 5 Outage probabilities vs. offered load for the independent system and the multimedia system

의 중간을 유지한다. 이는 개선된 알고리즘과의 비교를 위한 기준으로 사용된다.

이때 미디어간 송신전력 비율과 SIR 임계값 차이의 미소 변화에 대해 두 미디어 간의 성능 차이가 있으므로 성능의 균형을 유지하기 위해 송신전력 비율과 SIR 임계값 차이의 미소 조정이 필요하다. 미디어 간의 성능의 균형 점을 찾기 위해 송신 전력비에 따른 각 미디어의 성능 변화를 살펴보면 그림 6과 같은 결과가 나온다. 이때 두 미디어 간의 호차단확률과 성능이탈확률 성능의 균형을 유지하려면 송신 전력비는 1.968로 설정해야 함을 알 수 있다. 이 송신 전력비에 따른 성능 균형

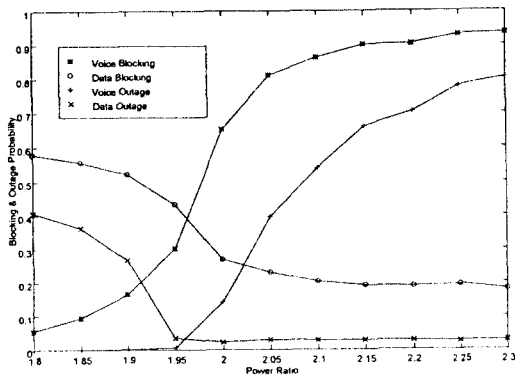


그림 6. 음성 호와 데이터 호의 전력비에 대한 성능 변화  
 Fig. 6 Blocking and outage probability vs. power ratio of data to voice for the multimedia system

양상은 통화 부하량에 상관 없이 같은 경향을 보인다.

그림 7은 각 미디어의 호 발생 비율에 따른 성능의 추이를 나타낸다. 데이터 호의 비율이 높아지면 모든 성능이 나빠짐을 알 수 있으며 두 미디어 간의 상대적 성능 차이는 호차단 성능에 대해서는 별 차이가 없고 성능이탈확률은 약간의 차이가 있음을 알 수 있다. 본 논문에서는 음성에 대한 데이터 호의 발생 비율을 0.1로 하여 통화 부하 비율을 1:1로 운영한다.

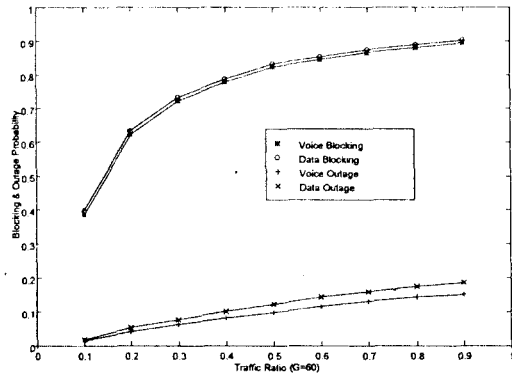


그림 7. 미디어간 통화부하 비율이 변할 때 각각의 성능의 변화  
 Fig. 7 Blocking and outage probability vs. traffic ratio variation

제안된 알고리즘은 여유용량 계산 시 주변 셀의 SIR 값을 고려한다. 이때 주변 셀의 SIR 값을 고려하는 정도인  $\beta$  값이 변화하는데 따른 두 미디어의 성능 변화가 동일부하 조건에서 그림 8과같이 나타난다.

데이터 호는  $\beta$  값의 변화에 따라 호차단 성능의 변화가 음성 호에 비해 큰 결과가 나왔다. 이는 데이터 호가 상대적으로 높은 전력을 사용하므로 주변 셀에 미치는 간섭 영향이 크기 때문이다. 그러나, 성능이탈확률은  $\beta$  값이 변하더라도 음성 호와 데이터 호의 차이가 없다.

