

논문 2007-44TC-7-12

# 이종 네트워크를 위한 분산처리 방식의 효율적인 호 수락 제어 구조

( SmartCAC : Novel Distributed Connection Admission Control  
Framework for Heterogeneous Networks )

김 효 은\*, 김 원 태\*\*, 강 은 현\*\*\*, 박 용 진\*\*\*\*

( Hyo-Eun Kim, Won-Tae Kim, Eun-Hyun Kang, and Yong-Jin Park )

## 요 약

차세대 이동 네트워크에서는 다양한 무선 접속 기술이 공존하게 된다. 이에 따라, 다양한 무선망에서 QoS를 지원하는 분산 방식의 호 수락 제어 구조인 SmartCAC를 제안한다. 본 논문은 네트워크간 정보 수집이 필요없는 분산방식을 위하여 모바일 노드와 네트워크간의 상호동작을 이용한다. SmartCAC는 기본적으로 VHO 호와 새로운 호의 구분이 가능하도록 함으로써 VHO 호에 핸드오프를 위해 예약된 채널을 사용할 수 있도록 한다. 또한, 효율적인 호 수락 제어를 위하여 QoS 요구와 네트워크 사용에 대한 delay와 reliability를 다룬다. 뿐만 아니라, 이종망에서 네트워크 필터링을 할 수 있도록 모바일노드의 스피드를 이용한다. 이종망의 상태정보를 알 수 없는 모바일노드가 네트워크의 상태정보를 받아 비교할 수 있도록 확장된 프로토콜을 제시하고, 시뮬레이션 연구에서 기존의 CAC 방식과 제어메시지에 의한 비용을 비교하여 37%에서 96%까지 향상되는 효과를 입증한다.

## Abstract

For supporting various mobile networks, this paper proposes a framework of distributed connection admission control, named SmartCAC. Especially, intelligent CAC operations are adopted in terms of interoperation between mobile nodes and mobile networks. This scheme does not need to correct information between networks. Basically vertical handover call can use guard channel that was reserved for handoff, because SmartCAC addresses the identification between vertical handover call and new call, delay and reliability as requirement of QoS for efficient connection control. The scheme also uses mobile terminal speed for network filtering. Especially an extended protocol is proposed to give different network states information to mobile nodes because there have been no ways for mobile nodes to compare the states of different networks. Sophisticated simulation study is performed in order to evaluate SmartCAC in terms of signaling cost. As a result, signaling cost of ours is up to 96% better than that of the existing scheme.

**Keywords :** connection control. heterogeneous networks

\* 정회원, 삼성전자 정보통신총괄 무선사업부  
S/W Lab. (무선8G) 연구원  
(Engineer, R&D Group 8, S/W Lab. Mobile  
Communication Division, Telecommunication  
Network Business, Samsung Electronics CO. LTD.)  
\*\* 정회원, 한국전자통신연구원 임베디드SW연구단  
무선인터넷플랫폼팀  
(Embedded Software Research Division, ETRI)  
\*\*\* 학생회원, \*\*\*\* 정회원, 한양대학교 전자컴퓨터통신  
공학과  
(Dept. of Electronics and Computer Engineering,  
Hanyang univ.)  
접수일자: 2007년2월14일, 수정완료일: 2007년7월2일

## I. 서 론

### 1. 연구배경 및 목적

이동통신은 고속 멀티미디어 통신을 지원하는 3세대 통신 서비스 시대를 넘어, 모든 통신 네트워크를 IP를 통해 연결하는 4세대 이동 네트워크로 향하고 있다<sup>[1]</sup>. 현존하고 있는 네트워크들은 각각 특별한 목적을 가지고 다르게 발전되어 왔다. 그래서 각 네트워크들은 각기 다른 미디어 접속 기술을 갖는다. 최근 서로 다른 이

중 망간 혹은 미디어간의 심리스한 핸드오버를 지원하기 위해 IEEE 802.21에서 표준화하고 있는 기술인 Media Independent Handover(MIH)에 대해 많은 연구가 진행되고 있다. 다중 무선 인터페이스를 가진 이동 단말로 하여금 사용자의 개입 없이 자동적으로 이용 가능한 최상의 망 접속 유형을 선택하게 하고, 이종 망 혹은 미디어 간에 세션을 심리스하게 핸드오프 시킬 수 있도록 하기 위해 이벤트 서비스, 커맨드 서비스 그리고 정보 서비스 등을 제공하며, MIH 상위 계층은 MIH를 통해 적절한 망 정보를 제공받아 최적화된 핸드오버를 수행하게 된다. 현재 3G 셀룰라 망(3GPP, 3GPP2)과 IEEE 802에서 정의하는 유무선 망(802.3, 802.11, 802.16)을 대상으로 연구되고 있다. 따라서 차세대 통신 환경에서 모바일노드 사용자의 요구사항을 지원하고 이종망에서의 자원 절약을 위한 효율적인 네트워크 사용을 목표로 각 네트워크들은 조직적으로 상호 동작해야 한다. 이러한 동작이 CAC(Connection Admission Control)의 역할이다. 다중망의 경우 새로운 호와 VHO 호의 식별은 이동통신망들의 통합으로 간단하게 제공할 수 없다. 비록 일부 CAC는 이종망을 위해 VHO (vertical handover)를 고려하여 제안되어 왔지만, 그것들이 VHO와 관련된 문제들을 효과적으로 해결하지는 못했다<sup>[2-4]</sup>. 결과적으로 일관성있는 지능적인 CAC 구조는 차세대 통신 환경에서 필수적인 이슈이다.

