

마이크로 셀 환경에서 멀티미디어 서비스를 위한 분산 호 수락 제어 기법

정 일 구[†] · 황 의 석^{**} · 이 형 우^{***} · 조 충 호^{****}

요 약

유선망에서 이루어지는 다양한 멀티미디어 서비스를 무선망에서 지원하기 위해서는 단말이 최초 서비스를 받기 시작할 때와 단말의 이동에 의해 핸드오프가 일어날 때에 주위 셀의 상태와 다양한 클래스의 트래픽 특성을 고려한 무선 호 수락 제어 문제가 해결되어야 할 것이다. 본 논문에서는 2차원 셀룰라 구조 환경에서 가상 클러스터 개념을 이용한 신뢰성 있는 분산 호 수락 제어 기법을 제안하고자 한다. 임의의 호의 진행시간동안 신뢰성 있는 호의 진행을 위해서 모든 호들의 호 수락 제어 단계에서 서비스를 받으려 하는 호가 직접 속해 있는 셀의 1·2차 인접 셀까지의 상태를 고려한 좀 더 신중하고 신뢰성 있는 호 수락 제어의 모델이다. 수학적 분석 및 시뮬레이션을 통하여 제안된 모델의 성능을 평가한다.

Distributed Call Admission Control for Multimedia Service in Micro-Cell Environment

Il-Koo Jeong[†] · Eui-Seok Hwang^{**} · Hyong-Woo Lee^{***} · Choong-Ho Cho^{****}

ABSTRACT

In order to provide various multimedia services in a wireless network, the call admission control for wireless channels should be resolved at the time of call setup and handoff by moving mobile terminal. In this paper, we propose a reliable DCAC(Distributed Call Admission Control) scheme using virtual cluster concept. The proposed DCAC scheme considers the state of 1st and 2nd adjacent cells to provide a reliable call handling. The proposed scheme is analyzed by simulations and mathematical methods.

키워드 : 멀티미디어 서비스(multimedia service), 멀티 셀(multicell), 무선 호 수락 제어(wireless call admission control), 분산 호 수락 제어(distributed call admission control), 핸드오프(handoff), QoS(Quality of Service)

1. 서 론

무선망에서 멀티미디어 서비스를 하기 위한 문제점 중에 하나는 무선망의 제한된 용량을 가지고 멀티미디어 서비스의 QoS(Quality of Service) 보장을 어떻게 지원할 것인가 하는 것이다[5, 7]. 이러한 문제는 호 수락 제어에서부터 고려되어야 한다. 또한, 초고속·대용량의 서비스를 위하여 단일 셀의 크기가 점점 더 작아지는 추세를 배경으로[2], 많은 호 수락 제어 알고리즘들이 분산 호 수락 제어 기법을 바탕으로 발전되어 가고 있다. 분산 호 수락 제어 기법에서는 어떤 셀에서 새로운 호 요청이 있을 때, 새로운 호 요청이 발생한 셀과 그 셀에 인접한 셀들의 각 기지국에서 새로운 호 요청에 대한 허용 또는 거절을 각각 결정하게 되고, 수락된 호에 한하여 채널을 할당 할 수 있다. 본 논

문의 초점은 2차원 셀룰라 구조 환경에서 QoS 보장을 위해 테스트 셀의 1차 또는 1·2차 인접 셀까지 고려한 가상 클러스터 개념[11]을 이용한 분산 호 수락 제어 기법의 성능 분석 방법이다. 또한 이러한 분석 방법을 바탕으로 제안한 호 수락 제어 모델이 1차 또는 1·2차 인접셀들을 고려하지 않았을 때와 고려했을 때 수락된 호들의 신뢰성 있는 호의 진행을 얼마나 더 유지시켜줄 수 있는지를 살펴본다.

본 논문의 구성을 보면 2장에서는 QoS 보장을 위해 테스트 셀의 1차 또는 1·2차 인접 셀까지 고려한 가상 클러스터 개념을 이용한 분산 호 수락 제어 기법의 연구 배경을 소개한다. 3장에서는 제안된 호 수락 제어 기법 및 수학적 분석 내용을 소개하며, 4장에서는 시뮬레이션을 이용한 결과를 소개한다. 마지막 결론으로 끝을 맺는다.

2. 연구 배경

어떤 시스템에서 이미 서비스를 받기 시작한 임의의 호의 진행시간 동안 갑작스러운 호의 단절없이 없이 신뢰성 있는 호의 진행을 위해서는 이 호가 서비스를 받고 있는 시

* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(97-01-00-15-01-5)와 고려대학교 특별연구비 지원으로 수행되었음.

† 정 회 원 : 한국전자통신연구소

** 준 회 원 : 고려대학교 대학원 컴퓨터 정보학과

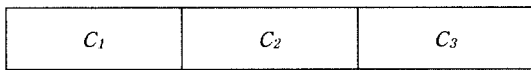
*** 준 회 원 : 고려대학교 전자 및 전자공학부 교수

**** 종신회원 : 고려대학교 컴퓨터 정보학과 교수

논문접수 : 2002년 7월 24일, 심사완료 : 2002년 10월 11일

시스템에서의 무선 자원을 충분히 확보해야만 한다[9, 10].

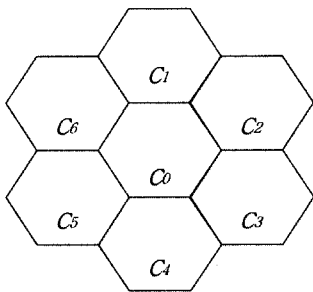
이러한 문제들을 해결하기 위해서 다양한 방법들이 나오고 있다[8, 12, 13]. 참고문헌[12, 13]에서는 (그림 1)과 같은 1차원 선형 셀룰라 구조를 모델로 테스트 셀에서의 호 수락 제어에 대해 테스트 셀의 1차 인접 셀 2개의 상태 정보를 참조하여 호 수락을 결정하는 방식을 제안하였다.



