

論文2003-40TC-12-11

## CDMA 무선망상의 멀티미디어 서비스를 위한 QoS 제공 호 제어 기법

(QoS-Aware Call Admission Control for Multimedia over  
CDMA Network)

鄭龍燦 \* , 鄭世征 \* , 辛志太 \*\*

(Yongchan Jeong, Sejung Jung, and Jitae Shin)

### 요약

3G와 그 이후의 CDMA 무선망 시스템에서는 다양한 멀티미디어 서비스를 위해 서로 다른 요구조건을 가지는 몇 개의 트래픽 클래스로 정의되고 분류되어 적용될 예정이다. CDMA 시스템 상의 한정되고 가변적인 자원들을 효과적으로 사용하기 위해 서로 다른 트래픽 클래스의 QoS (Quality of Service) 요구조건을 고려하여 주어진 자원들을 적절하게 분배할 필요가 있으며, 이 자원 조절의 중요한 메커니즘으로 대표적인 것 중의 하나가 호 허가 제어 (Call Admission Control : CAC)라고 볼 수 있다. 본 논문에서는 트래픽 클래스별 서로 다른 요구(예: 비트 오차율)들을 고려하여 이를 트래픽 클래스 별로 호제어에 사용하는 수신전력 임계치(threshold)에 반영하여 서비스 공평성(fairness)과 트래픽별 우선순위에 따른 서비스 차별화(differentiation)를 제공할 수 있는 QCAC(QoS-aware CAC)를 제안하고자 한다. 제안된 QCAC는 CDMA 시스템에서 트래픽 클래스별로 성능평가 척도로 호의 거절률을 측면에서 서비스 공평성과 서비스 차별화를 위해 서로 다른 적절한 수신전력 임계치(threshold)를 계산하는 방법을 적용한다. 또한 대표적 자원 할당 기법인 CS(complete sharing), CP(complete partitioning), PS(priority sharing)와 연관시켜 설명하고, 그 중에서 PS는 각각의 트래픽의 종류별로 우선순위를 고려하여 계산한 서로 다른 임계치를 CAC에 적용한 것과 연관성이 있고, 이 계산된 임계치를 QCAC에서 적용하여 호제어를 함으로써 서비스 공평성과 차별화를 보여줄 수 있다.

### Abstract

Diverse multimedia services will be deployed at hand on 3G-and-beyond multi-service CDMA systems in order to satisfy different quality of service (QoS) according to traffic types. In order to use appropriate resources efficiently, the call admission control (CAC) as a major resource control mechanism needs to be used to take care of efficient utilization of limited resources. In this paper, we propose a QoS-aware CAC (QCAC) that is enabled to provide service fairness and service differentiation in accordance with priority order and that applies the different thresholds in received power considering different QoS requirements such as different bit error rates (BER) when adopting total received power as the cell load estimation. The proposed QCAC calculates the different thresholds of the different traffic types based on different required BER, applies it for admission policy, and can get service fairness and differentiation in terms of call dropping probability as a main performance metric. The QCAC is aware of the QoS requirement per traffic type and allows admission discrimination according to traffic types in order to minimize the probability of QoS violation. Also the CAC needs to consider the resource allocation schemes such as complete sharing (CS), complete partitioning (CP), and priority sharing (PS) in order to provide fairness and service differentiation among traffic types. Among them, PS is closely related with the proposed QCAC having differently calculated threshold per each traffic type according to traffic priority orders.

**Keywords :** call admission control, CDMA networks, QoS(Quality of Service), fairness, service differentiation

\* 學生會員, \*\* 正會員, 成均館大學校 情報通信 工學部  
(Multimedia Networking Lab. School of Information &  
Communication Engineering, Sungkyunkwan University)

※ 이 논문은 성균관대학교의 2002학년도 석천학술연구  
비에 의하여 연구되었음.  
接受日字: 2003年11月8日, 수정완료일: 2003年12月3日

## I. 서 론

화상 전화, 메시지 전송과 같은 다양한 멀티미디어 어플리케이션들은 3G CDMA(3 generation code-division multiple-access) 시스템에서 제공된다. UMTS 트래픽 클래스<sup>[1]</sup>에서 정의된 트래픽 종류(conversational class, streaming class, interactive class, background class)에 따라 서로 다른 QoS 필요 조건을 가지며 우선 순위가 정해진다. 본 논문에서는 QoS 필요 조건을 고려한 트래픽 종류에 따른 우선 순위를 고려하고 공평성과 서비스 차별화를 어떻게 제공할 것인지에 초점을 맞추고자 한다. 서로 다른 트래픽 종류를 가지는 사용자는 서로 다른 서비스 클래스로 나뉘지는 것을 고려해야 하며, 사용자마다 다른 SIR(Signal-to-interference)을 가지는 서비스를 요구할 때, 기지국은 CAC를 통하여 신규호 요청의 허가 여부를 결정한다.

CDMA 시스템에서 하나의 트래픽(e.g. voice)에 초점을 맞춘 허가 제어와 자원 관리에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다. 일반적으로 셀에서 최대한 수용할 수 있는 voice 사용자 수<sup>[2, 3]</sup>와 이와 관련된 자원 할당 기법<sup>[4]</sup>이 분석되었다. 그러나, 위의 연구에서는 트래픽 클래스에 따른 다양한 종류의 데이터를 고려하지 않았다. [5]는 두 가지 트래픽 종류(e.g. delay sensitive voice and delay insensitive data)에 대한 허가 제어가 고려되었다. 이 연구에서는 voice와 data 사용자수가 고정되어 있고 사용자들이 사용할 수 있는 자원의 양을 알고 있는 것이 필요하다. 하지만, 이 논문 역시 다양한 트래픽 종류를 적용시키지 못하였다.