어떤 모바일노드가 다른 종류의 중복된 네트워크에 VHO 호를 시도한다면 그들 중 일부는 고속의 모바일노드와는 접속을 할 수 없다. 그러므로 모바일노드의 속도 패턴은 중요한 이슈라 할 수 있는 것이다. 다중 망에서 네트워크 선택 알고리즘은 모바일노드 사용자의 다른 QoS 요구사항들을 고려해야만 한다. 대부분의 기존 연구자들은 RSS (Received signal strength)와 대역폭, 네트워크 우선순위와 같은 간단한 요소들에 의해 최고 안정적인 네트워크를 선택하여 왔다<sup>[5]</sup>. 어떤 논문들은 많은 QoS 요소들을 고려하기 위해 너무 복잡한 알고리즘을 사용하기도 했다<sup>[6]</sup>. 본 논문에서는 그 이슈들을 다루기 위해 제안된 분산방식의 CAC 구조인 SmartCAC를 제안된다.

본 논문은 서론에 이어 II장에서 CAC 수행 위치에 따른 분류를 살펴보고 본 논문에서 사용하고 있는 가드 채널 기반의 CAC를 설명한다. 또한 VHO를 위한 기존의 CAC의 문제점을 짚어본다. 그 후 III장에서는 이종망의 경우 CAC에 요구되어지는 것이 무엇인지 정리하고 제안한 CAC 동작 구조를 모바일노드와 네트워크에

서의 동작으로 분류하여 설명한다. IV장에서는 제어메시지에 의한 비용을 이용하여 기존의 CAC방식에 비해 제안한 알고리즘이 어느 정도 효과가 있는지 보여주고 마지막 V장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

가. CAC 수행 위치에 따른 분류

CAC는 수행 위치에 따라 중앙처리방식과 분산처리방식으로 나누고, 분산처리방식은 셀간에 정보를 교환하느냐에 따라 협력식과 비협력식으로 구분할 수 있다. 다음의 예시를 통해 수행 위치에 따른 차이를 살펴본다.

그림 1에서 이종 네트워크 구조의 예시를 보여준다. 왼쪽부분은 셀룰러망, 오른쪽 부분은 와이브로망을 예로 들었다. BS(Base Station)는 셀룰러망에서 무선망을 관리하는 액세스포인트이고, RAS(Radio Access Station)는 와이브로망에서 사용하는 액세스포인트이다. 셀룰러망은 구조상 복수개의 BS를 관리하는 MSC(Mobile Switching Center)를 두고 있으며 셀룰러망의 PDSN(Packet Data Serving Node)과 MSC의 역할을 와이브로망에서는 ACR(Access Control Router)로 통합되어 수행한다고 할 수 있는데 그림1에서 그 구조를 보여준다. 그러한 환경에서 중앙처리방식의 CAC를 사용하는 경우는 네트워크 관리를 위한 중앙시스템을 별개로 두는 형태이다. 예를 들어, 셀룰러망의 MSC와 와이브로망의 ACR는 CAC 수행을 위해 중앙의 위치에 중앙시스템을 두고 접속을 수락하고 제어하기 위한 정보를 수집한다. 이와 달리 분산처리방식의 CAC 경우는 예를 들어, 셀룰러망의 BS와 와이브로망의 RAS의 위치에서 CAC를 수행하는 것이다. 따라서 각 네트워크 정보를 셀 내에서 처리한다. 이와 같은 특징으로 인해 중앙처리 방식은 네트워크의 모든 정보를 아는 상태로 접속 결정을 할 수 있는데 반해 네트워크 정보를 중앙

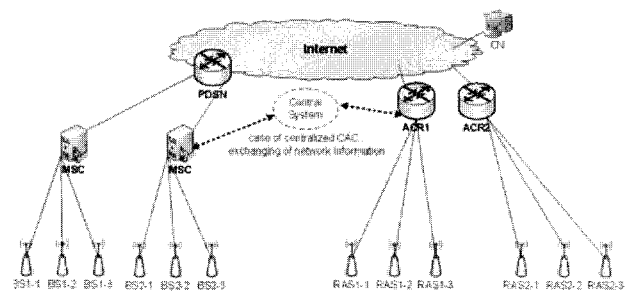


그림 1. 이종망에서 네트워크구조의 예시  
Fig. 1. Example of architecture in heterogeneous network.