한편, 각 셀들의 부하량이 일정하지 않은 비균일 부하환경에서는  $\beta$  값이 증가함에 따라 밀집부하 셀과 비-밀집부하 셀에서의 호차단 성능이 같아지는 방향으로 변화하였다. 그리고 성능이탈확률은  $\beta$  값이 변하더라도 음성 호와 데이터 호의 차이가 없다. 따라서 균일 부하 및 비-균일 부하 모두에 대해  $\beta$  값을 변화함으로써 두 미디어간 호차단확률 성능의 균등화

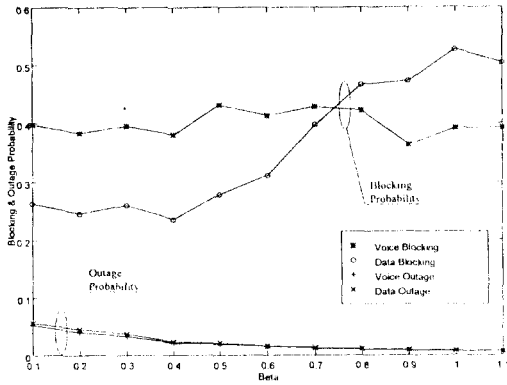


그림 8.  $\beta$  값의 변화에 따른 두 미디어의 성능 변화(균일 부하 시)

Fig. 8 Blocking and outage probability vs.  $\beta$  in homogeneous load

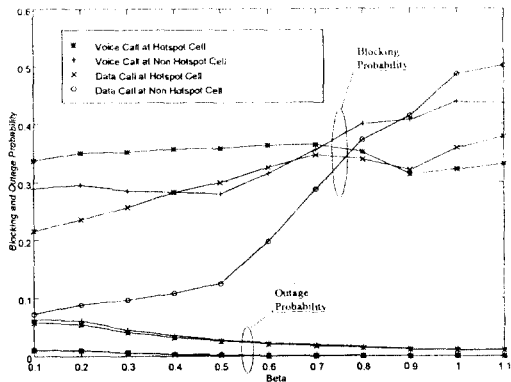


그림 9.  $\beta$  값의 변화에 따른 밀집 셀과 비밀집 셀에서의 두 미디어의 성능 변화(비-균일부하 시)

Fig. 9 Blocking and outage probability vs.  $\beta$  in non-homogeneous load

효과를 낼 수 있으며  $\beta$  값을 0.7 정도까지 증가함으로써 성능이탈확률을 낮출 수 있는 부수 효과를 낼 수 있다. 이러한 경향은 통화 부하량이 60 Erlang일 때를 기준으로 하였으며 통화 부하량이 30 Erlang 이하인 경우에는 호차단확률, 성능이탈확률이 모두 낮아지며 두 미디어간 성능의 차이도 미소하다. 따라서 통화 부하량에 따라  $\beta$  값을 가변 하면 모든 부하량에 대해 성능을 극대화할 수 있다. 여기에서 본 논문 알고리즘의 착안점을 찾을 수 있다.

호 수락 제어 알고리즘에서 음성 호나 데이터 호를 제한적으로 수락하여 상대 호의 성능을 개선했을 경

우 전체 시스템의 성능 변화는 다음과 같다. 음성 호를 제한하는 알고리즘의 경우 호차단확률 성능은 그림 10, 성능이탈확률 성능은 그림 11과 같다. 음성 호는 여유 용량이 1, 3 이상일 경우에만 호를 수락하도록 했을 때 데이터 호의 호차단확률 성능은 개선되고 성능이탈확률의 변화는 적음을 알 수 있다.

데이터 호를 제한하는 알고리즘의 경우 호차단확률 성능은 그림 12, 성능이탈확률 성능은 그림 13과 같다. 데이터 호는 여유 용량이 1, 3 이상일 경우에만 호를 수락하도록 했을 때 음성 호의 호차단확률 성능은 상