본 논문에서는 다양한 QoS 요구조건을 가지는 여러 가지 트래픽 간에 미리 정의된 우선 순위에 맞게 공평성과 서비스 차별화를 제공하는데 초점을 맞추었다. 우리가 제안한 CAC는 서비스 클래스별로 각 사용자들에게 성능평가의 대표적인 한 척도인 new call blocking probability(또는 handoff call dropping probability)를 비슷하게 제공하는 서비스 공평성(fairness) 또는 트래픽 종류별로 우선순위에 따른 정량적 차별화 된 서비스를 제공하는 것이다. 다시 말해서, 요구되는 SIR과 서비스 공평성(또는 차별화)을 제공하기 위해 QoS 필요 조건을 인식하는 CAC 메커니즘 "QoS-aware CAC(QCAC)"을 제안한다. 이 논문의 중요한 기여는 서로 다른 QoS 요구 조건, 즉 요구되는 비트 오차율 (bit error rate,

BER)을 고려하여 new call blocking probability(또는 handoff call dropping probability)와 같은 성능평가 척도에 있어 서비스 공평성과 서비스 차별화를 제공할 수 있는 자원 할당 기법과 연관시킨 QCAC을 제안하는 것이다.

QCAC와 자원 할당 기법을 통하여 다양한 QoS를 요구하는 트래픽 종류별로 품질 향상의 문제를 기준으로 삼아 연구하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 시스템 모델에 대한 설명과 CAC와 자원 할당에 관련된 연구 배경을 간략히 서술하고, III장에서는 제안한 QCAC 메커니즘에 대하여 기술하고, IV장에서는 제안한 기법에 대하여 시뮬레이션 결과를 보이고 마지막 V장에서 결론을 맺는다.

## II. CDMA UPLINK의 CAC

### 1. 연구 배경

CDMA 시스템에서 셀 용량은 모든 사용자들이 공유할 수 있고, 간섭(interference)에 의해 제한된다. 동등한 조건의 사용자들이 존재하고 있는 환경에서 CAC 전략은 쉽게 두 종류의 방법으로 분류된다<sup>[4]</sup>. 첫 번째는 유 효 사용자 수를 기반으로 한 방법, 두 번째는 간섭 준위를 기반으로 한 방법이다. 이 외에 CDMA 시스템에서 채널 부하에 대한 주요한 지표로 보는 수신 전력(signal power)을 고려한 Power-based CAC<sup>[6]</sup>가 있다. 셀 부하를 파악하기 위한 간단한 측정 가능한 변수를 얻는 것이 필수적이며 셀 용량 (cell capacity)을 예상하기 위한 셀 부하 측정은 담당 셀과 인접한 셀에서의 다른 사용자들에 의해 나타나는 간섭 값을 포함하고 있어야 한다. 셀 부하는 기지국에서 전체 수신 전력을 통해 쉽게 측정될 수 있거나<sup>[7]</sup>, 미리 예정된 동등한(또는 가상의) 대역폭으로부터 간접적으로 평가할 수도 있다<sup>[8, 9]</sup>. 참조 문헌[10]에서는 다양한 트래픽 종류의 수신 전력 개념을 가진 CAC로 확장했다.

[11]는 다양한 트래픽 종류를 지원하는 중요한 자원 조절 방법을 세 가지(CS, CP, PS)의 기법으로 분류되는 자원 할당 방법을 제시하고 있다. CS(Complete Sharing)와 CP(Complete Partitioning)는 서로 상반되는 전략인데 비해 PS(Priority sharing)는 트래픽 간의 우선 순위를 고려한 이들의 절충안이다. 일반적으로 이 세 가지 기법들이 절충된(hybrid) 형태로 많이 사용되고 있다. CS는 모든 트래픽 클래스에 대하여 자원들을 전체

적으로 공유하는 기법으로 주된 단점은 하나의 트래픽 클래스에 대하여 일시적인 과부하가 다른 모든 형태의 연결(connection) 품질을 떨어뜨리는 단점이 있으며, CP는 대역폭을 구간으로 구분하여 각각의 트래픽에 미리 할당하는 기법으로 특정한 트래픽 클래스 형태에 대하여 예약된 대역폭 요구 사항이 실제 대역폭 요구 사항 보다 클 경우 대역폭 낭비가 발생되는 문제가 생긴다. 이러한 CS와 CP의 단점을 보완하기 위해 트래픽 특성과 우선 순위를 고려하여 지원을 할당하는 PS가 존재하게 된다. 예를 들어 동적으로 할당되는 지원의 합계가 여러 트래픽 클래스에 대하여 할당된 대역폭 사이에 존재하게 됨을 고려하여 우선 순위가 높은 사용자(보통 voice traffic)는 우선 순위가 낮은 사용자(보통 data traffic)로부터 대역폭을 가져오는 것을 허락한다.

이 논문에서는 서로 다른 QoS 조건을 가지는 다양한 트래픽 종류(voice, video, data)를 만족시키기 위해 셀 부하와 지원 할당 기법의 척도로 수신 전력을 적용하여 확장하였다.

## 2. 시스템 모델

역 방향 링크(Reverse link)에서 CDMA 시스템의 셀 용량은 한정된 간섭과 서로 다른 SIR 필요 조건을 가지는 다양한 트래픽 종류는 여러 종류의 서비스를 요청한다. CDMA 시스템은 서비스 요구와 간섭 사이에서 셀 모델에 의해 사용자 지원을 소비하는 특성을 가지고 있다. 각 서비스 사용자가 요구하는 SIR은 각각의 트래픽 종류에 따른 비트 에러율(BER)과 사용되는 modulation 방법 (예: BPSK, QPSK)을 통해서 결정될 수 있다. 완벽한 전력 제어가 가능하다는 가정 하에서 각 사용자의 수신 전력은 조절될 수 있고, 모든 사용자들에게 수신되는 SIR을 원하는 수준으로 고정시킬 수 있다. 셀 범위 내에서 링크 품질은 원하는 SIR 필요 조건에 맞는 다양한 트래픽 종류를 가지는 각 사용자들에 의해서 결정된다. 만약, 이 링크 품질이 최소한의 SIR 필요 조건에 적합하지 못하다면 셀은 모든 트래픽 종류에 걸쳐 서비스가 불가능(outage 상태)하게 된다. 네트워크 지원의 소모는 각 셀마다의 시스템 부하로서 나타난다.