에서 교환해야 하고 수행거리도 길기 때문에 오버헤드가 상당히 많이 발생한다. 뿐만 아니라 이종망의 경우에 중앙시스템을 두는데 실제 시스템적으로 한계가 있을 수 있다는 단점을 가지고 있다. 이와 달리 분산처리 방식의 경우는 BS에서 수행을 하기 때문에 중앙시스템을 두는 경우에 비해 수행거리가 짧고 정보 수집량이 적다. 그러나 이 방식 또한 네트워크 상태를 고려하여 CAC를 수행하기 위해서는 셀간 정보교환이 필수이므로 협력식 분산처리방식이 필요하고, 이로 인한 오버헤드는 여전히 존재할 수 있다. 따라서 주기적인 정보교환으로 인한 오버헤드가 없도록 액세스포인트가 셀 내 정보만을 관리하여 네트워크 상태를 고려할 수 있는 방식의 CAC가 필요하다. 기존 단일망의 경우는 정보교환이 없는 분산처리 방식인 비협력식을 사용하기도 하였으나 이는 오버헤드를 줄이지만 주변 네트워크 상태를 고려할 수 없으므로 이종망에서의 적용은 부적절하다고 할 수 있다. 따라서 정보교환으로 인한 오버헤드를 줄이면서 주변 네트워크의 상태를 고려할 수 있는 방식이 필요하다고 할 수 있겠다.

#### 나. 가드채널 기반의 CAC 알고리즘

핸드오프 호는 새로운 호보다 우선순위를 갖기 때문에 핸드오프를 위해 일부 채널을 예약한다. 그 예약되는 채널이 guard channel이다<sup>[7]</sup>. 일정한 제한값에 따라 그 값보다 적은 채널이 사용 중이면 새로운 호를 수락한다. 그러나 핸드오프 호는 사용 가능한 채널이 있는 경우 언제나 수락한다. 따라서 제한값이 적절히 선택되면 매우 효과적인 방법이라 할 수 있다.

그림 2는 가드채널방식의 채널할당 구조를 나타낸 것이다. 현재 사용 중인 채널을 busy channel이라 할 때 C는 전체 이용 가능한 채널수가 될 것이다. busy channel을 포함한 K라는 제한값에 따라 나머지 채널값인 C-K가 가드채널로 정해지고 K보다 busy channel이 더 적을 경우만 새로운 호에 채널이 할당될 수 있는 것이다. 그러나 핸드오프 호는 가드채널에 의해 채널이 남아있는 경우 채널을 할당받을 수 있다. 이러한 방법

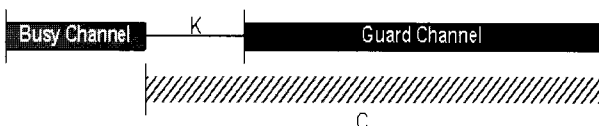


그림 2. 가드채널방식의 채널할당 구조

Fig. 2. Guard channel based on channel allocation architecture.

이기 때문에 새로운 호보다 핸드오프 호에 우선순위를 부여할 수 있는 것이다. 그 알고리즘은 핸드오프 호의 드롭 가능성이 최소가 되도록 제한값을 적절히 조절한다면 신뢰성과 효율성 측면에서 효과적이기 때문에 실제 상업적인 시스템에서 많이 이용되고 있다. 그러므로 우리는 guard channel 기반의 SmarcCAC를 제안한다.

#### 다. 이종망을 고려한 기존의 CAC 알고리즘

본 절에서는 기존에 이종망 환경을 위해 제안되었던 CAC 알고리즘을 설명한다. 이종망 환경을 지원하는 방안으로는 이웃노드의 정보를 가져와 모바일노드의 요청을 처리하는 방법이 제안된 바 있다<sup>[2]</sup>. 그러나 이 방안은 모든 핸드오버가 VHO라는 가정을 하기 때문에 새로운 호, VHO, HHO (horizontal handoff call)과 같은 모든 종류의 호를 포함하는 오버레이 네트워크에서는 적당하지 못하다.

다른 방안으로 이동성 기반의 CAC가 제안되었다<sup>[3]</sup>. 이 방식은 이동속도와 함께 방향성을 고려하였기 때문에 효율적인 핸드오프를 제공하나, 네트워크 상태에 따라 접속할 네트워크를 결정할 수 없다. 이에 반해 QoS 요구사항을 기반으로 서비스 클래스에 따른 적응적 자원 할당 방식을 제안한 경우도 있다<sup>[4]</sup>. 그러나 이 또한 서비스 클래스를 오직 3개의 유형으로만 구분함으로써 QoS를 제공하는데 한계가 있었다. 무선랜과 셀룰러 네트워크를 지원할 수 있도록 제안한 방식의 경우, 우선 호의 종류를 음성과 데이터로 구분한 후 새로운 호인지 핸드오프 호인지를 구분하도록 하였다<sup>[5]</sup>. 또한 이 방식은 커버리지를 고려함으로써 보다 안정적인 네트워크를 선택할 수 있도록 하였다. 이 논문의 특징은 알고리즘이 간단하면서 VHO 호를 지원한다는 것이다. 그러나 결과가 비효율적이고 고려된 요소가 커버리지 뿐이기 때문에 적절하지 못하다. 마지막으로 AHP(analytic hierarchy process)와 GRA (grey relational analysis)를 이용한 네트워크 선택 알고리즘의 경우 AHP를 이용해 어플리케이션마다 가중치를 두어 처리하고 GRA를 이용해 네트워크를 선택하도록 함으로써 가장 적당한 네트워크를 선택하도록 하여 언제나 QoS를 최고로 보장할 수 있도록 하였다<sup>[6]</sup>. 이 논문에서는 많은 QoS 요소들을 고려하여 셀내 정보를 중앙 시스템으로 수집하여 최종 결정을 함으로써 VHO시 추가 수행이 불가피하다는 단점이 있었다. 따라서 기존에 제안되어 왔던 CAC 알고리즘만큼의 QoS를 보장할 수 있는 적절한 네트워크를 선택하면서도 그것을 수행하기 위해 오버헤드를

발생시켰던 네트워크 상태정보 교환의 단점을 해결할 수 있는 방안이 필요하다고 하겠다.