(그림 1) 1차원 선형 셀룰라 구조

하지만, 참고문헌[12, 13]에서 제안한 방식들은 몇 가지 문제점을 내포하고 있다. 이러한 몇 가지 문제점들 중 하나는 무선 망 구조에서의 1차원 선형 셀룰라 구조는 일반적으로 실제적인 셀룰라 시스템에서 적용하기 어렵다는 것이다. 따라서, 테스트 셀의 1차 인접 셀들이 (그림 2)와 같이 적어도 6개인 1차원 육각형 셀룰라 구조를 이루어야 한다[1].

또한 이러한 문제점과 함께, 한 개의 단위 셀의 크기가 점점 더 작아지는 배경과 핸드오프 문제를 고려했을 때, 테스트 셀에서의 어떤 호의 수락을 결정하는데 있어서 테스트 셀의 1차 인접 셀들의 상태 정보만을 고려하는 것[8, 12, 13]은 호의 진행시간 동안 이 호의 신뢰성 있는 생존성을 충분히 보장하지 못한다. 따라서, 본 논문에서는 임의의 호의 진행시간 동안 보다 신뢰성 있는 호의 진행을 위해서, (그림 3)과 같은 총 19개의 셀들로 이루어진 2차원 육각형 셀룰라 구조를 기본으로 서비스를 받으려 하는 어떤 호가 직접 속해 있는 셀의 1·2차 인접 셀까지의 상태 정보를 고려한 좀 더 신중하고 신뢰성 있는 호 수락 제어의 모델 및 수학적 분석을 소개한다

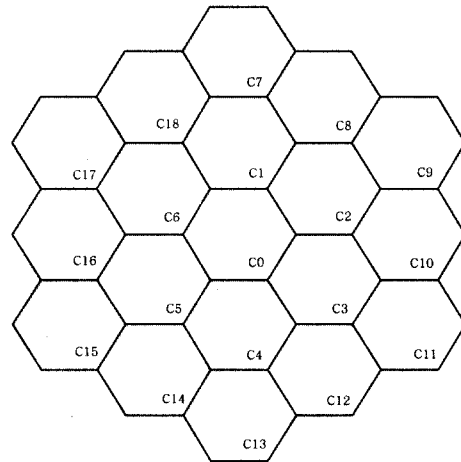


(그림 2) 1차원 육각형 셀룰라 구조

테스트 셀의 1차 인접 셀들과 2차 인접 셀들의 상태 정보를 고려한 호 수락 제어에서, 테스트 셀에서 1차 인접 셀들을 경유한 2차 인접 셀들로의 핸드오프 확률은 테스트 셀에서 1차 인접 셀들까지의 핸드오프 확률 보다 당연히 작기 때문에 호 수락 제어 단계에서 2차 인접 셀들보다는 1차 인접 셀들의 상태를 더 비중을 두어 고려한다.

각 셀 C_i 에서 $n_{C_i}(t)$ 는 시간 t 에서 i 번째 셀에서의 호의 수 또는 사용되고 있는 채널 수 이다. 셀 C_0 를 관찰 대상

인 테스트 셀로 가정한다. 셀 C_i 에서의 새로운 호 도착은 도착율이 λ 인 Poisson 분포로 가정한다. 호 서비스 시간은 평균이 $1/\mu$ 인 지수 분포로 가정한다. 한 셀에서 어떤 호의 핸드오프 시간은 평균이 $1/h$ 인 지수 분포로 가정한다. 따라서, 어떤 한 셀에서의 호들의 핸드오프율은 h 이다. 그리고, 이러한 새로운 호 도착, 호 종료, 호 핸드오프들은 한 셀 그리고 셀들간에 상호 독립적인 것으로 가정한다.



(그림 3) 2차원 육각형 셀룰라 구조

그리고, 본 논문에서는 어떤 단말이 현재 속해 있는 셀을 중심으로 주위 6개(1차 인접 셀들) 또는 18개(1·2차 인접 셀들) 셀들로 이루어진 한 개의 집합을 가상 클러스터(virtual cluster)로 정의한다. 즉, 각각의 임의의 셀들을 중심으로 1차 또는 1·2차 인접 셀들까지의 범위를 가상 클러스터라고 한다. 어떤 가상 클러스터의 중심 셀은 <표 1>과 같은 자신의 상태 정보를 자신의 가상 클러스터에 속해 있는 모든 셀들에게 주기적으로 전송해주며, 또한 주기적으로 그러한 셀들의 상태 정보를 받게 된다. 이러한 상태 정보는 호 수락 제어 단계에서 자신의 1차 또는 1·2차 인접 셀들의 근사적인 상태를 판단하는데 사용되어지게 된다. 그래서, 어떤 임의의 호의 진행시간 동안 좀 더 신뢰성 있는 호의 진행을 보장하게 된다. 어떤 임의의 셀에서 가상 클러스터의 크기는 그 셀의 상태에 따라 동적으로 결정할 수 있다. 즉, 그 셀이 폭주상태나 폭주상태에 가까운 상태가 되면 그 셀에 인접한 셀들도 이 셀에 영향을 받을 확률이 더 커지기 때문에 폭주상태에 근접해 있거나 폭주상태인 셀이 자신의 상태정보를 좀 더 멀리까지 즉, 홉 카운터를 크게 해서 전달한다.

어떤 셀의 상태 정보 목록 패킷을 받은 이웃 셀들은 셀 아이디와 시간을 확인한 후, 이미 갖고 있는 정보인지를 판단하여, 갖고 있지 않은 정보라면 그 셀의 정보를 갱신한 후, 홉 카운터를 하나 줄여서 자신의 인접셀들에게 다시 방송한다. 이미 갖고 있는 정보라면 즉, 시간이 같거나 홉 카운터가 1인 상태 정보 목록 패킷은 삭제한다.