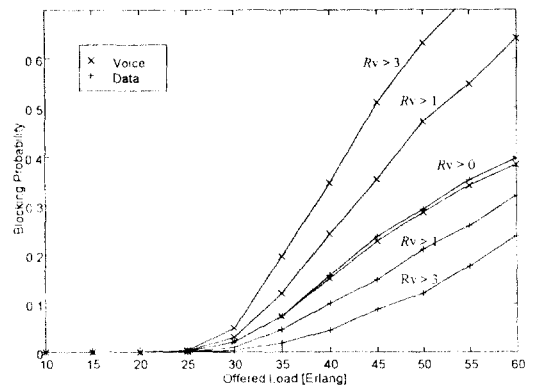


그림 10. 음성 호를 제한하였을 때 각 미디어의 호차단확률 변화

Fig. 10 Blocking probability vs. offered load in voice call restricted condition

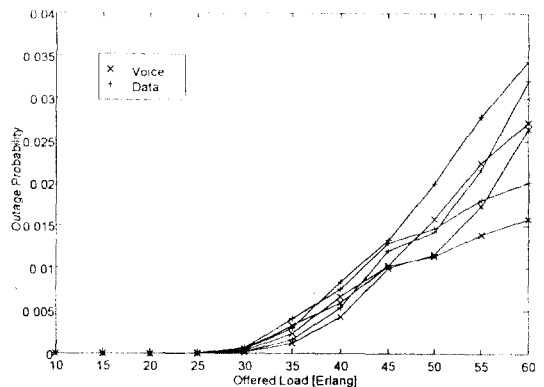


그림 11. 음성 호를 제한하였을 때 각 미디어의 성능이탈확률 변화

Fig. 11 Outage probability vs. offered load in voice call restricted condition



당히 개선되고 성능이탈확률 성능의 변화가 비교적 큼을 알 수 있다. 그러나 두 미디어간의 성능이탈확률 성능 차이는 미미함을 알 수 있다. 따라서 미디어 간 호차단확률 성능의 균형을 위해 각각의 미디어 호 수락을 선택적으로 제안하는 알고리즘이 유용함을 알 수 있다.

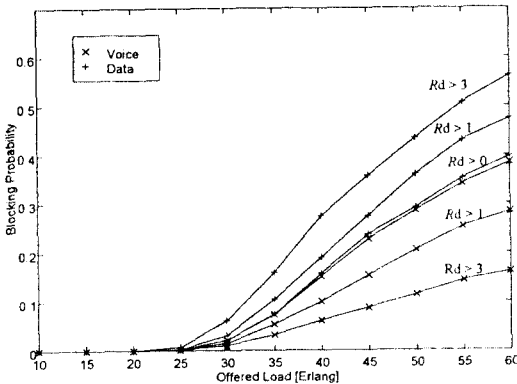


그림 12. 데이터 호를 제한하였을 때 각 미디어의 호차단 확률 변화  
Fig. 12 Blocking probability vs. offered load in data call restricted condition

을 사용할 수 있고, 따라서 많은 수의 호를 허용해줄 수 있어 호차단확률이 낮아진다. 반면에 높은 SIR 임계값을 사용하여 적은 수의 호를 허용하면 성능이탈 확률이 개선되는 대신 호차단확률 성능이 나빠진다. 여 유용량 계산 시 주변 셀의 SIR 값을 고려하는 정도인 간섭결합계수  $\beta$ 를 변화 함으로써 밀집 셀의 호차단 확률 성능을 개선할 수 있다. 또한 호 수락을 결정하는 여유용량 임계값을 조정함으로써 음성 호와 데이터 호의 성능을 절충할 수 있다.

본 연구에서 설계 요소를 선택하는 일은 호차단확률과 성능이탈확률 사이에 절충점을 찾는 것과 음성 호와 데이터 호의 성능 균형을 이룰 수 있는 여유용량 임계값을 찾는 것, 그리고 최적의  $\beta$  값을 선정하는 데 있다. 그리고 서로 다른 알고리즘의 성능을 상대 비교하기 위해 두 성능 지표 중 성능이탈확률이 각 알고리즘에 대해 균형을 이루도록 조정하는 것이 필요하다.

Liu[16]의 알고리즘을 멀티미디어 네트워크 시스템에 적용한 국부알고리즘, 밀집 셀에 유리하도록 제안된 알고리즘(알고리즘-1), 그리고 통화 부하량에 적응하도록 제안된 알고리즘(알고리즘-2)을 위한 시스템 파라미터는 표 2와 같다.