## II. 본 론

### 1. 요구사항

기존 CAC알고리즘은 모바일노드의 QoS 요구사항을 고려하면서도 2.3절에서 설명한 바와 같은 문제점을 가지고 있었다. 또한, 대부분의 알고리즘들은 중앙에 관리 시스템을 두고 상태를 모니터링하여 접속을 수락할 네트워크를 선택하고 채널을 할당하도록 설계되거나 셀간 정보교환을 통하여 CAC를 수행하여 왔다. 만일 2.1절에서 설명한 중앙 관리 시스템을 이용할 경우나 협력방식의 분산처리방식을 이용할 경우 정보교환을 위한 네트워크 부하와 지연의 문제점이 발생할 수 있다. 즉, CAC 알고리즘은 적절한 네트워크 선택과 자원할당뿐만 아니라 불필요한 네트워크 자원의 이용에 따른 에너지 손실 및 처리 지연을 해결해야 한다. 따라서, 이를 해결하기 위해 다음과 같은 CAC기술들이 요구된다.

요구사항 1 : 네트워크 간 정보교환 없이도 VHO 호 타입 처리 가능

요구사항 2 : 네트워크 상태에 따른 모바일노드의 QoS 요구 지원

요구사항 3 : 부하 및 지연이 적은 네트워크 구조 설계

위의 요구사항에 따라 우리는 모바일노드와 모바일 액세스 포인트 간의 상호동작을 이용해 주기적인 정보교환 없이 VHO 호를 구분할 수 있도록 하였고, 모바일 속도, 대역폭, 네트워크 상태를 고려하여 채널 할당을 결정하도록 함으로써 QoS를 지원하도록 한다. 또한 마지막 요구사항에 따라 비협력식 분산처리방식의 SmartCAC를 제안하여 부하 및 지연이 적은 네트워크 구조를 설계하도록 하였다.

### 2. SmartCAC 개요

본 절에서는 우리가 제안한 비협력식 분산처리 방식의 SmartCAC의 전체 흐름을 설명한다.

그림 3의 MAP(Mobile Access Point)는 단말이 무선 상에서 처음 접근하는 포인트를 의미하고, LFD(Level for decision)은 이중네트워크가 감지되었을 때 접속할 네트워크를 선택하기 위해 고려되는 네트워크 상태에 대한 레벨을 의미하는 것으로 높은 레벨을 갖는 네트워

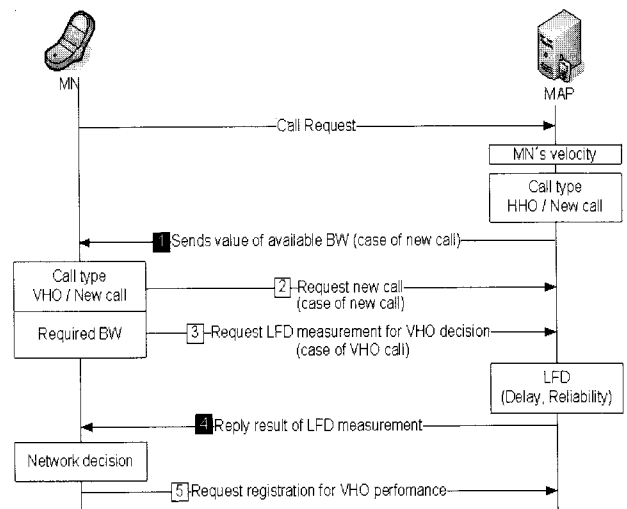


그림 3. 모바일노드와 모바일엑세스포인트의 상호동작을 이용한 SmartCAC의 흐름

Fig. 3. Flow of SmartCAC using interworking between MN and MAP.

크의 상태가 더 좋다고 판단하도록 한다. MN(Mobile Node)에 의해 MAP가 호를 요청 받으면 호를 수락할 것이냐를 결정하기 위하여 제일 먼저 속도를 고려한다. 1) MN의 속도를 확인하여 HHO 호가 아닌 경우에는 MAP가 새로운 호인지 VHO 호인지 알지 못하기 때문에 MN에게 NetReport 메시지를 보내어 MN이 판단하도록 하고, VHO 호일 경우 사용하기 위해 Available BW값을 함께 보내준다. 2) MN은 감지된 네트워크 목록 테이블을 확인하여 새로운 호인지 구분하도록 하였고, 따라서 새로운 호일 경우 MAP에게 다시 호를 요청하여 최종적으로 새로운 호임을 알려준다. 3) 감지된 네트워크 목록 테이블을 확인하여 VHO 호라 판단될 경우 MN이 요구하는 대역폭과 네트워크가 할당할 수 있는 이용가능한 대역폭을 비교하여 네트워크가 응용프로그램을 지원할 수 있는 대역폭을 갖은 상태인지 판단한다. 그 다음 MN은 충분한 대역폭을 가진 네트워크에게만 네트워크 상태를 알기 위한 LFD 측정을 요청한다. 4) 요청을 받은 각 MAP들은 신뢰도(Reliability)와 지역

표 1. SmartCAC 동작을 위한 메시지  
Table 1. messages for operation of SmartCAC.