CDMA 역 방향 링크에서 트래픽 종류  $i$  사용자의 SIR은

$$\left(\frac{E_b}{I_e}\right)_i = \frac{P_i / R_i}{\frac{1}{W} \sum_{k=1, k \neq i}^N \alpha_k P_k + I_o + N_o} \quad (1)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서  $I_e$ 는 배경 잡음과 타 사용자에 의해 더해진 간섭으로의 동등한 스펙트럼 밀도,  $P_i$ 는 트래픽  $i$ 의 전력,  $W$ 는 spread-spectrum 대역폭( $= R_c/s$  : chip rate;  $s$ 는 chip 모양 의존 상수),  $E_b$ 는 사용자 트래픽  $i$ 의 비트 에너지,  $R_i$ 는 트래픽  $i$ 의 bit-rate,  $N_o$ 는 배경 잡음 밀도,  $I_o$ 는 다른 셀의 간섭 밀도이다. 일반적으로 frequency-division-duplex(FDD) direct-sequence(DS) CDMA uplink상의 전체 동등한 간섭은

$$I_e W = \sum_{k=1, k \neq i}^N \alpha_k P_k + N_o W + I_o W \quad (2)$$

로 표현 된다. 전파 전달 효과(Radio propagation effect) 등을 보상하기 위해 셀 안의 전력이 완벽하게 제어 된다(perfect power control)라는 가정 하에 동일한 트래픽 종류는 기지국에서 같은 수신 전력을 갖는다.

## 3. 수신 전력 평가에 관한 시스템 용량과 SIR

QoS 요구 조건은 트래픽 종류에 따라 각각 다르기 때문에 요구되는 SIR은 각각 다른 값을 가지게 된다. 트래픽 종류의 호 허가를 결정하는 가장 간단한 방법은 CDMA 시스템의 기지국(또는 전파 네트워크 제어 장치 : Radio Network Controller)에서 수신 전력을 이용하는 것이다. 이 경우에는 전체 수신 전력(total received power)과 현재 SIR 상태와 연결 되어야 한다. 트래픽 종류  $i$  사용자에 대한 기지국  $k$ 에서 측정된 SIR은

$$\gamma_i = \frac{P_i}{Z_k - \alpha_i P_i} \quad (3)$$

로 표현되며, 여기서  $i$ 는 트래픽 종류  $i$ 의 activity factor이고  $Z_k$ 는 전체 수신 전력이다.

전체 수신 전력을 예측하기 위한 CDMA 시스템의 전파 전달 모델은 다중 셀에 대한 역 방향 링크 용량 (reverse link capacity)<sup>[7, 8]</sup>에서 트래픽 종류  $i$ 의 속성을 가진 간섭이 현재 진행 중(또는 통신 중)인  $j$  사용자와 관련된  $k$  셀 기지국으로부터의 거리  $r_{jk}$  와 또 다른  $m$  셀의 기지국으로부터의 거리  $r_{jm}$  이 속한 범위 내에서 존재하게 된다.  $j$  사용자가 속해있는 셀의 간섭은 다음과 같다.

$$Z^j = P_i \left( \frac{r_{jm}}{r_{jk}} \right)^4 10^{(\xi_{jk} - \xi_{jm})/10} \quad (4)$$

첫번째 항목은 주변 셀 간섭에 의해서 기지국 간의 거리에 따른 감쇄이고  $\xi_k$  와  $\xi_m$ 는 평균값이 0, 표준 편 차가 8 dB인 독립적인 Gaussian 랜덤 변수이다. 그리고  $k$  셀의 전체 수신 전력  $Z_k$ 는

$$Z_k = \sum_i Z_{i,k} = \sum_{m=1}^K \sum_{j=1}^{N_i} Z_{i,m}^j \quad (5)$$

$Z_{i,m}^j$ 는  $m$ 셀 기지국에서 트래픽 종류  $i$  중의 사용자  $j$ 로부터 받는 수신 전력이다.  $K$ 는 간섭에 고려된 전체 셀 수,  $N_i$ 는 고려된 트래픽 종류  $i$ 의 총수이다. 왼쪽 한 전력 제어라는 가정 하에 트래픽 종류  $i$ 의 사용자들로부터의 전체 수신 전력은 아래와 같다.

$$Z_{i,k} = N_i \alpha_i P_i + \sum_{m \neq k} \left[ \alpha_i P_i \sum_{j=1}^{N_i} \left( \frac{r_{jm}}{r_{jk}} \right)^4 10^{\frac{(\xi_{ik} - \xi_{jm})}{10}} \right] \quad (6)$$

위에서 제시한 (3), (5)식으로부터 요구되는 SIR과 전체 수신 전력으로 발생한 현재 셀 용량을 나타내는 셀 부하를 추론할 수 있다.

#### 4. 전체 수신 전력과 요구되는SIR

트래픽 종류마다 다르게 가지는 QoS 조건을 만족하기 위해서 측정된 SIR은 요구되는 SIR (req)보다 더 커야만 한다. 따라서 식 (3)과 ireq로부터 나온 트래픽 종류  $i$ 의 요구된 전체 전력 임계치(threshold)  $Z_{i,k}^{TH}$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$Z_{i,k}^{TH} = \frac{P_i}{\gamma_i^{req}} + \alpha_i P_i \quad (7)$$

본 논문에서 제안한 CAC 기법은 서로 다른 QoS 조건(i) 논문에서 초점을 맞춘 것 : BER을 가지는 트래픽 종류  $i$ 에 대해 서로 다른 임계치를 적용한 CAC 기법을 발전시킨 것이다. 그러므로, 트래픽 종류에 따라 서로 다른 BER요구조건을 고려하고, 적용한 수신 전력을 측정하는 간단한 측정 메커니즘을 기반으로 한다.