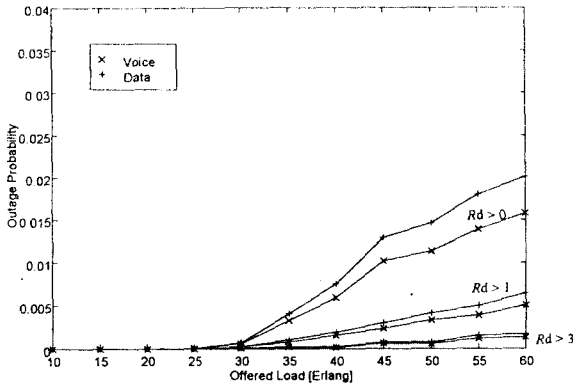


그림 13. 데이터 호를 제한하였을 때 각 미디어의 성능이탈확률 변화  
Fig. 13 Outage probability vs. offered load in data call restricted condition

표 2. 각 알고리즘에 대해 선택된 설계요소 값  
Table 2. The values of design parameter selected for each algorithm

설계요소	Local 알고리즘	알고리즘-1	알고리즘-2
데이터 호의 상대 전력비( $S_D/S_V$ )	1.968	1.970	1.970
음성 호의 SIR 임계값( $SIR_{TH V}$ )	-18.996 dB	-19.010 dB	-19.010 dB
데이터 호의 SIR 임계값( $SIR_{TH D}$ )	-16.053 dB	-19.053 dB	-19.053 dB
간섭결합 계수 $\beta$	--	0.6	0.01G*
음성 호의 여유용량 임계값	--	0 또는 1	0 또는 1
데이터 호의 여유용량 임계값	--	0 또는 1	0 또는 1

나. 설계 요소의 선택

높은 성능이탈확률이 허용된다면, 낮은 SIR 임계값

\*: G는 자기 셀에서의 통화 부하량

다. 성능 비교

가) 절에서 살펴본 시스템 설계 요소의 영향을 바탕으로 두 미디어 간 성능의 균형을 유지하면서 최대의 성능을 낼 수 있는 호 수락제어 알고리즘(Proposed Algorithm-1)과 과부하 상황에서도 성능 열화를 극소화할 수 있는 개선된 알고리즘(Proposed Algorithm-2)를 제안하여 나)절에서 선택된 파라미터에 따라 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 상대적 비교를 위해 기존의 국부셀 호 수락제어 알고리즘(Local Algorithm)의 시뮬레이션 결과와 위의 두 알고리즘 결과를 제시한다.

먼저, 균일부하 조건에서의 각 알고리즘의 성능이 음성 호는 그림 14, 데이터 호는 그림 15에 보인다. 음성 호에서 호차단확률은 기존의 국부알고리즘이 알고리즘-1 그리고 알고리즘-2에 비해 성능이 우수하였으나 성능이탈확률 성능은 제안된 두 알고리즘이 더 우수하였다. 데이터 호에서 호차단확률은 알고리즘-1이 부하량이 많아질 수록 성능이 우수하였고 알고리즘-2는 기존의 국부알고리즘에 비해 성능이 열화되었다. 하지만, 성능이탈확률 성능면에서는 제안된 두 알고리즘이 더 우월함을 알 수 있었다. 전체적으로 균일 부하 조건에서 제안된 알고리즘은 호차단확률 성능면에서는 별 이득이 없으나 성능이탈확률 성능은 기존의 알고리즘에 비해 우수함을 알 수 있다.