#	MAP에서 MN으로 보내는 메시지
#	MN에서 MAP로 보내는 메시지
1	NetReport 메시지
2	새로운 호를 위한 Request 메시지
3	LFD_Req 메시지
4	LFD_Reply 메시지
5	VHO_Req 메시지

시간(delay)을 고려하여 자신의 네트워크 상태를 MN에게 알려준다. [5]마지막으로 MN은 각 네트워크에서 받은 LFD 값을 비교하여 기존의 접속을 유지하거나 VHO를 할 네트워크를 선택하여 새로운 네트워크로 핸드오버할 경우 MAP로 등록요청을 한다.

표 1에서 보여주는 바와 같이 SmartCAC동작을 위해 5가지의 메시지를 정의한다. MAP에서 보내지는 [1], [2] 메시지는 3.3절에서 설명하고, MN에서 보내지는 [2], [3], [5] 메시지는 3.4절에서 설명하였다.

3. Mobile Access Point에서의 SmartCAC 동작

본 절에서는 MAP에서의 SmartCAC 동작을 상세 설명 하도록 한다. MAP에서의 SmartCAC 동작은 크게 3가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 호의 요청을 받았을 때 수행이고, 두 번째는 VHO 호인지 확인하기 위한 NetReport를 보내고 TimerNR (Lifetime of NetReport message)이 시작되어 종료될 때까지의 수행이다. 세 번째는 LFD\_Reply 전송 후 TimerLFDR (Lifetime of LFD\_Reply message)이 시작되어 종료될 때까지의 수행이다.

그림 4는 호의 요청을 받았을 때 수행하는 알고리즘을 표현한 것이다. 무선 네트워크 기술들은 이동성을 지원할 수 있는 제한 속도가 정해져 있다. 예를 들어 CDMA는 300km/h의 속도를 갖는 고속열차에서 접속이 가능하지만 120km/h의 속도를 지원하는 WiBro의 경우는 지원할 수 없다. 또 다른 무선네트워크 기술인 WLAN의 경우는 반경 30m정도의 매우 작은 범위에서

그림 4. 처음 호의 요청을 받았을 때 SmartCAC 동작 알고리즘

Fig. 4. Algorithm of SmartCAC operation when MAP received call request.

```

case (receives call request){
    if (can't support MN's velocity)
        Call reject;
    else {
        if (Requested call == HHO call)
            guard channel allocation;
        else {
            sends NetReport to MN;
            TimerNR starts;
        }
    }
}
    
```

만 가능하므로 이동성 지원이 매우 어렵다. 이러한 차이를 고려하여 우리는 지원 가능한 속도로 MN이 움직이고 있는지를 제일 먼저 판단하도록 하였다. 그림 4에서 보는 바와 같이 SmartCAC는 제일 먼저 MN의 속도를 지원할 수 있는지를 판단함으로써 속도지원이 불가능한 네트워크가 이후에 QoS를 만족할 수 있는지 판단하는 불필요한 수행을 방지하도록 하였다. 모바일노드의 속도를 지원할 수 있는 경우 다음을 수행한다. SmartCAC의 경우 이중 네트워크 간의 정보교환을 하지 않기 때문에 HHO 호는 분류해 낼 수 있으나 VHO 호인 경우에도 새로운 호로 판단되게 된다. 따라서 HHO 호인 경우는 핸드오프에 우선순위를 주는 가드채널을 할당할 수 있지만 VHO 호의 경우는 할당할 수 없다. 따라서 NetReport 메시지를 MN으로 보내어 호의 종류를 판단하도록 하였다. NetReport 메시지 전송할 때 시작하는 TimerNR은 응답이 오지 않거나 다시 호를 요청할 경우 다음 절차를 수행할 수 있도록 대기상태로 있기 위함이다. NetReport 메시지는 그림 5와 같이 정의하였다.

그림 5에서 보여주는 바와 같이 기존에 mobile IP에서 라우터광고 시에 사용되는 ICMP Router Advertisement에 Agent Advertisement Extension를 추가한 메시지를 이용하여 네트워크의 새로운 호와 VHO 호를 구분하도록 하였을 뿐만 아니라, VHO 호인 경우 고려할 수 있도록 Available BW 필드를 추가하여 현재 네트워크에서 사용 가능한 대역폭의 정보를 알려주도록 하였다. 또한 본 논문에서는 Information을 의미하는 I field를 1로 set하여 NetReport 메시지임을 알 수 있도록 정의하였다. 이 때 Next Length 필드로 Agent Advertisement 필드 이후 추가되는 길이를 알 수 있다.

그림 6은 NetReport 메시지를 보낸 후 TimerNR 동안 대기하는 MAP에서 수행하는 SmartCAC의 알고리즘이다.

MAP는 NetReport 메시지를 MN으로 보내면서 동시

그림 5. 종망에서 네트워크구조의 예시  
Fig. 5. Please put the title of figure here. Please put the title of figure here.