#### 5. 공평성과 서비스 차별성

다양한 트래픽 종류는 신뢰성(최소의 BER 유지) 등과 같이 서로 다른 서비스 조건을 갖는다. 서로 다른 트래픽 종류의 BER 요구 조건을 고려 하지 않고 CAC를 적용한다면 성능평가 척도가 매우 다르게 되어 불공평

한 서비스를 제공할 것이다. 각 트래픽 종류의 BER 조건이 주어지면 사용되는 modulation방식에 따라 비트 에너지 대 잡음율,  $E_b/N_0$  (bit energy-to-noise ratio)을 구할 수 있다. 이 논문에서는 modulation 방식으로 coherent BPSK(binary phase shift keying)를 사용하는 것으로 가정하였다. 또한, 요구되는 비트 에너지 대 잡음 밀도는 시스템 PN chip rate, data 비트율, 요구되는 SIR ( $\gamma_i^{req}$ ), chip rate과 트래픽 비트율을 포함하는 다음 식과 같이 계산된다:

$$\left( \frac{E_b}{N_0} \right)_i = \frac{P_i R_c}{I_i R_i} = \gamma_i^{req} \bullet pg \quad (8)$$

$pg$ 는 processing gain :  $pg=R_o/R_i$ . 즉, 식 (7)의  $\gamma_i^{req}$  은  $E_b/N_0$  와  $pg$ 로부터 계산된다.

제안한 QCAC는 각 트래픽 종류의 BER(또는 SIR)을 인식하여 식 (7)과 같이 서로 다른 임계치를 적용하여 성능평가 척도의 불공평성을 완화시켜 공평한 서비스를 제공할 수 있다.

또한 서비스 차별성을 위해서는 우선 순위를 가지는 메커니즘(예를 들어, 우선순위(priority) 순서 : 클래스 1 (voice) > 클래스 2 (video) > 클래스 3 (data) ) 이 더 나은 서비스를 제공하기 위해서 반드시 고려될 필요가 있다. 또한 서비스 차별성 정도를 순서뿐 아니라 정량적인 비례 형태로 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$\frac{Pr_1}{Pr_2} = \frac{Pr_2}{Pr_3} = \dots = \beta \quad (9)$$

$Pr_i$  은 성능평가 척도로 트래픽 종류 또는 클래스  $i$ 의 call blocking(또는 dropping) probability이고 는 인접한 트래픽 종류 사이에 서비스 차이(또는 격차) 정도를 정량적으로 나타내는 서비스 차별화 상수이다.

### III. QOS-AWARE CAC (QCAC) 알고리즘

제안한 QCAC의 목적은 트래픽 종류에 따른 서로 다른 SIR를 인식하여 서비스 공평성(fairness)을 제공하거나 각각의 new call blocking(또는 handoff call dropping) probability와 관련된 서로 다른 트래픽 종류에 따른 서비스 차별성을 제공 하는 것이다.

QCAC 알고리즘의 특징은 (1) 기지국에서의 전체 수

신 전력을 사용하고, (2) 공평성 측면에서, 각각의 트래픽 클래스별로 요구되는 SIR과 관계된 서로 다른 전력 임계치를 구하고, (3) 서비스 차별성 측면에서, 우선순위 및 정량적 서비스 정도 차이( $\beta$ )를 고려하여 전력 임계치를 계산하여 적용한다.

### 1. 제안한 QCAC 기법

CAC의 기본원리는 허가된 사용자는 사용자가 원하는 전력과 전송율(rate)을 지원할 수 있는 충분한 자원들을 가지며, 신규 사용자의 허가는 현재 진행 중(또는 통신 중)인 사용자의 QoS에 영향을 주지 않아야 한다는 것이다.

다음은 2절의 시스템 모델로부터 제안된 QCAC를 설명하고 셀에 새로 들어온(또는 발생한) 사용자를 허락하는 허가 제어 절차를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- A) request power  $P_i^{req}$ , 요구되는 SIR  $\gamma_i^{req}$ 를 가지는 트래픽 종류  $i$  의 사용자는 속해 있는 기지국에게 (7)의  $Z_{i,k}^{TH}$ 을 기준으로 전송할 수 있도록 허가 요청을 한다.
- B) 기지국에서 전체 수신 전력  $Z_k$ 는 (5)식으로부터 다른 셀의 간섭 값을 포함하여 측정된다.

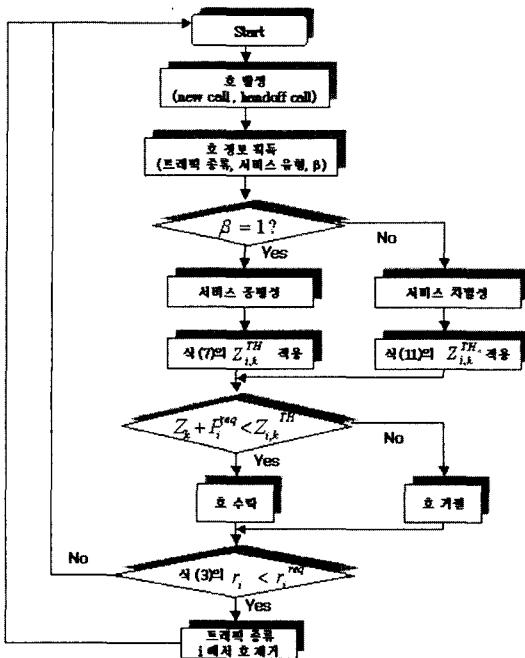


그림 1. QCAC 알고리즘 흐름도  
Fig. 1. QCAC flow-chart.