〈표 1〉 가정된 셀 상태 정보 목록

Cell ID	#
Time	hh:mm:ss
Hop counter	n
New speech call arrival rate	λ_s
New video call arrival rate	λ_v
Speech call departure rate	μ_s
Video call departure rate	μ_v
Speech call handoff rate	h_s
Video call handoff rate	h_v
Current number of speech call	$n_{C_i}^s(t)$
Current number of video call	$n_{C_i}^v(t)$

을 받는다. 이때 테스트 셀 C_0 의 각각의 1차 인접 셀들에서 과부하 될 확률은 P_{QoS} 보다 작아야 한다.

3. 제안모델

셀 환경은 (그림 4)처럼 2차원 육각형 셀들라 배열로 가정한다. (그림 4)에서 호 수락이 요구되는 임의의 테스트 셀을 C_0 , 테스트 셀의 1차 인접 셀들을 각각 $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ 라고 할 때, 각각의 트래픽 종류에 따른 파라메타는 다음과 같다.

- $n_{C_0}^v(t), \dots, n_{C_6}^v(t)$: 셀 C_0, \dots, C_6 에서 시간 t 에서의 비디오 호의 개수 또는 비디오 호가 사용하는 채널 개수
- $n_{C_0}^s(t), \dots, n_{C_6}^s(t)$: 셀 C_0, \dots, C_6 에서 시간 t 에서의 음성 호의 개수 또는 음성 호가 사용하는 채널 개수
- $\lambda_{s,C_i}, \lambda_{v,C_i}$: C_i 셀에서 각각의 음성과 비디오의 새로운 호 도착율
- μ_{s,C_i}, μ_{v,C_i} : C_i 셀에서 각각의 음성과 비디오 호의 서비스를
- h_{s,C_i}, h_{v,C_i} : C_i 셀에서 각각의 음성과 비디오의 핸드오프율

이때 한 이동 단말이 셀 C_0 에 있을 때, 다음과 같은 7가지 가능조건(feasible condition)을 만족하면 시간 t_0 일때, 셀 C_0 에서 각각의 트래픽에 대해 호를 수락한다.

가능 조건 1 : $t_0 + T$ 때, 셀 C_0 에서 과부하(overload)될 확률은 주위 셀 C_1, \dots, C_6 로부터 C_0 에 들어오는 핸드오프와 C_0 에서 주위셀로 나가는 핸드오프에 영향을 받는데, 이때 C_0 에서 과부하 될 확률이 요구하는 P_{QoS} 보다 작아야 한다.

가능 조건 2-7 : $t_0 + T$ 때, 테스트 셀 C_0 의 1차 인접 셀 C_1, \dots, C_6 에서 각각 과부하가 일어날 확률은 테스트 셀 C_0 의 1차 인접 셀 각각의 주위 셀에서 들어오는 핸드오프의 영향을 받는다. 또한, 테스트 셀 C_0 의 1차 인접 셀 각각의 주위의 셀로 나가는 핸드오프에 영향을 받고, T 시간 동안에 테스트 셀 C_0 의 각각의 1차 인접 셀에서 생기는 새로운 호에도 영향

(그림 4) 1차 인접 셀들에 대한 모델

제안된 멀티 클래스를 지원하는 분산 호 수락 제어 기법은 위 가능 조건 7가지를 만족시키도록 호들을 제어한다.

모델의 분석을 간단히 하기 위해서, 호의 서비스율과 핸드오프율이 Poisson 분포를 따른다고 가정한다. 그리고 음성 사용자 한명당 쓰는 채널의 수를 C_s , 비디오 사용자 한명당 쓰는 채널 수를 C_v 라고 한다면, 전체 채널의 개수 C 는 다음과 같다.

$$C = n_s C_s + n_v C_v \tag{1}$$

그리고 한 셀에서 호의 존속기간 ($1/\mu_s$)과 다른 셀로 핸드오프되기 전에 그 셀에 남아 있는 시간 ($1/h_s$)은 지수 분포를 한다. 이때 어떤 호가 시간 T 에서 그 셀 C_i 에 남아 있을 확률과 셀 C_i 의 인접한 셀로 이동해서 핸드오프 될 확률은 다음과 같이 된다.

$$p_{ss,C_i} = e^{-(\mu_{s,C_i} + h_{s,C_i})T}, p_{ms,C_i} = 1 - e^{-h_{s,C_i}T} \tag{2}$$

$$p_{sv,C_i} = e^{-(\mu_{v,C_i} + h_{v,C_i})T}, p_{mv,C_i} = 1 - e^{-h_{v,C_i}T} \tag{3}$$

그리고 임의의 시간 t_0 에서 한 셀 C_i 에 있는 호의 개수가 k 개이고, $t_0 + T$ 때 그 셀 C_i 에 남아있는 호의 개수인 i 의 확률 분포는 이항 분포를 한다[8]. 즉,

$$B(i, k, p_{ss,C_i}) = \binom{k}{i} (p_{ss,C_i})^i (1 - p_{ss,C_i})^{k-i} \tag{4}$$

그때 한 셀 C_i 에서 이 셀 C_i 에 직접 인접한 6개의 셀 중 임의의 한 셀로 핸드오프되는 호의 개수 j 도 이항 분포를 한다. 즉,

$$B\left(j, k, \frac{p_{ms,C_i}}{6}\right) \tag{5}$$

또한 테스트 셀에 인접한 셀들은 핸드오프로 들어오는

호들을 위해 채널 용량을 예약한다. 따라서 인접한 셀들에서 발생하는 호들은 폭주가 될 경우에 차단 될 수 있기 때문에 실제 호 발생율은 더 작아진다. 이것을 고려한 각 셀에서 호 손실율은 아래와 같은 Erlang B loss Formula를 이용하여 계산하였다.

다음 식은 전체 채널사용 비율을 보여주는 Erlang load 를 보여주는 식이다.

$$\rho_{Ci} = \frac{\lambda_{s,Ci}}{\mu_{s,Ci}} \quad (6)$$

다음 식은 각 셀에서의 음성 호에 대한 Erlang B loss probability를 보여주고 있다.

$$P_{l,Ci} = \frac{(\rho_{Ci})^m}{m!} \sum_{k=0}^m \frac{(\rho_{Ci})^k}{k!} \quad (7)$$

여기서, m 은 한 셀에 존재할 수 있는 최대 음성 사용자 수이다.

