

셀룰러 이동통신망의 적응성 가변경계에서 Overflow와 Preemption을 갖는 호 접속제어 방안 연구

(A Study on the Call Admission Control with Overflow and Preemption at Adaptive Moving Boundary in Cellular Mobile Communications)

노희정*
(Hee-Jung Roh)

요 약

멀티미디어를 응용한 서비스 제공이 확대되고 있는 셀룰러 이동통신망에서는 핸드오프호의 절단율(CDP)과 신규호의 차단율(CBP)을 호레벨 QoS 파라미터로 사용하고 있다. 망 서비스 사업자는 CBP보다 CDP에 관심을 두고 CDP를 개선하기 위한 방법으로 핸드오프호에 우선순위를 두어 채널을 할당하는 방법을 사용한다. 그러나 핸드오프호를 위한 채널의 크기에 따라 CDP는 감소시키지만 CBP를 증가시키고 채널사용의 효율을 저하시킨다. 본 논문에서는 셀의 채널용량을 신규호 채널영역과 핸드오프호 채널영역으로 구분하고 각 영역을 토큰버킷으로 모델하여 큐잉이론을 적용함으로써 간략한 식으로 CDP 및 CBP를 구하고 이들로 구성된 서비스 등급을 정의하여 서비스 등급이 최소가 되는 핸드오프호 채널영역의 크기를 계산하여 측정기반 적응성 가변경계로 사용하는 기존 연구의 문제점인 트래픽 부하가 높을 경우 증가하는 CDP의 증가를 보완하는 호접속제어를 제안한다. 적응성 가변경계에서 CBP를 고려함으로써 발생된 CDP의 증가는 핸드오프호의 Overflow를 허용함으로써 보완하고 Overflow된 신규호 채널영역의 채널에 대해 신규호의 Preemption을 허용함으로써 Overflow의 영향을 제거하여 CDP의 증가를 억제하고 채널사용의 효율을 증가시킨다. 본 연구는 미디어별 QoS에 따라 채널을 할당하여 멀티미디어 서비스를 제공하는 셀룰러 이동통신망에 미디어별 QoS를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

CDP(handoff Call Dropping Probability) and CBP(new Call Blocking Probability) have been used as two important call level QoS parameters in cellular mobile communications. But, many methods to reduce CDP without considering CBP have been studied, and hand-off call priority scheme has been introduced. But the use of hand-off call priority scheme increases CBP and decreases channel utilization rate depending on the number of reserved channel for priority. In this paper, we propose a CAC(Call Admission Control) algorithm with overflow and preemption to solve the problem caused by considering CDP and CBP in calculation of the number of channel reserved. The problem is the increase of CDP as the traffic load increases. In our CAC algorithm, hand-off call is permitted to use(overflow) unreserved and unused channel if there is no reserved and unused channel, and new call is permitted to use(preemption) the channel overflowed by hand-off call if there is no unreserved and unused channel. This mechanism of calculation of the number of reserved channel and CAC algorithm is expected to increase channel utilization rate, and can be applied to media-based QoS provision in cellular mobile communications.

Key Words : CDP(hand-off Call Dropping Probability), CBP(new Call Blocking Probability), CAC(Call Admission Control)

* 주저자 : 김포대학 전자정보계열 조교수
Tel : 031-999-4208, Fax : 031-999-4775
E-mail : june@kimpo.ac.kr

접수일자 : 2004년 5월 14일
1차심사 : 2004년 5월 20일
심사완료 : 2004년 7월 12일

1. 서 론

현재 셀룰러 이동통신망은 서비스 영역을 지리적으로 일정 크기의 셀(Cell) 단위로 나누고 셀마다 기지국을 두어 사용자에게 기지국마다 주어진 제한된 무선통신채널을 할당하여 서비스를 제공한다. 이동통신 사용자는 한 셀에서 다른 셀로 이동할 수 있으며 이를 핸드오프(Hand-off)라 한다. 사용자의 핸드오프시 기지국의 변경과 함께 무선통신채널을 자동으로 전환하여 사용자의 호가 끊이지 않고 연결되도록 한다. 사용자의 서비스 요구에 기지국이 채널을 할당할 수 없는 경우 호 차단(new call blocking)이라 하고 사용자가 다른 셀로 이동한 경우, 새로운 기지국에서 채널을 할당할 수 없어 서비스를 계속 받을 수 없는 경우 호절단(hand-off call dropping)이라 한다. 셀룰러 이동통신망에서는 호절단율(CDP : hand-off Call Dropping Probability)과 호차단률(CBP : new Call blocking probability)을 이동통신 서비스의 QoS(Quality of Service) 파라미터로 정의하고 관리한다. 차세대 셀룰러 이동통신망에서는 제한된 무선통신채널의 효율적 사용을 위해 줄어드는 셀 반경으로 인해 핸드오프호의 발생비율이 증가하여 셀룰러 이동통신망에서의 QoS 유지를 어렵게 만들 것이다. 기지국마다 CDP를 일정한 수준으로 유지하기 위하여 셀룰러 이동통신망에서는 기지국에 주어진 무선통신채널의 일부를 고정적으로 핸드오프호만을 위해 사용하는 가드채널기법이 연구되어 왔으며 이 때, 핸드오프호만이 사용하는 무선통신채널의 수는 셀룰러 이동통신망의 성능 즉, 무선통신채널의 사용효율 및 호완료율 등을 결정하는 중요한 역할을 한다. 핸드오프 호를 위해 너무 많은 수의 무선통신채널을 할당하는 경우에는 핸드오프호가 발생하지 않음에도 신규호의 전체 무선통신채널의 사용을 제한하여 CBP를 증가시킬 뿐 아니라 전체 무선통신채널의 사용효율을 저하시킨다. 따라서 본 연구에서는 트래픽 부하의 증가에 따른 CDP의 증가를 핸드오프호의 Overflow를 허용함으로써 보완할 수 있는 호 접속제어를 제안한다. 핸드오프 호에 Overflow를 허용함으로써 CBP는 증가하게 되며 이런 현상을 보완하기 위해 신규호의 Overflow한

드오프 호에 대한 Preemption을 허용한다. 신규호의 Preemption시, Preemption되는 핸드오프 호를 선정함에 있어 Overflow 큐를 사용한다. Overflow 큐에는 Overflow한 핸드오프 호들의 무선통신채널이 기억되며, Preemption을 위한 채널의 선정시 LIFO(Last In First Out)으로 채널이 선정된다. 본 제안의 호 접속제어는 Overflow, Preemption 및 LIFO를 사용함으로써 높은 트래픽 부하에도 호 완료율을 증가시킬 수 있다.