C) 식 (9)의  $\beta$ 값에 따라 서비스 유형이 다르게 선택된다. 즉,  $\beta=1$  이면 서비스공평성, 다른 값은 서비스 차별화가 된다.

- D) 값에 따라 해당되는  $Z_{i,k}^{TH}$ 를 조절한다. 공평성 제공 시에는 식 (7)를 적용하고 차별화 제공 시에는 식 (11)에 따라  $Z_{i,k}^{TH}$ 를 다르게 적용한다.
- E) 허가 제어는  $Z_k + P_i^{req}$  값이  $Z_{i,k}^{TH}$ 을 초과하는지 아닌지를 체크 한다. 만약  $Z_k + P_i^{req}$  가  $Z_{i,k}^{TH}$ 을 초과하지 않을 경우에 사용자는 허가되고 그렇지 않을 경우에는 거부된다.
- F) 추가적으로 식 (3)에 의해 현재의 각 트래픽 종류별 SIR ( $\gamma_i$ )를 요구되는  $\gamma_i^{req}$ 와 비교해서 트래픽 종류에 따라 사용 불능(outage 상태)이 일어나는지 여부를 측정한다. 만약 트래픽 종류  $i$  가 위반 한다면 현재 동작중인 해당 트래픽 종류 사용자중에서  $\gamma_i^{req}$ 를 만족할 정도까지 호들이 제거된다.

### 2. 자원 할당 기법들과 QCAC과의 관계

서로 다른 트래픽 종류에 따라 공평성과 서비스 차별화를 제공 하기 위한 QCAC기법과 <그림 2>와 같이 voice, video, data의 세가지 트래픽 종류일 경우에 CS, CP, PS와 같은 자원 할당 방법들과 연계해서 해석할 수 있다. <그림 2>에서 나타내는 화살표는 자원을 사용할 수 있는 움직임을 화살표 방향으로만 가능한 것을 표현 한다. PS경우의 voice는 자원 사용량에서 video와 data보다 가장 높은 우선 순위를 가지며 필요에 따라 다른 트래픽 자원까지 사용할 수 있는 권한을 가진다.

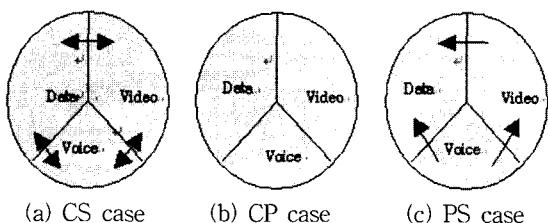


그림 2. 세가지 트래픽 종류에 따른 자원 할당 기법들

Fig. 2. Example of different resource allocation schemes in case of three traffic types.

QCAC와 자원 할당 기법들을 연계 시켰을 때 수신 전력에 관한 임계치(threshold),  $Z_{i,k}^{TH}$ 는 자원 할당 기법에 따라 서로 다르게 표현된다. <그림 2>의 CS의 경우는 자원사용에서 트래픽 종류를 구별하지 않으므로 전

체적으로 같은 임계치를 적용하여 전체 총 수신전력 축정치,  $Z_k$ ,와 비교하여 CAC를 하는 경우가 된다. 그리고 CS 기법인 경우에서 공통적으로 사용하는 임계치 계산은 식 (7)과 유사하게 다음과 같은 식에 의해 계산할 수 있다.

$$Z_k^{TH} = \min_i \left\{ \frac{P_i}{\gamma_i^{req}} + \alpha_i P_i \right\} \quad (10)$$

식 (7)의 오른쪽에서 계산한 각 트래픽 종류별 임계치 중에서 가장 작은 값보다 식 (5)의 현재 총수신전력이 작아야만 트래픽 종류에 상관없이 outage에 들어가지 않도록 허가를 할 수 있다.

CP 인 경우에는 자원을 트래픽 종류에 관계없이 균등하게 자원을 나누어 쓴다고 할 때, CS에서 구한 전체 임계치 ( $Z_k^{TH}$ )를 각 트래픽별 똑같이 나누어 구한  $Z_{i,k}^{TH}$  ( $= Z_k^{TH} /$  트래픽 종류별 갯수  $i$ )를 기준으로 각각의 트래픽별로 수신전력 총합을 구해 각각 비교하는 후 제어를 수행한다. 해당 기지국은 트래픽 종류별로  $Z_{i,k}$ 을 측정할 필요가 있으며 미리 정의된  $Z_{i,k}^{TH}$ 는 트래픽 종류에 따라서 서로 비교하여 CAC를 하게 된다.

이와 같이 언급한 CS, CP 자원할당 방법은 트래픽별 서로 다른 BER 요구조건을 반영하지 못해 서비스 불공평을 유발한다. 이런 서로 다른 BER요구조건을 고려해서 호제어를 하는 제안하는 QCAC 경우처럼 트래픽 종류와 우선 순위를 고려하는 호제어에서 임계치를 식 (7)과 식(11)과 같이 다르게 적용하면 결과적으로 서비스 차별화를 위해서는 우선순위에 따라 PS처럼 그 경계선이 움직이는 방향으로 임계치를 다르게 가감해서 조절되는 경향을 가지게 된다.