위 식을 이용해서 셀 C_i 에서 실제 호 발생율 ($\lambda_{s,Ci}$)은 다음과 같이 계산 할 수 있다.

$$\lambda_{s,Ci} = \lambda_{s,Ci}(1 - P_{l,Ci}) \quad (8)$$

여기서 계산된 값은 분산 호 수락 제어(DCAC) 분석에서 이웃한 셀에서 실제 호 발생률에 적용된다.

따라서, 가능 조건을 만족하는 분석식을 조건별로 구하면 다음과 같다.

조건 1을 만족하기 위해서, t_0 때 셀 C_0, \dots, C_6 의 음성 및 비디오 호의 개수를 서비스 형태별로 $n_{C_0}^s(t_0), \dots, n_{C_6}^s(t_0)$ 와 $n_{C_0}^v(t_0), \dots, n_{C_6}^v(t_0)$ 이라고 하고, $t_0 + T$ 때 셀 C_0 에 k 개의 채널을 사용할 확률을 $P_{C_0,t_0+T}(k)$ 이라고 하면, $P_{C_0,t_0+T}(k)$ 는 다음과 같은 평균과 분산을 가지는 Gaussian 분포로 근사 시킬 수 있다.

$$P_{C_0,t_0+T}(k) \approx G(\text{mean}_1, \text{variance}_1) \quad (9)$$

단, mean_1 과 variance_1 은 [부록 1]에 나타내었다.

여기서 각각의 셀이 포함할 수 있는 최대의 용량을 C 라고 할 때, 과부하 될 확률은 다음과 같이 근사 될 수 있다.

$$P_0 \approx Q\left(\frac{C - \text{mean}_1}{\sqrt{\text{variance}_1}}\right) \leq P_{QoS} \quad (10)$$

단, $Q(\cdot)$ 는 Gaussian 분포를 적분하는 Q함수를 나타낸다 [8]. 여기서 이 과부하 될 확률이 P_{QoS} 보다 작게 새로운 호를 받아들이면 된다.

조건 2-7에서도 위의 방법으로 다음과 같이 된다.

$$P_{Ci,t_0+T}(k) \approx G(\text{mean}_2, \text{variance}_2) \quad (11)$$

단, mean_2 과 variance_2 는 [부록 2]에 나타내었다.

최종적으로 위의 7가지 조건을 n_s, n_v 만족하는 범위가 테스트 셀 C_0 에서 받아들일 수 있는 최대의 호의 개수가 된다.

4. 2차원 셀룰라 구조 모델을 이용한 시뮬레이션 결과

2차원 셀룰라 구조를 가지고 똑같은 상황에서, 테스트 셀의 1·2차 인접 셀까지 고려한 모델과 고려하지 않은 모델을 가지고, 호 수락을 받은 임의의 호들이 끝까지 호의 진행을 마치고 끝낼 성공률을 비교한다.

4.1 시뮬레이션을 위한 가정

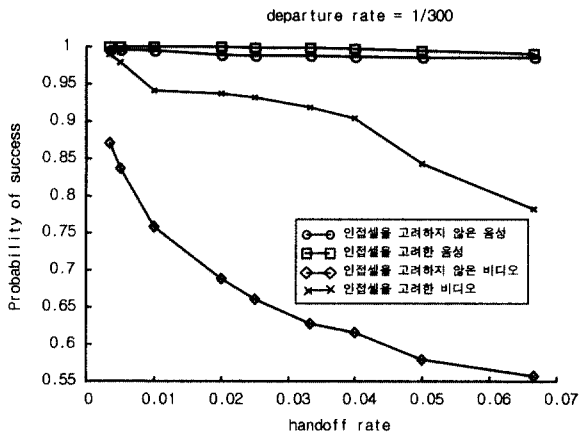
- 2차원으로 구성된 12개의 셀로 구성된 클러스터 구조
- 하나의 기지국이 가지는 전체 무선 채널 용량: 95UB
- 음성 호 하나가 사용하는 용량: $C_s = 95/217UB$
- 비디오 호 하나가 사용하는 용량: $C_v = 87/8UB, 87/16UB$
- 새로운 음성 호와 비디오 호 발생율: $\lambda_s = 10 \lambda_v$
- 새로운 음성 호와 비디오 호 서비스율: $\mu_v = \mu_s = 1/100, 1/200, 1/300$
- 음성호와 비디오 호의 핸드오프율: $h_v = h_s = 1/15, 1/20, 1/25, 1/30, 1/40, 1/50, 1/100, 1/200, 1/300$
- 이웃 셀의 상태정보 갱신 주기: $T = 10, 20sec$
- $P_{QoS} = 0.01$

시뮬레이션은 상태 정보 갱신 시간을 10초로해서 새로운 호와 핸드오프 호가 들어왔을 때, 제한된 1차 또는 1·2차 인접셀 QoS를 만족하면 받아들이고, 크게 되면 그 들어온 호는 차단 또는 손실된다. 만약 전체 채널 용량이 사용중이면, 핸드오프로 들어오는 호는 손실된다.

4.2 2차원 셀룰라 구조 모델을 이용한 시뮬레이션 분석 결과

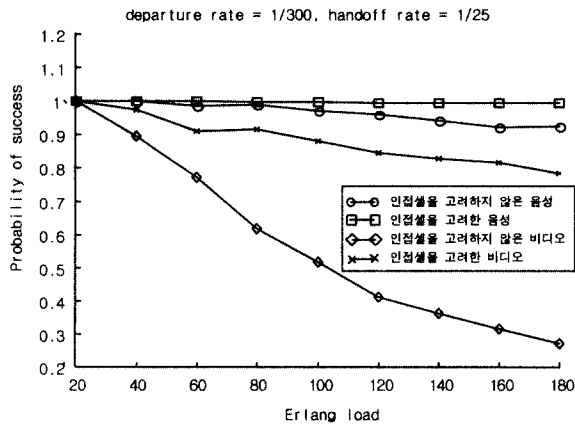
다음과 같은 상황에 대해서 살펴보았다.