8		16		24		32		ICMP Router Adv.
Type (9)	Code (0)	checksum				lifetime		
Addr #	Addr entry size	Router address						Agent Adv. Extension
Type (16)	Length	Sequence Number				Next Length		
Max registration LifeTime		reserved						
Available BW		reserved						

```

case (sends NetReport to MN){
for (from start to finish of TimerNR){
    if(receive NewCall_Req){
        channel allocation for new_call;
        SmartCAC finish;
    }
    if (receive LFD_Req){
        measurement of LFD value;
        send LFD_Reply to MN;
        TimerLFD starts;
    }
}
if(TimerNR finishes && don't receive LFD_Req
    && don't receive new_call_Request)
    SmartCAC finish;
}
    
```

그림 6. TimerNR 시작되어 대기상태 동안의 SmartCAC 동작  
 Fig. 6. SmartCAC operation during waiting mode of TimerNR.

에 TimerNR을 시작하고 MN의 메시지를 기다린다. 따라서, TimerNR동안 MN의 요청이 오지 않을 경우 MAP의 SmartCAC 수행은 계속 유지하지 않고 종료하게 된다. 이것은 네트워크가 불안정하거나 예기치 않은 상황이 발생하여 정상적인 통신이 불가능한 경우 계속 해서 MAP가 대기상태로 되어있지 않도록 하기 위함이다. 네트워크가 정상적인 경우 MAP는 MN으로부터 NewCall\_Req 혹은 LFD\_Req를 받는다. 새로운 호에 대한 채널 할당을 요청하는 NewCall\_Req를 받는 경우 MAP는 새로운 호에게 할당될 수 있는 채널을 사용하도록 동작한다. 이와 달리 LFD(Level for decision) 측정을 요청하는 LFD\_Req를 MN으로부터 받을 경우 MAP는 LFD\_Req메시지의 ReqBW 정보를 기반으로 자신의 네트워크 상태에 따른 LFD 값을 도출한다. LFD는 네트워크 상태를 고려하기 위하여 delay와 reliability를 이용하였다.

$$Delay = D_{MN\_MAP} + D_{MAP\_Core} \quad (1)$$

$$Level_{Delay} = 5D(t) \frac{n}{D(t-n) + \dots + D(t-2) + D(t-1)} \quad (2)$$

식 (1)은 MN에서 MAP까지의 무선망에서의 delay로 DMN\_MAP를 측정하고, MAP에서 이동통신망을 벗어나는 코어네트워크로의 접근지점까지의 delay인 DMAP\_CORE를 측정하여 그 합으로 예측되는 delay

를 계산한 것이다. 요구되는 대역폭을 충분히 지원할 수 있는 네트워크에게만 LFD값을 요청하였으므로 대역폭 부족에 따른 전송지연은 무시하였다. 이를 기반으로 식(2)와 같이 Delay에 의한 level값을 구한다. 식(2)는 총 level이 0부터 9까지로 10구간이 있다고 가정하여 과거 delay값들의 평균값을 5level로 두고 현재 지연이 얼마나 다른가를 구한 것이다. 네트워크 상태정보를 교환할 경우는 지연을 직접 비교할 수 있으나 자신의 네트워크 상태정보만 가지고 판단해야하기 때문에 이 부분에서 레벨을 구하는데 한계점이 있을 수 있다. 따라서 과거 지연을 기반으로 평균값을 5레벨로 두고 현재의 지연이 어느 정도인지를 레벨로 나타낼 수 있도록 한 것이다. 만약 2가지의 네트워크가 존재할 경우 두 네트워크 각각 자신의 지연값을 가지고 직접비교를 하기위해서는 반드시 정보교환의 절차가 필요하다. 그러나 위와 같은 방법을 이용하면 이중 네트워크 간의 정보교환절차가 필요 없이 레벨값으로 MN에서 비교가 가능해진다.

$$P_B(t) = (1-w)P_B(t-1) + w \frac{N_{Blocking\ call}(t)}{N_{Handover\ call}(t)} \quad (3)$$

$$Level_{Reliability} = 10 - (P_B(t) \times 10) \quad (4)$$

식 (3)은 reliability를 고려하기 위하여 기존에 발생했던 핸드오프 블로킹 횟수를 기반으로 PB(call blocking probability)계산한 것이다. 가중치 w를 두어 과거 네트워크 상태에 얼마나 비중을 두어 계산하느냐를 선택할 수 있게 하였다. N은 수행 횟수를 나타내며 블로킹 확률을 구할 시 사용한 NHandover\_call에는 HHO 호과 VHO 호를 모두 포함한다. 식(3)으로 구한 PB(t)는 0에서 1사이의 값을 가지므로 LevelReliability를 구하기 위하여 10을 곱하고 PB는 신뢰도와 반대의 개념을 가지므로 역수를 가지도록 하였다.