2. 기존연구 및 본제안개요

2.1 기존연구 (채널사용 및 호접속제어)

셀에 할당된 무선통신채널의 용량(수)이 고정된 셀룰러 이동통신망에서는 QoS의 제공 및 무선통신채널의 사용효율을 증가시키기 위하여 호접속제어(CAC : Call Admission Control) 기능을 갖는다. CAC는 새로운 호의 접속요구시, 셀의 제한된 무선통신채널을 고려하여 기존에 접속되어 있는 호에 대한 영향을 최소화한다. 채널사용 및 호접속제어를 위한 기준으로는 SIR, 호절단율(CDP), 트래픽 부하의 class에 따른 우선순위 등이 있으며 이들 기준의 일정한 수준을 유지하기 위하여 채널을 사용하고 호의 수락여부를 결정하게 된다. 사용가능한 채널이 있어도 호접속요구는 거부될 수 있다.

셀룰러 이동통신망에서는, 셀에 제한된 무선통신채널의 사용에 있어, 호레벨 QoS를 제공하기 위하여 이동통신 사용자의 접속을 핸드오프호와 신규호로 구분하고 무선통신채널 용량(수)을 신규호 채널영역(신규호만을 위하여 사용되는 무선통신채널의 논리적 그룹)과 핸드오프호 채널영역(핸드오프호만을 위하여 사용되는 무선통신채널의 논리적 그룹)으로 구분한다. 호의 구분에 따라 각 채널영역의 용량(수)만을 사용하여 CDP를 줄인다. 이때, 요구된 CDP를 만족시키는 핸드오프호 채널영역의 크기(수)를 결정하면 신규호 채널영역의 크기(수)를 구할 수 있으며, 핸드오프호 채널영역의 크기(수)를 구하기 위해 큐잉이론이 사용된다. 핸드오프호 채널영역의 크기(수)에 따라 일정 수준의 CDP를 만족시킬 수 있으나 일반적으로 CBP를 증가시키게 된다. 핸드오프호에

우선순위를 두는 채널사용은 사용자의 접속요구에 채널을 할당하는 순서에 따라 그림 1과 같이 전할당 기법과 후할당 기법으로 구분할 수 있다[1]. 후할당 기법에는 핸드오프호와 신규호가 경쟁적으로 신규호 채널영역을 사용하며 신규호 채널영역의 채널을 모두 사용한 경우 신규호는 차단되고 핸드오프호는 핸드오프호 채널영역의 채널을 사용하여 서비스를 받는다. 핸드오프호 채널영역은 핸드오프호만을 위하여 예약(Reserved)되어 사용되며 가드채널(Guard Channel)이라 한다[2]. 전할당 기법에는 신규호와 핸드오프호가 각 채널영역의 채널을 독립적으로 사용하며 각 영역내 채널이 모두 사용 중이면 각각 차단되고 절단된다.

전할당 기법은 한 채널영역의 모든 채널이 사용되고 있으나 다른 채널영역의 채널이 사용되고 있지 않은 경우, 새로운 호발생시 다른 채널영역의 사용하지 않는 채널을 사용하여 서비스 받는 것(Overflow)을 허용함으로써 채널사용의 효율을 높일 수 있다[3]. 신규호(핸드오프호)의 접속요구가 있을 때, 신규호(핸드오프호) 채널영역의 모든 채널이 사용되고 있으면, 신규호(핸드오프호)는 일반적으로 차단(절단)된다.

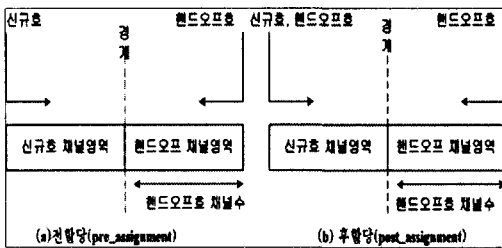


그림 1. 전할당과 후할당
Fig. 1. Pre_assignment and Post_assignment

그러나 Overflow가 허용되면 호접속제어에서 핸드오프호(신규호) 채널영역의 채널이 사용되고 있지 않을 경우 사용되고 있지 않은 핸드오프호(신규호) 채널영역의 채널을 사용할 수 있도록 하는 것이다. 이때, Overflow는 UL(Upper Limit)과 GM(Guaranteed Minimum)의 제한을 갖게 되며 UL은 Overflow할 수 있는 최대 채널용량이며 GM은 Overflow되지 않고 호의 구분에 따라 독립적으로

사용되는 최소 채널용량(수)이다. 이때, 이들 간의 관계는 신규호의 UL은 핸드오프호의 GM($= C-UL$)이다. 이런 제한은 그림 2와 같이 신규호와 핸드오프호가 공유하여 사용할 수 있는 공유채널영역을 만든다. 전할당기법은 공유채널영역을 사용하는 방법에 따라 CS, CP 등이 있다[4]. CS(Complete Share)는 신규호 채널영역과 핸드오프호 채널영역의 구분이 없고 채널영역 전체가 공유채널영역인 경우이며, CP(Complete Partitioning)는 공유채널영역은 없고 신규호나 핸드오프호가 해당 채널영역의 채널만을 사용하는 경우이다. CS의 경우 신규호 및 핸드오프호에 대한 구분 없이 먼저 발생된 호를 처리하는 핸드오프호에 대한 고려가 전혀 없는 경우이며, CP는 핸드오프호 채널영역의 크기(수)에 따라 무선통신채널의 사용효율을 저하할 수 있다.