즉, PS 기법에서의  $Z_{i,k}^{TH}$ 는 우선 순위에 따라 값을 차등적으로 갖게 되어 QCAC와 유사한 연계성을 가진다. 다시 말해, <그림 2(C)> 처럼 트래픽의 종류마다 서로 다른 우선 순위(priority)를 가지고 있고 높은 우선 순위를 가지고 있는 데이터는 그렇지 않은 데이터의 자원을 빌려올 수 있다. 서비스 공평성일 경우의 구한 트래픽 클래스별 임계치를  $Z_{i,k}^{TH}$ 로 구했다면, 서비스 차별화를 위해 <그림 2(c)>처럼 우선순위를 클래스 1 (voice) > 클래스 2 (video) >클래스 3 (data) 순으로 식 (9)처럼 인자로 정량적 차별화를 구현하기 위해서 그에 대한 보정을 해 주어야 한다. 이 경우의 실제적인 가이드로서

가운데 위치한 서비스 공평성인 경우에서 구한  $Z_{value,k}^{TH}$ 를 그대로 둔 상태에서, 클래스 1의 임계치는 증가시키고 (즉, 이는 call dropping 확률을 줄이는 방향으로 움직이게 한다), 클래스 3는 임계치를 감소시켜(즉, 이는 call dropping 확률을 증가하는 방향으로 움직이게 한다), 임계치의 조절이 필요하다. 즉,

$$\begin{aligned} Z_{voice,k}^{TH} &\rightarrow Z_{voice,k}^{TH} + \beta \cdot \Delta Z_{voice,k}^{TH} \\ Z_{data,k}^{TH} &\rightarrow Z_{data,k}^{TH} - \beta \cdot \Delta Z_{data,k}^{TH} \end{aligned} \quad (11)$$

여기서는 우선순위가 높은 voice 트래픽의 임계치는 증가시키고 우선순위가 낮은data의 임계치는 감소시키는 방법을 사용하였다. call dropping 확률과 임계치 값의 관계를 시뮬레이션에서 off-line으로 구하면 역 exponential 함수에 근사 시킬 수가 있었다. 따라서 <그림 3>의 그래프와 차별화 인자  $\beta$ 를 기준으로 임계치가 변크기,  $\Delta Z_{i,k}^{TH}$ 를 적절히 구할 수 있다. 그러면 원하는 트래픽 종류별 임계치  $Z_{i,k}^{TH}$ 는 식 (11)을 이용하여 구할 수 있다.

따라서 서로 다른 SIR 필요 조건  $\gamma_i^{req}$ , 서비스 유형, 우선 순위를 고려한 각 트래픽 종류별의 서로 다른 임계치  $Z_{i,k}^{TH}$  값을 구하여 적용한 제안한 QCAC과 자원 할당 기법들과의 연계성을 설명하였다.

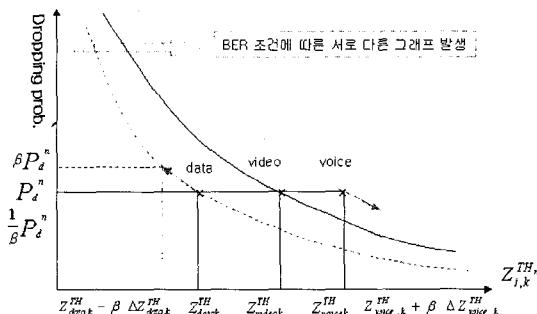


그림 3. 주어진에 대해 서비스 차별성을 위한 임계치 값 보정

Fig. 3. threshold value compensation of for service differentiation.

#### IV. 성능평가

제안한 QCAC의 실행 결과는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 각각 다른 트래픽 종류별로 공평성과 서비스 차별

성에 관하여 평가된다. 셀 모델은 일곱 개를 사용하였고 실행 향목 결과는 중앙 셀로부터 얻을 수 있다.

### 1. 시뮬레이션 구성

시뮬레이션 환경과 시스템 파라미터의 가정은 다음과 같다.

- 호 arrival pattern은 서비스 종류  $i$ 에 대해 평균 arrival rate  $\lambda_i$ 를 갖는 Poisson process로 발생되며 허가된 호의 service time은 평균 값  $1/\mu_i$ 을 갖는 지수 분포(exponential distribution)임을 가정한다.
- 각 이동 단말기는 완벽하게 전력 제어된다고 가정하고 인접한 여섯 개의 셀들로부터 유도되는 간섭이 직접적으로 고려되며 그 외의 다른 셀들로부터 유도되는 간섭은 무시한다.
- 신규 셀의 이동 위치는 각 셀마다 1km의 반경을 가지며 일정하게 분포되는데 현재 진행 중(또는 통신 중)인 사용자의 위치 변동은 신규 사용자가 초기화된 경우에 변경된다. 또한 이동 방향은 여섯 가지의 방향 중 하나를 선택하게 되며 이동 속력은 0~4km/h 중에서 임의로 하나의 값을 선택한다.

CDMA 2000 시스템의 시뮬레이션 파라미터들은 <표 1>에서 볼 수 있다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. Simulation parameters.

파라미터	값	설명
$R_c$	3.6864 Mbps	pseudo noise (PN) chip rate
$R_{vo}, R_{vi}, R_d$	16/48/64 Kbps	Bit rates for voice/video/data
$\mu_{vo}, \mu_{vi}, \mu_d$	1/180, 1/300, 1/600sec	Mean service rates of voice/video/data
$p_{vo}, p_{vi}, p_d$	1, 3.646, 7.292	Normalized received powers of voice/video/data
$\alpha_{vo}, \alpha_{vi}, \alpha_d$	0.5, 0.75, 1	Activity factors of voice/video/data
$(E_b/N_0)_{vo}$ , $(E_b/N_0)_{vi}$ , $(E_b/N_0)_d$	6.8dB, 9.6dB, 11.9dB	Required bit energy-to-noise density to meet required each bit error rate (BER) of voice/video/data(e.g., 10-3, 10-5, 10-8)

이동성(Mobility) 고려를 위해서 트래픽 종류에 따라 개별적, 독립적으로 <그림 4>의 6가지 방향 중 하나를 택하여 이동하여 각 호마다 독립적이고, 동적으로 핸드 오프 하여 7개의 셀 중에 어느 셀에 위치해 있는가를 파악하고 셀의 각 기지국으로부터의 신호세기를 비교하

여 call의 핸드오프 여부를 결정할 수 있다. 신호의 세기 비교는 식 (4)와 같이 가정한  $r^{-4} 10^{\zeta/10}$  ( $r$ 은 사용자와 기지국간의 거리,  $\zeta$ 는 가우시안 랜덤변수)의 크기를 비교하여 값이 큰 쪽의 기지국에 속하는 것으로 판단하면 된다.