- 여러 가지 서비스율에서 핸드오프율의 변화에 따른 인접 셀의 상태를 고려한 방법과 고려하지 않은 방법에서 음성과 비디오 호의 성공률
- 여러 가지 서비스율에서 트래픽 부하의 증가에 따른 인접 셀의 상태를 고려한 방법과 고려하지 않은 방법에서 음성과 비디오 호의 성공률
- 인접 셀들의 상태 정보 갱신 주기에 따른 음성과 비디오 호의 성공률
- 음성 호에 비해 할당되는 채널의 수가 상대적으로 큰 비디오 트래픽 크기의 감쇄에 따른 음성과 비디오 호의 성공률
- 차원별 고려사항에 따른 핸드오프 성공률

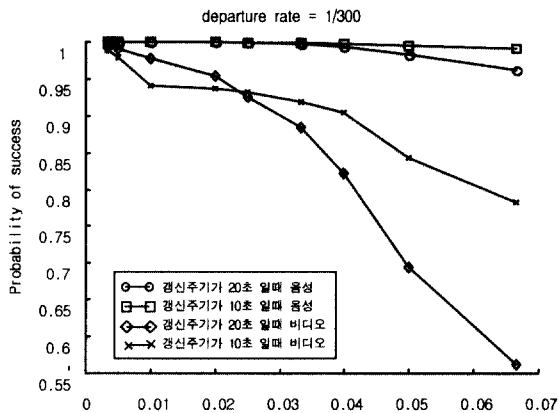


(그림 5) 서비스율이 1/300일 때 핸드오프율에 따른 성공률

제안한 모델을 통해 예상했던 대로 핸드오프율이 높아질수록 인접 셀의 상태를 고려한 방법이 고려하지 않은 방법보다 음성과 비디오의 핸드오프 호들에 대해 상대적으로 성공률이 높게 나오는 것을 볼 수 있다. 음성과 비디오 호를 비교하였을 경우 음성호가 상대적으로 훨씬 높은 성공률을 보이고 있다. 이것은 비디오가 음성보다 하나의 호당 할당되는 채널이 25배정도 높기 때문에 발생한다.



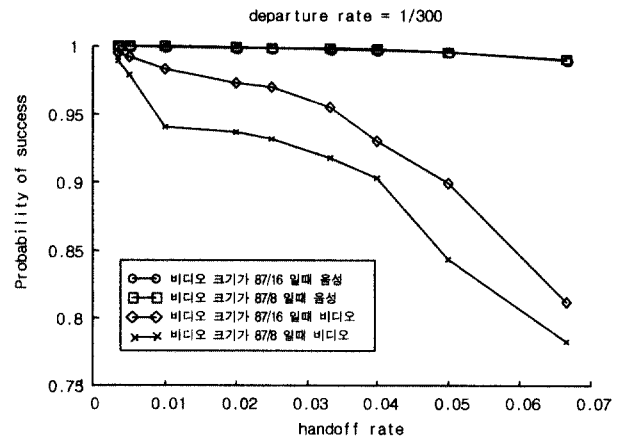
(그림 6) 트래픽 부하와 서비스율에 대한 성공률 관계



(그림 7) 상태정보 갱신 주기에 따른 성공률

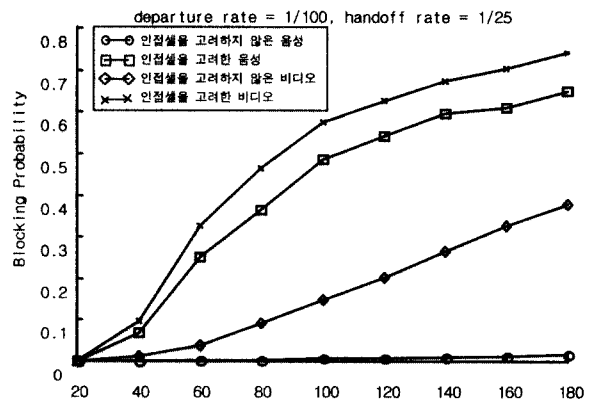
똑같은 핸드오프율에서 부하를 증가시키기에 따라 각각의 서비스를 모두에서 음성과 비디오의 핸드오프호에 대해 모두 인접 셀의 상태 정보를 고려한 방법이 고려하지 않았을 때의 방법보다 상대적으로 기율기가 훨씬 작음을 볼 수 있다.

역시 상태 정보 갱신 주기를 20초로 했을 때보다 10초로 했을 때, 음성과 비디오 호 모두 상대적으로 높은 성공률을 나타냄을 볼 수 있다. 이는 인접 셀의 상태 정보 갱신 주기를 짧게 할수록 좀 더 사실에 가까운 상태 정보를 얻을 수 있으므로 호 수락 결정 단계에서 좀 더 정확한 근사값을 얻을 수 있기 때문이다.



(그림 8) 비디오 호 크기에 대한 핸드오프율 변화에 따른 성공률

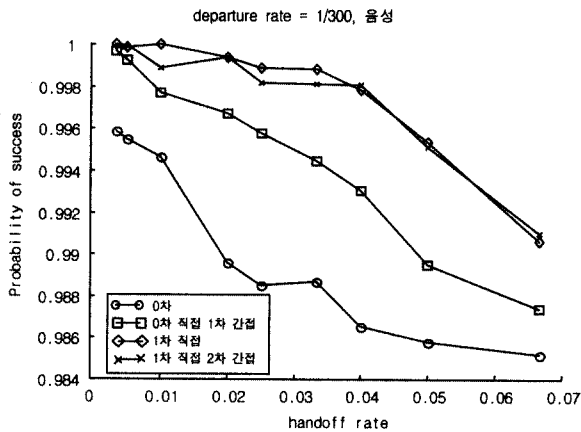
비디오 호의 크기를 반(87/8UB에서 87/16UB)으로 감소시킨 결과 음성호의 성공률은 낮아지는 것을 볼 수 있다. 이는 상대적으로 비디오 호의 크기가 반으로 줄어들어 남은 채널의 크기가 비디오 단위크기와 비슷할 때 보다 많이 수락되는 것을 알 수 있게 한다. 따라서, 비디오 호의 단위 크기가 크면 클수록 음성 호의 허용은 높아진다.