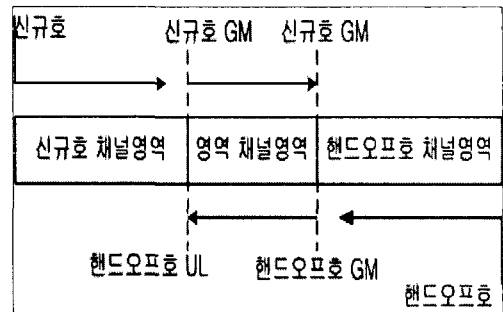


그림 2. 공유채널의 이용
Fig. 2. The usage of the share Channels

주어진 QoS 기준(CDP, CBP)을 만족하는 최적 채널영역의 크기를 결정하는 것이 중요하며 채널영역의 크기를 고정할 수도 있으나 변화하는 트래픽 부하에 따라 채널영역의 크기를 조절하는 적응성 채널영역사용에 대하여 활발히 연구되고 있다. 사용가능한 채널[5]에 따라, 트래픽 부하[6]에 따라 또는 사용자의 이동[7], [8], [9]에 따라 핸드오프호 채널영역의 크기를 변경시키는 방법이 연구된다.

2.2 제안개요

[10]은 셀의 무선통신채널을 핸드오프호 채널영역과 신규호 채널영역으로 구분하고 각 채널영역을 토큰버킷으로 모델함으로써 간략하게 CDP 및 CBP

에 대한 식을 유도하고, 구해진 CDP 및 CBP에 가중치를 두어 정의된 서비스 등급(GoS : Grade of Service)을 최소화함으로써 제한된 무선통신채널의 사용효율을 증가시키는 핸드오프 채널영역의 크기를 구할 수 있는 수학적인 모델을 제시하였다. 그러나 CDP와 CBP를 동시에 고려함으로써 CDP만을 고려했을 때보다 핸드오프 채널영역의 크기는 억제되고 CDP만을 고려하였을 때의 CDP에 대한 결과를 얻지 못한다.

본 연구에서는 이러한 문제를 보완하기 위해 핸드오프의 신규호 채널영역으로의 Overflow를 허용하는 호접속제어를 제안한다. Overflow를 허용하게 되면 트래픽 부하가 증가함에 따라 Overflow하는 핸드오프호가 많이 발생하고 CBP가 증가하게 된다. 그러나 Overflow된 신규호 채널영역의 무선통신채널에 대한 신규호의 Preemption을 허용함으로써 증가된 CBP를 보완할 수 있다. 신규호의 Preemption은 신규호 채널영역의 채널을 사용하는 핸드오프호를 절단하고 핸드오프호가 사용하던 신규호 채널영역의 채널을 신규호에게 할당하는 것[3]이다. 그림3은 본 제안에서의 채널사용 및 호접속제어를 위한 Overflow와 Preemption을 도식적으로 보여준다. 핸드오프호의 U_L 은 채널용량, G_M 은 핸드오프호 영역의 크기이며 신규호에 대해 $U_L (= C - C_h)$ 은 채널용량(C)과 핸드오프호 채널영역의 크기(C_h)의 차이, G_M 은 0으로 모델된다. 핸드오프호만이 Overflow하며, 신규호의 G_M 은 0이므로 신규호 채널영역과 공유채널영역은 동일하다.

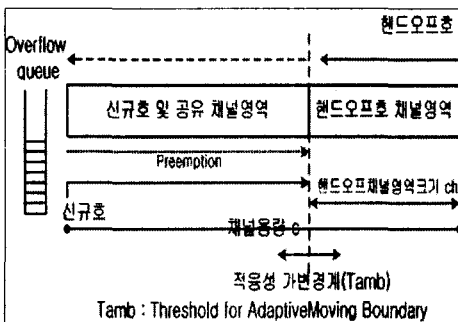


그림 3. 채널사용(신규호의 $U_L, G_M=0$)
Fig. 3. The usage of the channel

핸드오프호 채널영역의 크기(C_h)를 그림 3과 같이 셀의 전체 채널용량을 신규호 및 공유 채널영역과 핸드오프 채널영역으로 구분하는 경계로 사용한다. C_h 주기적으로 트래픽 부하에 따라 계산되는 적응성 가변경계(Threshold for Adaptive Moving Boundary)라 한다. CDP와 CBP를 동시에 고려한 가변경계는 CDP만을 고려한 가변경계의 트래픽 부하의 증가에 따른 단조증가를 제어하여 채널사용의 효율을 증가시킨다. 호접속제어에서 억제된 핸드오프호 채널영역의 크기로 인해 증가되는 CDP의 감소를 위해 핸드오프호의 Overflow를 허용하고 Overflow로 인한 CBP의 증가를 보완하기 위해 신규호의 Preemption을 허용한다. 그림3은 가변경계를 중심으로 신규호 채널영역으로 $C - C_h$ 의 크기만큼 Overflow 및 Preemption하는 핸드오프호와 신규호를 보여주고 있다.

핸드오프호의 overflow는 신규호 채널영역에 빈 채널이 있는 경우에 발생하므로 CBP에는 영향을 미치지 않는다.