LFD 값이 구해지면 MAP는 MN에게 LFD\_Reply 메시지를 보내고 TimerLFD를 시작한다. 이 TimerLFD도 앞의 TimerNR과 같은 이유에서 존재한다. 그림 7에서 보여주는 바와 같이 LFD\_Reply메시

8		16		24		32		
Type (9)	Code (0)	checksum						ICMP Router Adv.
Addr #	Addr entry size	lifetime						
Router address								Agent Adv Extension
Type(16)	Length	Sequence Number						
Max registration LifeTime		Next Length						
LFD				reserved				

그림 7. LFD\_Reply 메시지 포맷  
 Fig. 7. Message format of LFD\_Reply.

```

case(sends LFD_Reply to MN){
  for(from start to finish of TimerLFD){
    if(receive VHO_Req){
      guard channel allocation;
      SmartCAC finishes;
    }
  }
  if(TimerLFD finishes && don't receive VHO_Req)
    SmartCAC finishes;
}

```

그림 8. *Timer<sub>LFD</sub>* 시작되어 대기상태 동안의 *SmartCAC* 동작

Fig. 8. *SmartCAC* operation during waiting mode of *Timer<sub>LFD</sub>*.

지는 *VHO*를 결정하기 위해 type9의 ICMP 메시지를 이용한다. 레벨정보를 담은 메시지라는 의미의 L field를 1로 셋하고 수행결과 정보인 LFD 값을 추가하는 방법으로 MN이 네트워크를 선택할 수 있도록 하였다.

그림 8에는 측정된 LFD값을 MN에게 보내주면서 시작된 *Timer<sub>LFD</sub>*에 의한 대기상태 동안의 *SmartCAC* 동작을 나타낸 것이다. MAP는 *Timer<sub>LFD</sub>*이 끝날 때까지 MN의 요청을 기다리고, MN에 의해 결정된 네트워크 정보를 *VHO* 수행을 요청하는 *VHO\_Req* 메시지를 통해 받게 되면 MAP는 요청된 호를 *VHO* 호로 판단하여 가드채널을 할당하도록 하였다. 만약 *Timer<sub>LFD</sub>* 내에 MN의 반응이 없다면 *SmartCAC*는 동작을 종료한다.

*SmartCAC*는 MN에게 정보를 받아 동작하므로 기존의 방식처럼 중앙에 관리시스템을 유지하고 정보를 모두 수집하여 저장할 필요가 없다. 따라서 인접 네트워크끼리의 정보교환으로 인한 오버헤드가 없고, 중앙 시스템까지 전송하지 않아도 되는 효과가 있다. 또한, 각 네트워크가 자신의 셀 내의 상태정보만을 판단하면 되므로 협력식 분산처리방식처럼 셀간 정보 수집이 필요없는 장점을 가지면서도 MN과의 상호동작으로 인해 인접 네트워크 상태를 고려하여 접속을 결정할 수 있다.

### 3. Mobile Node에서의 *SmartCAC* 동작

본 절에서는 모바일노드에서의 *SmartCAC* 동작을 상세하고 앞 절에서 설명하지 않았던 [2][3][5]메시지를 설명한다.

그림 9에서 보는 바와 같이 MN은 MAP로부터 가용 대역폭 정보를 포함한 *NetReport* 메시지를 받으면서

```

case (receive NetReport message) {
  the value of A_BW put in DNL;

  if(A_BW of DNL[0]!=Null)
    sends NewCall_Req to MAP;

  if(A_BW of DNL[0]==Null){
    i=0, j=0;
    for(i exists){
      if (A_BW of DNL[i] >= R_BW
          || A_BW of DNL[i]==Null){
        ANL[j]=DNL[i];
        j++, i++;
      }
    }
    else
      i++;
  }

  if(j==0)
    keep the existing connection;
  else {
    sends a LFD_Req to networks in ADL;
    TimerLFD starts;
  }
}

```

그림 9. MAP로부터 *NetReport* 메시지 수신시 동작

Fig. 9. Operation of *SmartCAC* when MN received *NetReport* message from MAP.

*SmartCAC*수행을 시작한다.

MN은 감지되는 네트워크들의 대역폭 정보를 모두 *DNL*(Detected Network List)에 수집한다 (*i*: 감지된 네트워크의 수). 이 때 우리는 *DNL*의 첫 번째 항목은 현재 접속되어있는 네트워크를 저장하고 *A\_BW* (Available BW)값은 null상태로 둔다고 전제하였다. 따라서 기존에 접속이 되어있는 경우 새로 감지된 네트워크는 *DNL*[1]에 저장된다. 만약 현재 접속되어있는 네트워크가 없다면 *DNL*[0]에 저장된 것이 없기 때문에 새로 감지된 네트워크는 *DNL*[0]에 저장할 수 있다. 따라서 *DNL*[0]의 *A\_BW* 값이 존재한다면 요청했던 호는 새로운 호라는 의미이므로 MAP에게 새로운 호를 위한 채널할당을 요청한다. 그렇지 않은 경우(*DNL*[0]의 *A\_BW*가 null값을 갖는 경우는 이중네트워크 환경이라는 의미이므로 MN은 다음 절차를 수행한다. MN은 수집한 정보를 기반으로 *i*개의 네트워크들의 상태가 요