미리 정해져 있는 각 셀에 대한 기지국의 좌표 값과 서비스 시간 내에서의 이동 거리에 대한 정보를 가지고 각 셀의 기지국과 좌표로부터 거리 값을 구할 수 있다.

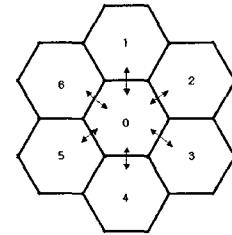


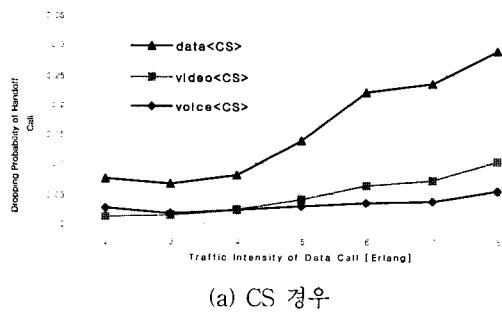
그림 4. 시뮬레이션에 사용한 셀 배치도  
Fig. 4. The cell layout for simulation.

### 2. 서비스 공평성 측면

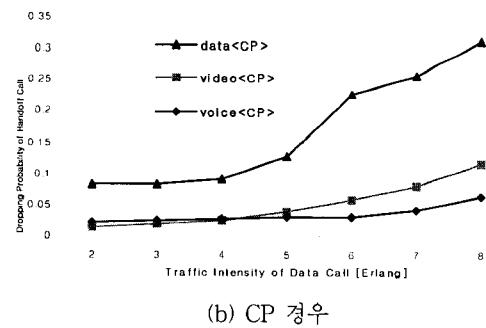
먼저, 트래픽 종류에 따라 다르게 요구되는 BER조건을 고려하지 않은 경우의 영향을 보기 위해서, 트래픽 종류에 상관 없이 동일한 임계치를 기준으로 전체 수신전력을 적용한 CAC를 한 결과를 확인하였다. 이 경우는 기준의 CS 및 CP의 자원 할당방법과 연결된다고 본다. Data, voice와 video의 트래픽은 모두 2에서 8 Erlang의 동일한 traffic intensity 범위를 주었다. 트래픽 종류에 따라 다른 BER 조건을 고려하지 않고 <그림 5(a)>는 CS인 경우로 같은  $Z_k^{TH} = 33.37$ 의 동일한 임계치를 적용하였다. 이 경우 handoff call dropping 확률에서 서비스 불공평 경향을 보여주고 있다. 이의 원인은 트래픽 종류별로 서로 다른 BER (또는 SIR) 요구조건을 고려하지 않고 CAC를 수행했기 때문이다. 그 결과 트래픽 종류마다 다른 BER 조건을 가지기 때문에 같은 임계치를 적용했을 때 호 허락할 수 있는 상태가 트래픽 종류에 따라 다르기 때문에 서로 상이한 경우 handoff call dropping 확률을 보여준다. new call blocking probability도 handoff call dropping probability과 비슷한 경향을 보여주어 지면상 생략한다.

<그림 5(b)>의 경우는 CP로서 그 임계치는  $Z_k^{TH} = 33.37$  이 되어 각 트래픽의 임계치는  $33.37/3=11.12$  을 적용하였다. CS, CP인 경우 같은 임계치를 적용한

경우 voice < video < data 순으로 call dropping 확률이 나타나는 이유는 요구되는 BER 요구조건이 data로 갈수록 더 엄격하기 때문에 SIR를 만족시키지 못하여 data가 CAC에서 더 많이 거절되기 때문이다. 따라서 서비스 공평성을 높이기 위해서는 트래픽 종류별로 그 BER조건을 고려한 임계치를 다르게 CAC에서 적용해야 한다.



(a) CS 경우



(b) CP 경우

그림 5. 각 트래픽 종류별로 같은 임계치를 적용한 경우의 Handoff call dropping 확률.

Fig. 5. The handoff call dropping probabilities of each traffic type (with the same threshold).



그림 6. 각 트래픽 종류별로 서로 다른 임계치를 적용한 경우의 해당 Handoff call dropping Probabilities

Fig. 6. The handoff call dropping probabilities of each traffic type (with different threshold).

트래픽 종류별로 우선 순위를 주지 않고 모든 트래픽 클래스에게 공평한 서비스를 제공하기 위하여 각 트래픽 종류별 BER 조건을 고려한 서로 다른 전력 임계치를 적용하는 것이 필요하고, 그 결과는 <그림 6>에서 볼 수 있다. 트래픽 종류에 따라 new call blocking(또는 handoff call dropping) probability의 공평성을 가지게 하기 위해 CS, CP경우처럼 같은 임계치를 적용하는 것은 적합하지 못하므로 SIR 조건 값(value)에 따른 서로 다른 전력 임계치를 적용하는 것이 필요하다. <그림 6>의 경우, 각 트래픽 종류별로 voice : 48.12, video : 33.37, data : 34.40과 같이 식 (7)를 참조하여 임계치  $Z_{i,k}^{th}$  값을 구하여 적용한다.

### 3. 서비스 차별성 측면

i) 절에선 voice, video, data 서비스와 같은 각 트래픽 종류별 우선 순위에 의한 서비스 차별성에 대해 설명한다. 식 (8)에서 제시된 인접한 트래픽 종류 사이에 2배의 서비스 격차()를 주고 서비스 공평성에서 구한 기준 임계치(nominal threshold)를 기준으로 하여 heuristic 기법에 의해서 각 트래픽 종류에 따라 식 (11)과 차별화 인자 값을 고려하여 기준 임계치를 기준으로 서비스 차별화에 적용할 임계치를 적절히 조절한다.