비-균일부하 조건에서의 각 알고리즘의 성능이 음성 호는 그림 16, 데이터 호는 그림 17에 보인다. 음성 호에서 호차단확률은 제안된 알고리즘-1, 알고리즘-2

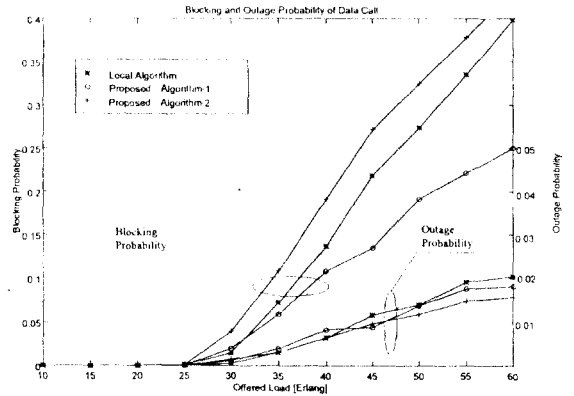


그림 15. 균일부하 조건에서의 데이터 호에 대한 각 알고리즘의 성능

Fig. 15 Blocking and Outage probability of data call vs. offered load in homogeneous load

모두 전 부하 영역에서 낮아져서 약 5 Erlang 정도의 용량증가를 기대할 수 있다. 또한 성능이탈확률은 제안된 두 알고리즘이 50 Erlang 이상의 과부하 영역에서 성능이 개선됨을 알 수 있다. 특히 알고리즘-2는 성능이탈확률이 더 이상 증가하지 않고 일정한 값을 유지함을 알 수 있다. 데이터 호에서의 호차단확률 성능은 제안된 알고리즘-1이 가장 우수하고 알고리즘-2는 기존의 알고리즘에 비해 약간의 개선이 있었다. 한편 성능이탈확률 성능면에서는 모든 알고리즘의 비슷한 양상을 보였으나 알고리즘-2는 50 Erlang 이상의

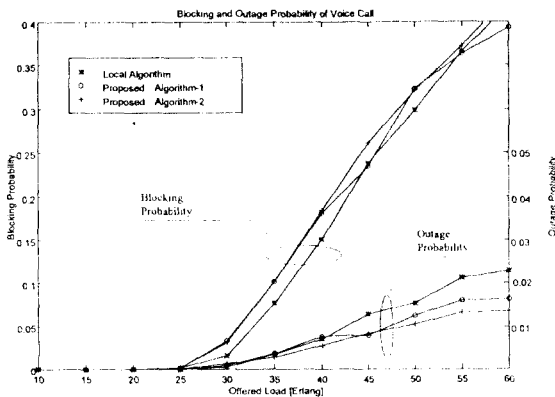


그림 14. 균일부하 조건에서의 음성 호에 대한 각 알고리즘의 성능

Fig. 14 Blocking and Outage probability of voice call vs. offered load in homogeneous load

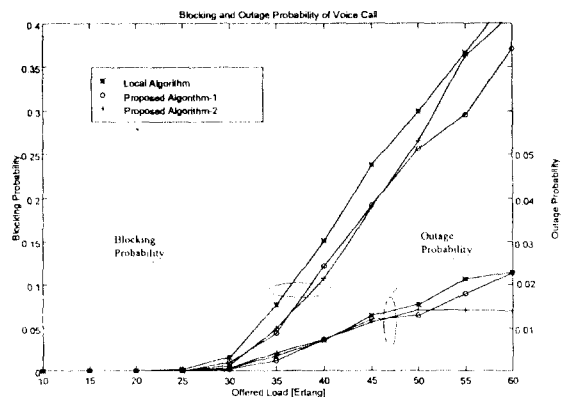


그림 16. 비균일 부하 조건에서 음성 호에 대한 각 알고리즘의 성능

Fig. 16 Blocking and Outage probability of voice call vs. offered load in non-homogeneous load

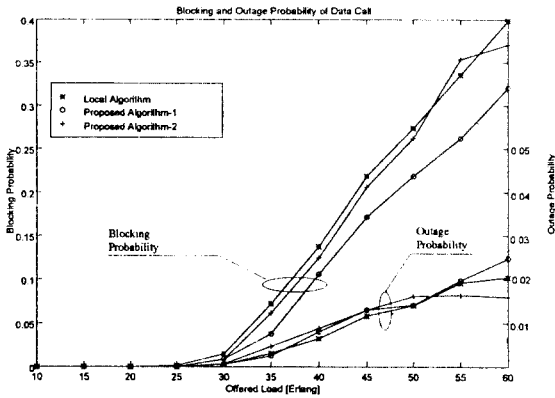


그림 17. 비균일 부하 조건에서 데이터 호에 대한 각 알고리즘의 성능

Fig. 17 Blocking and Outage probability of data call vs. offered load in non-homogeneous load