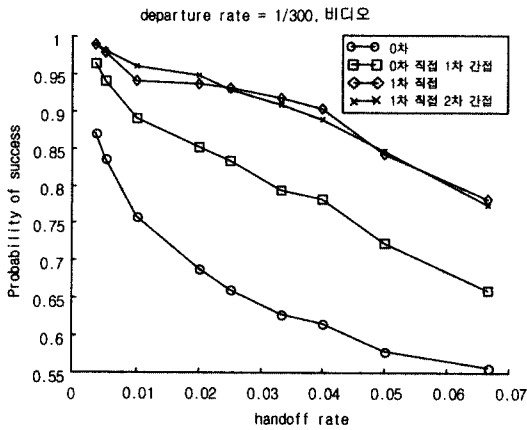
(그림 9) 고려한 모델과 고려하지 않은 모델의 새로운 호 차단율

인접 셀의 상태 정보를 고려한 방법들은 새로운 호에 대해 고려하지 않은 방법보다 훨씬 많은 차단율을 나타내는

것을 볼 수 있다. 따라서, 새로운 호들도 핸드오프 호들과 함께 제어할 수 있는 새로운 메커니즘이 필요하다.



(a) 음성



(b) 비디오

(그림 10) 고려사항에 따른 모델별 성공률

인접셀의 상태 정보 요소들을 많이 구분할수록 각각의 트래픽들 모두 성공률이 핸드오프율이 커질수록 상대적으로 높게 나오는 것을 관찰 할 수 있다. 0차원 모델에서는 테스트 셀에서 호 수락을 결정하는 시점에서 테스트 셀에 들어오는 새로운 호가 사용할 수 있는 채널이 있으면 호 수락을 한다. 즉, 아무런 고려사항이 없다. 0차 직접·1차 간접 모델에서는 테스트 셀에서 호 수락을 결정하는 시점에서 1차 인접셀들에서 테스트 셀로 들어오는 실질적인 핸드오프 호들의 수와 테스트 셀에서 1차 인접셀들로 나가는 실질적인 핸드오프 호들의 수를 고려하여 호 수락을 결정한다. 1차 직접 모델에서는 테스트 셀에서 호 수락을 결정하는 시점에서 테스트 셀의 1차 인접 셀까지 들어오는 새로운 호의 개수와 1차 인접셀들에서 테스트 셀로 들어오는 실질적인 핸드오프 호들의 수와 테스트 셀에서 1차 인접셀들로 나가는 실질적인 핸드오프 호들의 수, 1차 인접셀들에서 2차 인접셀들로 나가는 실질적인 핸드오프 호들의 수,

그리고 2차 인접셀들에서 1차 인접셀들로 들어오는 핸드오프 호의 개수는 실질적인 개수가 아닌 테스트 셀의 평균 핸드오프 호의 개수로 대신하여 호 수락을 결정한다. 그리고 1차 직접·2차 간접 모델에서는 테스트 셀에서 호 수락을 결정하는 시점에서 테스트 셀의 1차 인접 셀까지 들어오는 새로운 호의 개수와 1차 인접셀들에서 테스트 셀로 들어오는 실질적인 핸드오프 호들의 수, 테스트 셀에서 1차 인접셀들로 나가는 실질적인 핸드오프 호들의 수, 1차 인접셀들에서 2차 인접셀들로 나가는 실질적인 핸드오프 호들의 수, 그리고 2차 인접셀들에서 1차 인접셀들로 들어오는 실질적인 핸드오프 호들의 수를 고려하여 호 수락을 결정한다.

5. 결 론

본 논문에서는 참고문헌[8, 12, 13]에서의 문제점들 즉, 무선 망 구조에서의 1차원 선형 셀룰라 구조는 일반적으로 실제적인 셀룰라 시스템에서 적용하기 어렵다는 것과 한 개의 단위 셀의 크기가 점점 더 작아지는 배경과 핸드오프 문제를 고려했을 때, 테스트 셀에서의 어떤 호의 수락을 결정하는데 있어서 테스트 셀의 1차 인접 셀들만의 상태 정보만을 고려하는 것은 호의 진행시간 동안 이 호의 신뢰성 있는 생존성(survivability)을 충분히 보장하지 못한다는 결론을 보완하기 위하여, 총 19개의 셀들로 이루어진 2차원 육각형 셀룰라 구조를 기본으로, 테스트 셀의 1차 또는 1·2차 인접 셀까지 고려한 QoS가 고려된 가상 클러스터 개념을 이용한 분산 호 수락 제어의 성능 분석 방법을 제안하였다. 또한 이러한 분석 방법을 바탕으로 제안한 호 수락 제어 모델이 1차 또는 1·2차 인접 셀들을 고려하지 않았을 때와 1차 또는 1·2차 인접 셀들을 고려했을 때 수락된 호들의 신뢰성 있는 호의 진행을 얼마나 더 유지시켜줄 수 있는지를 살펴보았다.