또한 Overflow된 상태에서 신규호가 유입되는 경우에도 신규호의 Preemption을 허용함으로써 CBP에는 영향을 미치지 않는다. 신규호는 Preemption을 사용하여 채널용량이 보장하는 CBP 수준을 보장받는다. Overflow와 Preemption을 갖는 호접속제어는 CBP에 영향을 미치지 않고, CDP를 줄일 뿐 아니라 Overflow를 통하여 채널사용효율을 높인다. 또한, 신규호의 핸드오프호 채널영역으로의 Overflow를 생각해 볼 수 있는데, 본 제안에서와 같이 CDP와 CBP를 동시에 고려하여 핸드오프호의 채널영역의 크기를 결정하는 경우 요구되는 CBP를 충분히 만족시키므로 신규호의 Overflow는 허용하지 않는다.

신규호의 Preemption시, Preemption되는 핸드오프호(채널)의 선정에 Overflow 큐를 사용한다. Overflow 큐는 핸드오프호가 Overflow할 때 할당된 채널을 저장하고 있다. 핸드오프호가 Overflow되고 서비스 예정된 수의 신규호가 서비스 되지 않은 경우 신규호는 Overflow 큐에 있는 채널 중 나중에 Overflow된 채널부터 Preemption하며 접속이 허용된다. 이러한 방법은 먼저 Overflow된 호가 완료될

확률이 높기 때문이며 이로써 호의 완료율을 높일 수 있다. Overflow큐는 Overflow된 호가 완료되거나 핸드오프되면 갱신된다.

3. 적응성 가변경계와 호접속제어 알고리즘

본 연구에서 사용한 기호 및 의미는 다음과 같다.

셀의 채널용량(C) = 신규호 채널영역(C_n) + 핸드오프호 채널영역(C_h)

C_h : CDP만을 고려한 핸드오프호 채널영역의 크기

C_{opt} : GoS를 고려한 핸드오프호 채널영역의 크기

호도착률(λ) = 신규호 도착률(λ_n) + 핸드오프호 도착률(λ_h)

신규호율(α) : 핸드오프호의 신규호에 대한 비율,
λ_n = α * λ_h

트래픽 부하(ρ) = 호도착률(λ)/채널해지율(μ)

채널영역의 토큰버킷모델에서 트래픽 부하(Γ) = 토큰도착률/토큰해지율=채널해지율(μ)/호도착률(λ)

핸드오프호 채널영역의 토큰버킷모델에서 핸드오프호 트래픽 부하(Γ_h) : $\Gamma_h = \frac{\mu}{\lambda_h} = \frac{(1+\alpha)}{\rho}$

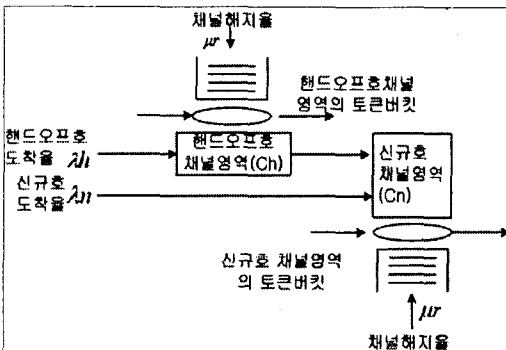


그림 4. 채널영역의 토큰버킷모델
Fig. 4. Token bucket model for channels

신규호 채널영역의 토큰버킷모델에서 신규호 트래픽 부하(Γ_n) : $\Gamma_n = \frac{\mu}{\lambda_n} = \frac{(1+\alpha)}{(\alpha*\rho)}$

$$P(\text{tokenbucketisempty}) = \left[\frac{(1-\Gamma)}{((1-\Gamma)C_h + 1)} \right],$$

서비스등급(GoS, Grade of Service)

$$GoS = \beta * CDP + (1-\beta) * CBP$$

가중치 β : GoS에서 CDP에 대한 CBP의 가중치
선점률 Po&p : Overflow 및 Preemption될확률

3.1 적응성 가변경계(Tamb, Threshold for Adaptive Moving Boundary)

3.1.1 채널영역의 토큰버킷모델

그림 4는 제한된 채널용량(C)을 갖는 기지국에서 핸드오프호 채널영역을 두고 전할당 기법을 사용하는 경우, 각 채널영역(핸드오프호 채널영역과 신규호 채널영역)을 채널영역의 크기(C_h, C_n, C_h + C_n = C)를 사용가능한 토큰의 개수로 하는 토큰버킷으로 모델한 것을 도식적으로 보여주고 있다. 각 채널영역을 토큰버킷으로 모델함으로써 큐잉 이론의 1차원 M/M/1/K 큐잉 모델을 적용할 수 있으며 간략한 식으로 요구되는 CDP 및 CBP를 만족시키는 채널영역의 크기를 구할 수 있다.

이동통신 사용자의 서비스 요구는 토큰버킷으로부터 토큰(무선통신채널)을 받으면 서비스된다. 토큰버킷에 토큰이 비게 되면 사용자의 서비스 요구는 거부된다. 토큰은 사용되지 않고 있는 무선통신채널로 사용자가 호완료나 핸드오프시 사용 중이던 채널을 토큰으로 토큰버킷에 반납한다. 사용 중이던 채널이 μ_r의 비율로 해지(Channel release)되어 각 영역의 토큰버킷에 토큰을 제공하고 λ_n과 λ_h의 비율로 셀에 유입되는 신규호와 핸드오프호는 토큰버킷으로부터 토큰을 받아 이동통신 서비스를 받는다.

식(1)은 C_h의 크기를 갖는 핸드오프호 채널영역의 토큰버킷에 μ_r의 비율로 토큰이 들어오고 λ_h의 비율로 토큰이 사용되는 토큰버킷 모델에서 M/M/1/K 큐잉 모델을 사용하여 토큰버킷이 비었을 경우의 확률 즉, 핸드오프호의 절단률(CDP)을 구한 것이다[6].