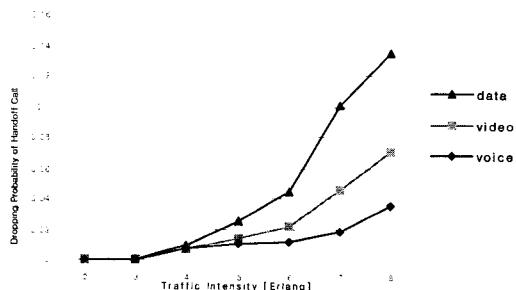


그림 7. 트래픽 우선 순위를 고려한 서로 다른 임계치를 가지는 제안된 QCAC 관련 서비스 차별성

Fig. 7. Service differentiation of proposed QCAC with different thresholds per traffic priority.

Voice가 video를 기준으로 보면 우선순위가 높으므로 임계치를 높이는 방향으로 조절하고 data는 우선순위가 낮으므로 임계치를 낮추는 방향으로 조절한다. 그 조절량을 구하는 데는 off-line으로 <그림 3>과 같이 임계치와 call dropping 확률간의 연관성을 알 수 있는 실험적 자료가 요구된다.

<그림 7>은 트래픽 우선 순위에 의해서 서로 다른

임계치를 가지고 본 논문에서 제안된 QCAC을 이용한 각 트래픽 종류별 handoff call dropping probability을 가지는 서비스 차별성의 예시이다.

요약하면, 본 논문에서는 트래픽 종류에 따라 서로 다른 BER요구조건과 트래픽의 우선순위와 서비스의 정량적 차별화 요구에 대해, 계산과 조정된 각 트래픽별 임계치 값을 알고 있는 QCAC를 적용하여 다양한 멀티미디어 트래픽 사이에서 서비스 공평성과 서비스 차별성을 제공할 수 있는 방법을 제시하였다.

## V. 결 론

본 논문에서 트래픽 종류에 대해서 QoS 조건을 기초로 하는 QCAC(QoS-aware CAC) 기법을 제안하였고, 트래픽 종류에 따라서 QoS 조건과 우선순위를 고려하여 서비스 공평성과 서비스 차별성을 제공하기 위해서 트래픽 종류별 서로 다른 임계치를 계산하여 적용하는 방안을 제시하고 또한 자원 할당 기법과 QCAC를 연관시켰다. QCAC는 셀 부하에 대한 평가로서 전체 수신 전력을 적용하고, 각각의 트래픽의 BER 요구조건 및 정량적인 서비스 차별화 정도를 고려하였다. 서로 다른 트래픽 종류에 따른 서비스 공평성과 차별성을 제공하기 위해서 서로 다른 BER 조건의 각 트래픽 종류에 맞도록 임계치(threshold)를 계산하는 방법을 고안하여 적용하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] N. Dimitriou, R. Tafazolli, G. Sfikas, "Quality of service for multimedia CDMA", IEEE Communications Magazine, vol.38, No.7, pp. 88-94, July 2000.
- [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. on Vehicular Technology, vol.40, no.6, pp. 303-312, May 1991.
- [3] A.M. Viterbi and A.J. Viterbi, "Erlang capacity of a power controlled CDMA system," IEEE Journal on Selected Areas in Com., vol. 11, no. 6, pp. 892-900, Aug. 1993.
- [4] Y. Ishikawa and N. Umeda, "Capacity design and performance of call admission control in cellular CDMA systems", IEEE Journal on Selected Areas in Com., vol.15, no. 8, pp. 1627-1635, Oct. 1997.
- [5] T. Liu and J. Sylvester, "Joint admission/congestion control for wireless CDMA systems supporting integrated services," IEEE Journal on Selected Areas in Com., vol.16, pp. 845-857, August 1998.
- [6] J. Choi and S. Bahk, "Multiclass call admission control in QoS-sensitive CDMA networks", Proc. IEEE Conference on Computer Communications, Helsinki, Jun. 2001.
- [7] C.Y. Huang and R.D. Yates, "Call admission in power controlled CDMA systems", Proc. IEEE Vehicular Technology Conference, April 1996.
- [8] S. Sun and W.A. Witold, "Call admission policies and capacity analysis of a multi-service CDMA personal communication system with continuous and discontinuous transmission," Proc. IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 218-223, 1998.
- [9] D. Shen and C. Ji, "Admission control of multimedia traffic for third generation CDMA network," Proc. IEEE INFOCOM, Mar. 2000.
- [10] K. Kim and Y. Han, "A call admission control scheme for multi-rate traffic based on total received power," IEICE Trans. Communications, vol E84-B, no.3, Mar. 2001.
- [11] P. Bahl, I. Chlamtac and A. Farago, "Optimizing resource utilization in wireless multimedia networks", Proc. IEEE Conference on Computer Communications, Montreal, Canada, June 1997.

## 저자 소개



鄭 龍 燦(正會員)

2002년 : 한양대학교 공학사. 2002  
년~현재 : 성균관대학교 정보통신  
공학부 석사. <주관심분야 : 유무선  
네트워크 QoS>



辛 志 太(正會員)

1986년~1988년 : 서울대학교 학사,  
KAIST 석사. 1988년~1996년 : 한  
국원자력연구소 선임연구원. 1998  
년~2001년 : 미국 Univ. of  
Southern California 전자공학과 석  
사, 박사. 2002년 3월~현재 : 성균  
관대학교 정보통신공학부 조교수. <주관심분야 : 멀티미  
디어 전송, 유무선 네트워크 QoS>



鄭 世 征(正會員)

2003년 : 한국해양대학교 공학사.  
2003년~현재 : 성균관대학교 정보  
통신 공학부 석사. <주관심분야 :  
유무선 네트워크 QoS>