제안한 모델의 분석 결과는 첫번째, 핸드오프율이 높아질수록 인접한 셀의 상태 정보에 의해 테스트 셀에서 일단 호 수락을 받은 호들에 대해서는 좀 더 신뢰성 있는 호의 진행을 보장해주는 것을 보였다. 두 번째, 인접한 셀의 상태 정보 갱신 주기 시간이 호 수락 제어에 미치는 영향이다. 짧은 상태 정보 갱신 주기는 시스템에 부담을 주지만 일단 수락된 호들에 대한 신뢰성 있는 진행을 충분히 보장한다. 세 번째, 핸드오프 호 중에서 비디오 호의 성공률은 음성 호의 성공률보다 훨씬 작게 나타난다. 이는 비디오 호의 단위 크기가 음성의 단위 크기보다 훨씬 크기 때문에 채널 여유가 많지 않은 경우에 단위 크기가 작은 음성만 일방적으로 할당되는 결과를 가져오므로 음성 호는 주어진 QoS보다 지나치게 좋은 결과를 보인다.

앞으로 고려되어야 할 사항은 더욱더 다양해지는 멀티미디어 서비스에 대한 명확한 서비스 분류를 통해 이들 트래

픽에 대한 우선 순위를 고려한 제어 모델이 제시되어야 할 것이다. 즉, 음성과 비디오뿐만 아니라, ABR 형태의 비실시간 트래픽까지도 고려한 제어 모델이 연구되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] X. Dong and T. H. Lai., "An efficient priority-based dynamic channel allocation strategy for mobile cellular networks," In *Proc. IEEE INFOCOM '97*, Vol.2, pp.892-899, 1997.

[2] D. Everitt and D. Manfield., "Performance analysis of cellular mobile communication systems with dynamic channel assignment," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, pp.1172-1179, Oct., 1989.

[3] D. E. Everitt and N. W. Macfadyen., "Analysis of multi-cellular mobile radiotelephone systems with loss," *British Telecom Technol. J.*, pp.37-45, 1983.

[4] William Feller., "An Introduction to Probability Theory and it's Applications," John Wiley & Sons Inc., 3 edition, 1968.

[5] I. Katzela and M. Naghshineh., "Channel assignment schemes for cellular mobile telecommunication systems," *IEEE Personal Communications Magazine*, Vol.3, pp.10-31, Jun., 1996.

[6] F. P. Kelly., "Stochastic models of computer communication systems," *J. R. Statist. Soc.*, pp.379-395, 1985.

[7] V. O. K. Li and X. Qiu., "Personal communication systems (pcs)," *Proceedings of the IEEE*, pp.1210-1243, Sep., 1995.

[8] M. Naghshineh and M. Schwart., "Distributed call admission control in mobile/wireless networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, pp.711-716, May. 1996.

[9] R. Ramjee, R. Nagarajan, and D. Towsley., "On optimal call admission control in cellular networks," In *Proc. IEEE INFOCOM '96*, pp.43-50, 1996.

[10] S. Tekinay and B. Jabbari., "Handover and channel assignment in mobile cellular networks," *IEEE Communications Magazine*, pp.42-46, Nov., 1991.

[11] M. Naghshineh and A. S. Acampora., "Control and Quality-of-Service Provisioning in High-Speed Microcellular Networks," *IEEE Personal Communications Magazine Second Quarter*, Vol.1, No.2, pp.36-43, 1994.

[12] Xusheng Tian and Chuanyi Ji., "QoS Provisioning with Distributed Call Admission Control in Wireless Networks," *ICC '98*, pp.797-801, Jun., 1998.

[13] Jeongjae Won, Daek Kim, Hyongwoo Lee and Chunggho Cho., "Adaptive Distributed Call Admission Control for Multimedia Services in Multi-Cell Environment," *Proceedings of the KISS fall Conference '98*, pp.237-239.

[부 록 1]

$$mean_1 : \left(n_{C0}^s(t_0) p_{ss,C0} + \frac{1}{12} \sum_{i=1}^6 n_{Ci}^s(t_0) \cdot p_{ms,Ci} \cdot (1 + p_{ss,Ci}) \right) C_s + \left(n_{C0}^v(t_0) p_{sv,C0} + \frac{1}{12} \sum_{i=1}^6 n_{Ci}^v(t_0) \cdot p_{mv,Ci} \cdot (1 + p_{sv,Ci}) \right) C_v$$

$$variance_1 : \left(n_{C0}^s(t_0) p_{ss,C0} (1 - p_{ss,C0}) + \frac{1}{12} \sum_{i=6}^6 n_{Ci}^s(t_0) \cdot p_{ms,Ci} \cdot (1 + p_{ss,Ci}) \cdot \left(1 - \frac{p_{ms,Ci}}{6} \frac{1 + p_{ss,Ci}}{2} \right) \right)^2 C_s$$

$$+ \left(n_{C0}^v(t_0) p_{sv,C0} (1 - p_{sv,C0}) + \frac{1}{12} \sum_{i=6}^6 n_{Ci}^v(t_0) \cdot p_{mv,Ci} \cdot (1 + p_{sv,Ci}) \cdot \left(1 - \frac{p_{mv,Ci}}{6} \frac{1 + p_{sv,Ci}}{2} \right) \right)^2 C_v$$

[부 록 2]

mean_2

$$\left(n_{Ci}^s(t_0) p_{ss,Ci} + 3E[n_{C0}^s(t_0)] \frac{p_{ms,C0}}{6} \frac{1 + p_{ss,C0}}{2} \right. \\ \left. + \Theta_{s,I} \frac{p_{ms,CI}}{6} \frac{1 + p_{ss,CI}}{2} + \Theta_{s,II} \frac{p_{ms,CII}}{6} \frac{1 + p_{ss,CII}}{2} + \Theta_{s,III} \frac{p_{ms,CIII}}{6} \frac{1 + p_{ss,CIII}}{2} + \lambda_{es,Ci} T \frac{1 + p_{ss,Ci}}{2} \right) C_s$$

$$+ \left(n_{Ci}^v(t_0) p_{sv,Ci} + 3E[n_{C0}^v(t_0)] \frac{p_{mv,C0}}{6} \frac{1 + p_{sv,C0}}{2} \right. \\ \left. + \Theta_{v,I} \frac{p_{mv,CI}}{6} \frac{1 + p_{sv,CI}}{2} + \Theta_{v,II} \frac{p_{mv,CII}}{6} \frac{1 + p_{sv,CII}}{2} + \Theta_{v,III} \frac{p_{mv,CIII}}{6} \frac{1 + p_{sv,CIII}}{2} + \lambda_{ev,Ci} T \frac{1 + p_{sv,Ci}}{2} \right) C_v$$

where, $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ and

$\Theta_{s,I}, \Theta_{s,II}, \Theta_{s,III}$ = 테스트 셀의 1차 인접 셀들과 테스트 셀 중 선택된 i 의 1차 인접 셀 3개의 각각의 음성호들의 개수