여기에서

$$\Gamma = \frac{\text{channel releasing rate}}{\text{incoming handoff rate}} = \frac{\mu_r}{\lambda_h} \quad (1)$$

여기서 Γ 는 토크버킷에 토크이 쌓이는 비율(μ)과 토크이 사용되어 나가는 비율(λ)의 비로서 토크버킷 모델을 큐잉모델에 적용하기 위한 기호로 큐잉모델에서의 트래픽 부하($\rho = \frac{\lambda}{\mu}$)와는 다르다.

3.1.2 신규호의 차단율(CBP)과 핸드오프호의 절단율(CDP)[10]

식(1)에서 사용하고 있는 용어를 변경하여 본 논문의 구성을 위한 새로운 용어로 정의한다. 식(1)에서의 μ_r 은 사용하고 있던 채널이 자유로운 상태로 되는 비율(각각의 채널영역에 토크이 유입되는 비율)로 M/M/1/K 큐잉 모델에서 서비스 타임 μ 와 같고 호의 평균 셀 도착율 λ 는 신규호의 도착률(λ_n)과 핸드오프호의 도착률(λ_h)의 합으로 구성된다. 신규호와 핸드오프호의 도착율 간에 식(2)와 같은 관계를 가정한다. 식(2)로부터 $\lambda = (1 + \alpha) * \lambda_h$, $\lambda_h = [\frac{\lambda}{(1 + \alpha)}]$, $\lambda_n = [\frac{\alpha \lambda}{(1 + \alpha)}]$ 이다. 여기서 α 는 신규호의 핸드오프호에 대한 발생비율이다.

$$\lambda_n = \alpha * \lambda_h \quad (2)$$

식(1)에서의 Γ 는 핸드오프호 채널영역의 토크버킷으로 들어오는 토크와 토크버킷에서 나가는 토크의 비율로 $\frac{\mu_r}{\lambda_h}$ 로 표현되었다. Γ 는 셀로 들어오는 핸드오프호의 도착율과 셀에서의 채널점유의 비로 새로 정의된 λ_h 를 적용하고 Γ 대신 Γ_h 로 표현하면 $\Gamma_h = \frac{\mu}{\lambda_h} = (1 + \alpha) * [\frac{\mu}{\lambda}] = [\frac{(1 + \alpha)}{\rho}]$ 이다. 여기서 ρ 는 셀로 유입되는 전체 호(신규호 및 핸드오프호)의 발생률과 호의 채널해지율의 비로 셀에서의 트래픽 부하(Traffic Load)를 나타낸다.

식(1)은 새로이 정의된 용어를 사용하면 식(3)과 같다.

$$CDP = \frac{(1 - \Gamma_h)}{(1 - \Gamma_h C_h + 1)},$$

$$\Gamma_h = \frac{1 + \alpha}{\rho} \quad (3)$$

식(3)에서 $\rho + 1 > 1$, $\rho < 1$, $\Gamma_h > 1$ 이므로 CDP를 위한 간략화된 식(4)을 얻는다.

$$CDP = \frac{(1 - \Gamma_h)}{(1 - \Gamma_h (C_h + 1))}$$

$$\doteq \frac{\Gamma_h}{\Gamma_h (C_h + 1)}$$

$$= \frac{1}{\Gamma_h C_h} = [\frac{\rho}{(1 + \alpha)}] C_h \quad (4)$$

식(4)에서 주어진 CDP를 만족시키는 핸드오프호 채널영역의 크기를 식(5)과 같이 얻을 수 있다.

$$C_h = \frac{\ln[CDP]}{\ln[\frac{\rho}{(1 + \alpha)}]} \quad (5)$$

주어진 CBP를 만족하는 신규호 채널영역의 크기를 구하기 위하여, 토크버킷 모델을 신규호 채널영역에 적용한다. 이때 토크버킷의 크기는 $C_n (= C - C_h)$ 이다. 신규호의 차단율을 CBP로 표현하고 식(1)의 Γ 를 Γ_n 으로 표현하면 신규호 채널영역에서의 CBP를 나타내는 식(6)을 얻을 수 있다.

$$CBP = \frac{(1 - \Gamma_n)}{(1 - \Gamma_n (C - C_h + 1))},$$

$$\Gamma_n = [\frac{(1 + \alpha)}{\alpha \rho}] \quad (6)$$

식(6)에서 $\alpha + 1 > 1$, $\rho < 1$, $\frac{(1 + \alpha)}{\alpha} > 1$

$\Gamma_n > 1$ 이므로 CBP를 구하는 간단한 식(7)을 얻는다.

$$CBP = \left[\frac{\alpha\beta}{(1+\alpha)} \right] * C - C_h \quad (7)$$

신규호의 차단율 CBP는 채널용량 C가 주어진 경우, α 와 ρ 의 값에 따라 변하며 CDP의 식(4)과는 달리 C_h 에 대하여 반비례함을 알 수 있다. 신규호 채널영역의 크기를 $C_n (= C - C_h)$ 로 나타내면 식(7)으로부터 CBP가 주어진 경우 C_n 의 값을 식(8)과 같이 구할 수 있다.

$$C_n = \frac{\ln[CBP]}{\ln\left[\frac{\alpha\rho}{(1+\alpha)}\right]} \quad (8)$$

3.1.3 서비스등급

고려되어야 하는 QoS 파라미터가 두 개 이상일 경우, 종합적인 QoS를 제공하기 위하여 각 QoS 파라미터에 가중치를 두는 서비스등급(GoS : Grade of Service)[11]을 사용한다. 본 연구에서는 CDP와 CBP를 동시에 고려하기 위해 식(9)와 같이 GoS를 정의하여 사용한다.

$$GoS = \beta * CDP + (1 - \beta) * CBP, \quad 0 \leq \beta \leq 1 \quad (9)$$

여기서 β 는 CBP에 대한 CDP의 가중치로서 β 가 0.9인 경우 CDP가 CBP보다 9배의 선택도를 가지고 있음을 나타낸다. 식(9)에 식(4)과 식(7)을 사용하여 식(10)을 얻는다.