과부하 상황에서 성능이탈확률이 더 이상 증가하지 않고 일정한 값으로 수렴함을 알 수 있다. 전체적으로 비-균일 부하 조건에서 제안된 두 알고리즘은 모든 부하량에 영역에서 기존의 국부알고리즘에 비해 우월한 성능을 보였으며, 알고리즘-2는 과부하 상황에서도 QoS를 확보할 수 있는 특성이 있었다. 그리고 각 미디어간의 호차단확률 및 성능이탈확률이 큰 차이가 없는 균형을 이룰 수 있었다.

### V. 결 론

본 논문은 음성 호와 데이터 호를 제공하는 DS-CDMA 멀티미디어 네트워크에서 자기 셀과 인접 셀의 신호대-간섭비(SIR) 및 여유용량을 기준으로 호 수락을 제어하여 각 미디어간 성능이 균형을 이루면서 요구되는 QoS를 확보할 수 있는 알고리즘을 제안하고 그 성능을 시뮬레이션에 의해 기존의 알고리즘과 비교 분석하였다.

본 연구를 통해 각 미디어에 대한 호차단확률 및 성능이탈확률의 차이는 사용하는 전력의 상대비율에 민감하며, 특히, 호차단확률은 인접 셀 간섭결합계수  $\beta$  와 여유용량 임계값의 영향을 크게 받음을 알 수 있었다. 따라서 전력비율을 조정하여 성능이탈확률의 균형을 유지하고 호 수락 시 사용되는 여유용량 임계값을 조절함으로써 호차단확률의 균형을 도모할 수 있었다. 또한 인접 셀 간섭결합계수를 자기 셀의 통화

부하량에 따라 가변함으로써 과부하 상황에서의 성능이탈확률 증가를 억제할 수 있었다.

이상을 고려하여 제안된 알고리즘은 모든 부하 조건에서 기존의 알고리즘에 비해 성능이 우수하였다. 특히, 밀집 셀(hot spot cell)에서는 비-밀집 셀의 통화억제의 대가로 모든 성능이 개선되었으며, 인접 셀 간섭결합계수( $\beta$ )를 통화 부하에 비례하게 가변함으로써 성능이탈확률이 일정 값 이하로 현저히 개선되는 효과를 얻을 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 멀티미디어 호 수락제어 알고리즘은 과부하 상황에서도 QoS(Quality of Service)를 확보할 수 있고 각 미디어 간의 성능의 균형을 이룰 수 있으며, 서비스의 특성에 따라 호차단확률을 임의로 제어할 수 있어 무선 멀티미디어 시스템에 효과적일 것이다.

### 참 고 문 헌

1. W.C.Y. Lee, "Overview of cellular CDMA," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol. 40, pp. 291-302, May 1991.
2. K.S. Gilhousen, I.M. Jacobs, R Padovani, A.J. Viterbi, L.A. Weaver, Jr., and C.E. Wheatley, "On the capacity of a cellular CDMA system," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol.40, pp. 303-312, May 1991.
3. G.L. Stuber and C. Kchao, "Analysis of a multiple-cell direct-sequence CDMA cellular mobile radio system," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 10, pp. 669-679, May 1992.
4. L.B. Milstein, T. S. Rappaport, and R. Barghoun, "Performance evaluation for cellular CDMA," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 10, pp. 680-688, May 1992.
5. T.S. Rappaport and L.B. Milstein, "Effect of radio propagation path loss on DS-CDMA cellular frequency reuse efficiency for the reverse channel," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol. 41, pp. 231-242, Aug. 1992.
6. R.R. Gejji, "Forward-link-power control in CDMA cellular systems," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol 41, pp. 479-487, Nov. 1992.
7. C.C. Huang, "Computer simulation of a direct sequ-