$\Theta_{v,I}, \Theta_{v,II}, \Theta_{v,III}$ = 테스트 셀의 1차 인접 셀들과 테스트 셀 중 선택된 i 의 1차 인접 셀 3개의 각각의 비디오호들의 개수

variance₂:

$$\begin{aligned}
 & \left(n_{Ci}^s(t_0) p_{ss,Ci}(1-p_{ss,Ci}) + 3E[n_{C0}^s(t_0)] \frac{p_{ms,C0}}{6} \frac{1+p_{ss,C0}}{2} \left(1 - \frac{p_{ms,C0}}{6} \frac{1+p_{ss,C0}}{2} \right) \right. \\
 & + \Theta_{s,I} \frac{p_{ms,CI}}{6} \frac{1+p_{ss,CI}}{2} \left(1 - \frac{p_{ms,CI}}{6} \frac{1+p_{ss,CI}}{2} \right) + \Theta_{s,II} \frac{p_{ms,CII}}{6} \frac{1+p_{ss,CII}}{2} \left(1 - \frac{p_{ms,CII}}{6} \frac{1+p_{ss,CII}}{2} \right) \\
 & \left. + \Theta_{s,III} \frac{p_{ms,CIII}}{6} \frac{1+p_{ss,CIII}}{2} \left(1 - \frac{p_{ms,CIII}}{6} \frac{1+p_{ss,CIII}}{2} \right) + \lambda_{es,Ci} T \frac{1+p_{ss,Ci}}{2} \left(1 - \frac{1+p_{ss,Ci}}{2} \right) \right) C_s^2 \\
 & + \left(n_{Ci}^v(t_0) p_{sv,Ci}(1-p_{sv,Ci}) + 3E[n_{C0}^v(t_0)] \frac{p_{mv,C0}}{6} \frac{1+p_{sv,C0}}{2} \left(1 - \frac{p_{mv,C0}}{6} \frac{1+p_{sv,C0}}{2} \right) \right. \\
 & + \Theta_{v,I} \frac{p_{mv,CI}}{6} \frac{1+p_{sv,CI}}{2} \left(1 - \frac{p_{mv,CI}}{6} \frac{1+p_{sv,CI}}{2} \right) + \Theta_{v,II} \frac{p_{mv,CII}}{6} \frac{1+p_{sv,CII}}{2} \left(1 - \frac{p_{mv,CII}}{6} \frac{1+p_{sv,CII}}{2} \right) \\
 & \left. + \Theta_{v,III} \frac{p_{mv,CIII}}{6} \frac{1+p_{sv,CIII}}{2} \left(1 - \frac{p_{mv,CIII}}{6} \frac{1+p_{sv,CIII}}{2} \right) + \lambda_{ev,Ci} T \frac{1+p_{sv,Ci}}{2} \left(1 - \frac{1+p_{sv,Ci}}{2} \right) \right) C_v^2
 \end{aligned}$$

where, $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ and

$\Theta_{s,I}, \Theta_{s,II}, \Theta_{s,III}$ = 테스트 셀의 1차 인접 셀들과 테스트 셀 중 선택된 i 의 1차 인접 셀 3개의 각각의 음성호들의 개수

$\Theta_{v,I}, \Theta_{v,II}, \Theta_{v,III}$ = 테스트 셀의 1차 인접 셀들과 테스트 셀 중 선택된 i 의 1차 인접 셀 3개의 각각의 비디오호들의 개수

정 일 구

e-mail : ilkoo@etri.re.kr
 1997년 고려대학교 전산학과 졸업(학사)
 1999년 고려대학교 대학원 전산학과(이학 석사)
 1999년~현재 한국전자통신연구소
 관심분야 : 통신망 설계 및 성능분석

황 의 석

e-mail : ushwang@korea.ac.kr
 1998년 고려대학교 전산학과 졸업(학사)
 2000년 고려대학교 대학원 전산학과(이학 석사)
 2000년~현재 고려대학교 대학원 컴퓨터
 정보학과 박사과정

관심분야 : 이동통신, 네트워크보안

이 형 우

e-mail : hwlee@korea.ac.kr
 1979년 University of British Columbia
 Electrical Engineering(학사)
 1983년 University of Waterloo, Electrical
 Engineering(박사)
 1983년~1991년 Carleton University,
 systems and Computer
 Engineering 조교수
 1992년~1995년 University of Waterloo, Electrical and
 Computer Engineering 조교수
 1995년~현재 고려대학교 전자 및 전자공학부 교수
 관심분야 : 통신망 설계 및 성능분석, ATM트래픽 제어, MAC
 프로토콜, 이동망에서의 핸드오프와 위치관리

조 충 호

e-mail : chcho@korea.ac.kr
 1981년 고려대학교 공과대학 산업공학과
 (학사)
 1983년 고려대학교 공과대학 산업공학과
 (석사)
 1986년 프랑스 Institute National des
 Sciences Appliquées de Lyon
 전산학과(석사)

1989년 프랑스 INSA de Lyon 전산학과(박사)
 1990년~1994년 순천향대학교 전산통계학과 조교수
 1994년~현재 고려대학교 컴퓨터 정보학과 교수
 관심분야 : 통신망 트래픽관리기술, 무선통신 시스템, 멀티미디어
 통신, 인터넷 비즈니스