$$GoS = \beta * \left[\frac{\rho}{(1+\alpha)} \right] C_h + (1 - \beta) * \left[\frac{\alpha\rho}{(1+\alpha)} \right] * (C - C_h) \quad (10)$$

GoS를 최소화 할 수 있는 핸드오프호 채널영역의 크기를 구할 수 있다면 CDP와 CBP를 동시에 줄일 수 있다. 식(10)에서 C_h 가 증가함에 따라 CDP의 항은 감소하지만 CBP의 항은 증가하고 C_h 가 감소함에 따라 CDP의 항은 증가하지만 CBP의 항은 감소함을 알 수 있다. 그러므로 $\frac{d(GoS)}{d(C_h)}$ 의 값이 0이 되는 C_h 에서 최소의 GoS를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이 때 GoS를 최소화하는 C_h 를 C_{opt} 로 표현한다. 식(10)을 C_h 에 대하여 미분을 하고 값이 0인 C_h 의 값을 구하면 식(11)과 같다.

$$C_{opt} = C_h = \frac{[\ln\left(\frac{1-\beta}{\beta}\right)] + C * \ln\left[\frac{\alpha\beta}{(1+\alpha)}\right] + \ln\left[\frac{1+\ln(\alpha)}{\ln\left(\frac{\rho}{(1+\alpha)}\right)}\right]}{[\ln(\alpha) + 2 * \ln\left(\frac{\rho}{(1+\alpha)}\right)]} \quad (11)$$

CDP 및 CBP를 고려한 최적의 핸드오프호 채널영역의 크기 C_{opt} 는 α 와 β 그리고 C가 주어진 경우 ρ 의 값에 따라 변환을 알 수 있다.

3.2 호접속제어(CAC, Call Admission Control Algorithm) 알고리즘

그림 5는 본 연구에서 제안하고 있는 Overflow와 Preemption을 갖는 호접속제어 알고리즘의 호처리 과정의 순서도이다.

호 발생시 호접속제어 알고리즘은 핸드오프호와 신규호를 구분한다. 핸드오프호인 경우 C_{opt} 로 예정된 핸드오프호가 서비스 되었더라도 신규호 및 공유 채널영역에 사용되지 않은 채널이 있으면 접속이 허가되며 신규호 및 공유 채널 영역의 비어있는 채널을 할당 받는다. 이때 Overflow되는 핸드오프호가 사용하는 채널을 Overflow 큐에 저장한다. Overflow 큐에는 핸드오프호가 Overflow할 때마다 Overflow에 사용되는 채널을 기억시킨다.

핸드오프호는 C_{opt} 로 예정된 수만큼 서비스되고 신규호 및 공유 채널영역에 사용되지 않은 채널이 없는 경우에만 절단된다. 신규호인 경우에는 $C_n (= C - C_{opt})$ 로 예정된 수만큼 서비스되고 있으면 새로운 신규호의 요구는 차단되고, 예정된 수만큼 서비스 되고 있지 않을 경우 사용되지 않고 있는 채널이 있으면 접속이 허가되며 사용되지 않고

있는 채널이 할당된다. 신규호가 예정된 수만큼 서비스 되지 않고 사용하지 않는 채널이 없는 경우 Overflow 큐에 저장된 채널을 LIFO기반으로 Preemption하여 호접속요구가 허가된다. 이때 Overflow 큐에서 Preemption 되는 채널을 삭제한다. Overflow 큐는 Overflow된 호가 완료되거나 핸드오프되면 갱신되어 진다.

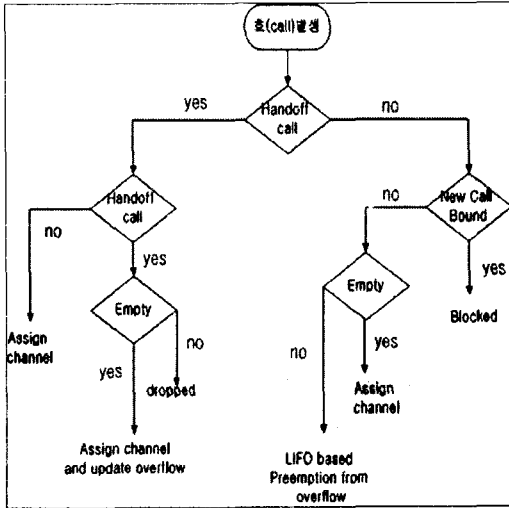


그림 5. Overflow and Preemption을 갖는 이동영역을 사용하는 호 접속제어 알고리즘
Fig. 5. CAC Algorithm using Moving Boundary with Overflow and Preemption

Overflow 및 Preemption될 확률은 주어진 트래픽 부하에서 CDP를 만족시키는 핸드오프호 채널영역의 크기와 GoS에 의하여 구해지는 핸드오프호 채널영역크기의 차이만큼의 확률을 가지게 된다. 식(4)에 식(5)와 식(11)을 사용하여 구해진 C_h 와 C_{opt} 를 적용하면 식(12)의 결과를 갖는다.

$$P_o = \left[\frac{\rho}{(1+\alpha)} \right] C_{opt} - \left[\frac{\rho}{(1+\alpha)} \right] C_h \quad (12)$$

4. 수치해석 과 검토

본 장에서는 3장에서 제안된 수학적인 모델을 사용하여 트래픽 부하에 따른 CDP 및 CBP의 동작 특성을 분석하고 본 논문에서 제안한 Overflow와

Preemption을 갖는 호접속제어의 타당성을 검증하고자 한다. 본 논문에서는 기지국의 무선통신채널의 용량(C)은 30개의 채널로 하고, 핸드오프호와 신규호의 도착률비 α 는 0.5로하며 GoS에 있어 CBP에 대한 CDP의 가중치인 β 는 0.1으로 하였다.