- ence spread spectrum cellular radio architecture," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, vol. 41 pp. 479-487, NOV. 1992.
8. D.E. Everitt and N.W. Macfadyen, "Analysis of multicellular mobile radio telephone systems with loss," *British Telecom. Technol. J.*, vol. 1, pp. 37-45, 1983.
  9. D. Everitt and D. Manfield, "Performance analysis of cellular mobile communication systems with dynamic channel assignment," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 7, pp. 1172-1180, Oct. 1989.
  10. R. Beck and H. Panzer, "Strategies for handover and dynamic channel allocation in micro-cellular mobile radio systems," in *Proc. IEEE Vehic. Tech. Conf.*, May 1989, pp. 178-185.
  11. R. W. Nettleton, "A high capacity assignment method for cellular mobile telephone systems," in *Proc. IEEE Vehic. Tech. Conf.*, May 1989, pp. 359-367.
  12. L. J. Cimini, Jr., G. J. Doschini, and C.-L. I, "Call blocking performanec of distributed algorithms for dynamic channel allocation in micro-cells," in *Proc. IEEE ICC'92*, 1992. pp. 1327-1332.
  13. A. Salmasi, "An overview of code division multiple access (CDMA) applied to the design of personal communications networks," in S. Nanda and D. Goodman, Eds., *Third Generation Wireless Information Networks*. Boston, MA: Kluwer, 1992, pp. 277-298.
  14. G.L. Stuber, L-B. Yiin, and E.M. Long, "Outage control in digital cellular system," *IEEE Trans. Vehic. Technol.*, vol. 40, pp. 177-187, Feb. 1991.
  15. IS-95 "Mobile station-base station compatibility standard for dual-mode wideband spread spectrum cellular system," 1993.
  16. Zhao Liu, Magda E. Zarki, "SIR-based call admission control for DS-CDMA cellular systems," *IEEE Journal on Selected Area in Communications*, vol.12, May 1994.
  17. Michele Zorzi, "On the analytical computation of the interference statistics with applications to the performance evaluation of mobile radio system," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 45, pp.103-109, Jan. 1997.
  18. M. Naghshineh, M. Schwartz, "Distributed call admission control in mobile/wireless networks," *IEEE J. Selected Areas in Commun.*, Vol.14, No.4, May 1996.
  19. Rong-Fong Chang, Shiunn-Wen Wang, "QoS based call admission controll for integrated voice and data in CDMA systems," *PIMRC '96*, pp. 623-627, 1996.
  20. 김호준, 박병훈, 이진호, 황급찬, "DS-CDMA 셀룰라 시스템을 위한 개선된 SIR 기반의 호 수락 제어," *한국통신학회논문지*, Vol.23. No.4, pp. 957-966, Apr. 1998.



金 鎬 俊 (Ho-Joon Kim) 정회원

1963년 6월 6일생

1986년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

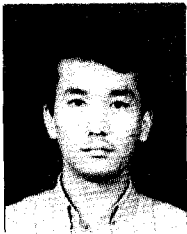
1988년 2월 : 연세대학교 본대학원 전기공학과 졸업(석사)

1988년 3월 ~ 1993년 4월 : 삼성종합기술원 근무

1998년 8월 : 연세대학교 본대학원 전기공학과 졸업(공학 박사)

※ 주관심분야 : 멀티미디어 네트워크, 이동통신시스템, 디지털 신호 처리

e-mail : hjkim@commsys.yonsei.ac.kr



朴 炳 勳 (Byeong-Hoon Park) 정회원

1986년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1988년 2월 : 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학 석사)

1988년 3월 ~ 1994년 2월 : 삼성전자 선임연구원

1994년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 대학원 전기공학과 박사과정

※ 주관심분야 : 이동통신, 통신 프로토콜, 멀티미디어 네트워크

黃 金 燦 (Keum-Chan Whang) 정회원

1944년 7월 18일생

1967년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1979년 6월 : Polytechnic Institute of New York Electrical Eng. (Ph.D)

1980년 9월 ~ 현재 : 연세대학교 전기공학과 교수

※ 주관심분야 : 이동무선통신, 대역확산 통신, 무선 패킷망, 광대역 통신망, 탄성표면파 소자 및 그 응용 분야