4.1 핸드오프호 채널영역의 크기 비교 (C_h 대 C_{opt} 의 비교)

그림 6에서는 CDP만을 고려했을 때의 핸드오프호 채널영역의 크기 C_h 와 CBP를 같이 고려했을 때(GoS의 경우)의 핸드오프호 채널영역의 크기 C_{opt} 를 트래픽 부하의 변화에 따라 비교한다. C_h 와 C_{opt} 를 결정하기 위해 CDP = 0.00001, $\alpha = 0.5$ 그리고 $\beta = 0.1$ 로 하였다.

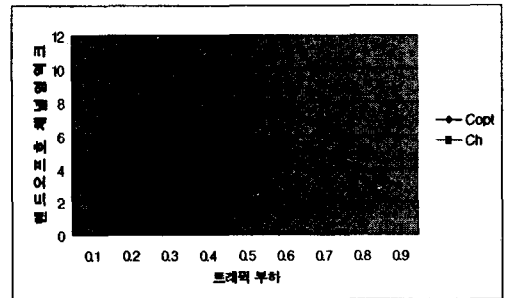


그림 6. 그래픽 부하의 변화에 따른 핸드오프호 채널영역의 크기
Fig. 6. The size of hand-off call channel for traffic load

트래픽 부하(ρ)가 증가하는 경우, C_{opt} 는 감소하고 C_h 는 증가한다. 트래픽 부하가 0.7미만일 경우 C_{opt} 는 C_h 보다 크고 0.7이상일 경우 C_h 보다 작다. C_h 를 핸드오프호 채널영역의 크기로 사용할 때를 기준으로 C_{opt} 를 핸드오프호 채널영역의 크기로 사용하는 경우와 비교하면 트래픽 부하가 0.7미만일 경우에는 과도하게 핸드오프호에 채널을 할당하여 CBP가 증가하고 트래픽 부하가 0.7 이상일 경우에는 주어진 CDP를 만족할 수 있을 만큼 핸드오프호 채널영역을 할당하지 않음으로써 CDP가 증가

할 것으로 보인다. 그러나 트래픽 부하가 0.7미만일 경우에는 전체 트래픽 부하가 적으므로 CBP는 예상과 같이 증가하지 않지만 트래픽 부하가 0.7보다 큰 경우, CDP는 급격히 상승하여 문제를 발생시킬 것으로 예상된다. 이런 문제를 보완하기 위하여 핸드오프호의 Overflow와 신규호의 Preemption을 허용하는 본 연구의 호접속제어 방안은 타당하다.

4.2. C_h 와 C_{opt} 에서의 CDP

그림 7은 그림 6과 동일한 환경에서 핸드오프호 채널영역의 크기로 C_h 와 C_{opt} 를 사용한 경우의 CDP를 보여 주고 있다. 트래픽 부하가 0.7 미만일 경우에는 C_h 나 C_{opt} 를 사용한 경우 근사한 CDP를 얻음을 알 수 있다. 그러나 트래픽 부하가 0.7이상일 경우에는 C_{opt} 를 사용한 경우 C_h 를 사용한 경우보다 급격하게 CDP를 높게 됨을 보여주고 있다. 이것은 트래픽 부하가 0.7이상일 경우 C_{opt} 는 감소하고 C_h 는 급격히 증가하여 C_{opt} 가 C_h 보다 작기 때문이다.

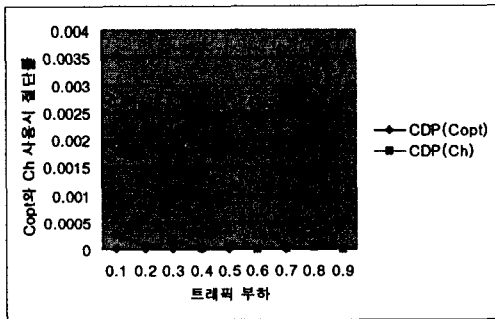


그림 7. C_h 와 C_{opt} 에서 핸드오프호의 절단률
Fig. 7. CDP of hand-off call at C_h and C_{opt}

4.3 C_{opt} 에서의 CBP와 CDP

그림 8은 그림 6과 같은 환경에서 C_{opt} 를 핸드오프호 채널영역의 크기로 사용하는 경우 동일한 트래픽 부하에 대한 CDP와 CBP를 보여 주고 있다. 트래픽 부하가 0.7이상일 경우 CDP가 CBP보다 급격하게 높아짐을 보여준다. 이것은 CBP와 CDP를 동시에 충족시키기 위해 GoS를 최소화하는 C_{opt} 를 사용

한 결과이며 이러한 현상을 보완하기 위하여 신규호 채널영역에 사용하지 않는 채널이 있는 경우 핸드오프호는 Overflow하여 핸드오프호의 CDP을 줄이고 신규호가 발생한 경우 Overflow된 채널을 Preemption함으로써 CBP를 유지시키는 호접속제어는 타당함을 보여준다.

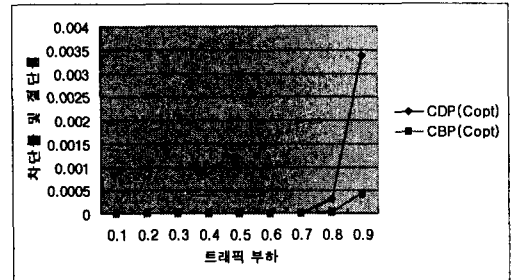


그림 8. C_{opt} 에서 핸드오프호의 절단율과 신규호의 차단율
Fig. 8. CDP and CBP of hand-off call at C_{opt}

4.4 Overflow & Preemption 확률

Overflow 및 Preemption의 확률은 C_{opt} 에서의 CDP와 C_h 에서의 CDP의 차이로 식(12)에서 주어지며 그림 9는 네트워크가 혼잡상태(트래픽 부하가 0.7 이상일 경우)에 이르렀을 때 Overflow와 Preemption이 효과가 있음을 알 수 있다. 그림9에서 확률이 음수인 경우, 신규호는 Overflow하지 않는다.

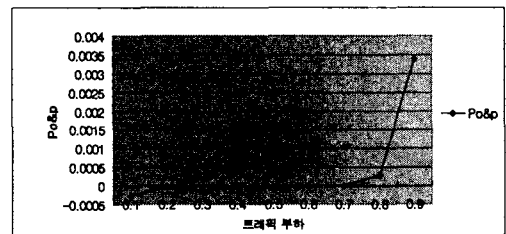


그림 9. Overflow 및 Preemption 확률
Fig. 9. Overflow and Preemption Probability

5. 결 론

셀룰러 이동통신망에서는 핸드오프호에 일정채널을 할당하는 방법은 다음과 같은 문제점이 있다. 즉, 채널의 크기 결정에 있어 많은 수학적적인 계산을 요

구하여 트래픽 부하에 따른 실시간 적응성을 갖기 어렵고 채널의 크기를 결정함에 있어 CBP(New Call Blocking Probability)를 고려하지 않아 채널의 사용효율이 떨어진다는 것이다.

본 논문에서는 토큰버킷모델을 사용하여 수학적 인 어려움이 없고 CDP 및 CBP를 동시에 고려하여 핸드오프호 채널영역의 크기를 얻음으로써 핸드오프호 채널크기결정의 문제를 해결할 수 있는 기존 제안의 수학적 모델상 문제점인 높은 트래픽 부하에서의 CDP 증가를 보완할 수 있는 Overflow와 Preemption을 갖는 호접속 제어 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 호접속제어 방법은 핸드오프호 채널크기결정에 CBP를 고려함으로써 발생하는 CDP의 증가를 핸드오프호의 Overflow를 허용함으로써 보완하고 핸드오프호의 Overflow로 인한 CBP의 증가를 신규호의 Preemption을 허용함으로써 보완한다. 이러한 방법은 무선통신채널의 사용효율을 증가시킬 것으로 기대된다. 또한, 신규호에 의해 Preemption되는 Overflow된 채널을 선택하기 위해 Overflow 큐를 사용하고 LIFO를 적용함으로써 호 완료율도 증가시킬 것으로 기대된다.

셀룰러 이동통신망에도 Voice뿐 아니라 기존의 유선통신망에서 제공하던 멀티미디어 서비스(Video, Data)가 확대될 것으로 예상되며 앞으로 본 논문에서 제안하는 채널사용 방법과 호접속제어 방법을 멀티미디어(Video, Voice, Data 등) 응용으로 확대하여 유선망에서의 QoS(대역폭, 지연, 지터, 로스 등) 파라미터를 셀룰러 이동통신 환경에서도 지원할 수 있도록 개선이 요구된다.

References

[1] Y. Fang and Y. Zhang, "Call Admission Control Schemes and Performance Analysis in Wireless Mobile Networks," IEEE Trans. on Vehicular, Vol. 51, No. 2, March 2002.
 [2] D. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic model and performance Analysis for cellular mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Nonprioritized handoff procedures," IEEE Trans. on Vehicular Tech., Vol. 35, pp. 77-92, Aug. 1986.
 [3] Y. Kim and C. Uh, "Analysis of bandwidth allocation strategies with access restriction in broadband ISDN," IEEE. Trans. Commun., Vol. 41, pp. 771-781, May 1993.
 [4] S. K. Biswas and B. Sengupta, "Call admissibility for multirate traffic in wireless ATM networks", Infocom'97,

1997.
 [5] R. Ramjee, D. Towsley, and R. Nagarajan, "On optimal call admission control in cellular networks," Wireless Networks, Vol. 3, pp. 29-41, 1997.
 [6] Xiaoyuan Luo, Bo Li, Ian Li-Jin hng, Yi-Bing Lin, and Imrich Chlamac, "An Adaptive Measured-Based Preassignment Scheme with Connection-Level QoS Support for Mobile Networks," IEEE transactions on wireless communications, Vol 1, No.3, pp. 521-530, July 2002.
 [7] D. A. Levine, I. F. Akylidiz, and M. Naghshineh, " A Resource estimation and call admission algorithm for wireless multimedia networks using the shadow cluster concept," IEEE/ACM Trans. Networking, Vol. 5, pp. 1-12, Feb. 1997.
 [8] S. Choi and K. G. Shin, "Adaptive Bandwidth Reservation and Admission Control in QoS-Sensitive Cellular Networks," IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems, Vol. 13, No. 9, September 2002.
 [9] M. Naghshineh and M. Schwarz, "Distributed call admission control in mobile/wireless networks," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol. 14, pp. 711-717, May 1996.
 [10] 고성원, 이병선, "무선이동통신망의 가드채널 사용효율 향상을 위한 수화적인 모델연구," 한국통신학회논문지, 제28권, 제4호, pp. 175-185, 2003.
 [11] M. Oliver and J. Borras, " Performance Evaluation of Variable Reservation Policies for hand-off Prioritization in Mobile Networks," Proceedings of INFOCOM'99, New York, 1999.이용회, " 방송의 Digital 화(1),(2) ," 1995년 통권 39-40호, 방송과 기술.

◇ 저자소개 ◇

노희정 (盧熙正)

1961년 7월 7일생. 1985년 2월 아주대학교 전자공학사. 1995년 7월 서울시립대학교 대학원 제어계측공학 석사. 2003년 7월 인천시립대학교 대학원 전자공학과 박사수료 1989~1998 (주)한국통신기술 근무. 현재 김포대학 정보통신계열 조교수.