청한 어플리케이션을 수행할 수 있는 상태인지를 판단한다.  $i$ 값과  $j$ 값을 증가시키면서 어플리케이션이 접속하기 위해 요구되는 최소한의 대역폭인  $R\_BW$ (Required Bandwidth)와 NetReport 메시지의 수신을 통해 알게된  $A\_BW$ 를 비교하여 지원이 가능한 네트워크만을 선정하여 ANL(Available Network List) 테이블에 저장한다. 이 때 현재 접속되어있는 네트워크는 언제나 지원이 가능한 상태라고 할 수 있으므로 비교절차를 수행할 필요가 없다. 따라서  $A\_BW$ 값이 null일 경우에도 지원이 가능한 상태라고 판단할 수 있도록 하였다. 즉, 네트워크들의 상태가 어플리케이션이 요구하는 충분한 자원을 가진 네트워크만을 수집하여 ANL테이블이 완성된다. 이 수행은 DNL테이블의 모든 항목을 확인할 수 있도록 DNL테이블의 카운터인  $i$ 가 존재하지 않을 때까지 수행을 반복하도록 하였다. 완성된 ANL테이블의 카운터  $j$ 값이 0이라면 현재 접속되고 있는 네트워크만이 충분한 리소스를 가졌다고 판단할 수 있으므로 VHO를 하지 않고 현재의 접속을 유지하도록 한다. 이는 이중 네트워크 환경에서 MN이 속도와 리소스만으로 지원가능 여부를 판단한 뒤 네트워크를 선정하도록 함으로써 이후의 불필요한 네트워크 선정절차를 수행하지 않도록 한다.  $j$ 값이 0이 아니라면 접속 지원가능 한 네트워크가 2개 이상이라는 의미이므로 네트워크 선정을 위한 LFD\_Req 메시지를 ANL테이블에 들어있는 네트워크들로부터 보낸다. 응답이 불가능할 경우를 대비하여 TimerLFD를 시작하고 MAP의 응답을 기다린다.

그림 10은 LFD 측정의 요청을 위한 메시지 포맷이다. 이 메시지는 VHO수행 전 접속할 네트워크를 결정하기 위해 MAP에게 LFD측정을 요청하는 메시지이다. 이것은 type10의 ICMP 메시지를 기반으로 레벨정보를 의미하는 L필드를 1로 셋하고, 어플리케이션이 요구하는 대역폭 값을 넣어 보낸다. 앞 절에서 설명한바와 같이 이 메시지를 받은 MAP는 ReqBW(Required Bandwidth)를 기반으로 LFD를 측정하여 응답한다.

LFD\_Reply를 받은 MN은 각 네트워크의 LFD를 비교하여 가장 레벨이 높은 네트워크를 선택한다. 마지막으로 MN은 결정한 네트워크로 VHO등록을 위한 요청

		8	16	24	32
		Type (10)	Code (0)	checksum	
L	V	ReqBW		reserved	

그림 10. LFD\_Req 메시지 포맷  
Fig. 10. Message format of LFD\_Req.

```

case (sends LFD_Req to MAP){
for (from start to finish of TimerLFD){
if(receive LFD_Reply){
comparison of MAPs
sends VHO_Req to decided network;
updating of DNL and ANL;
SmartCAC finishes;
}
else
SmartCAC finishes;
}
}
    
```

그림 11. TimerLFD 시작되어 대기상태 동안의 SmartCAC 동작  
Fig. 11. SmartCAC operation during waiting mode of TimerLFD.

		8	16	24	32
		Type (10)	Code (0)	checksum	
L	V	reserved			

그림 12. VHO\_Req 메시지 포맷  
Fig. 12. Message format of VHO\_Req.

메시지를 보내고 ANL테이블의 목록은 초기화하며 DNL테이블은 선택된 네트워크를 DNL[0]의  $A\_BW$ 값을 null로 세팅한 후 SmartCAC 수행을 종료한다. 만약 TimerLFD가 끝나기 전까지 LFD\_Reply 메시지를 받지 못할 경우는 SmartCAC 수행은 종료되도록 하였다. 그 동작을 나타낸 것이 그림 11이다.

그림 12에서 보는 바와 같이 VHO\_Req 메시지는 Mobile IP에서 정의된 registration request message의 extension field를 보완한 형태로써 VHO field가 1로 set된 메시지를 MAP가 받으면 guard channel을 할당할 수 있도록 한다. 우리는 이전에 제시한 타이머들과 마찬가지로 응답이 오류가 났을 경우를 대비하여 TimerLFD 내로 응답이 없을 경우 SmartCAC의 수행을 끝내도록 하였다.

### III. 성능분석 및 결과

#### 1. Signaling Cost분석

본 장에서 우리는 이중네트워크에서 SmartCAC를 이용할 경우의 signaling cost를 기존의 방식과 비교한다. signaling cost(Cs)는 MN이 접속을 하기위해 교환하는 signaling message에 의한 트래픽 로드를 계산한 것



표 2. Signaling cost분석에 사용된 파라미터  
Table 2. Used parameter for analysis of signaling cost.

$C_s$	Signaling Cost
Dc_CAC	collaborating distributed CAC
C_CAC	Centralized CAC
s	average of size of signal message
$N_m$	number of movement
$d_{X,Y}$	Distance from X to Y
$T_{ex}$	exchanging time interval of network information
CS	Central System
n	Collaborating MAPs/ MAPs that CS manages

이다.

우리는 표 2에서 분석에 사용된 파라미터들을 소개한다. 협력식 분산처리방식의 CAC(Dc\_CAC)와 중앙시스템을 이용하는 중앙처리방식의 CAC (C\_CAC)를 가지고 SmartCAC를 적용할 경우의 signaling cost와 비교한다. 또한, 사용되는 제어메시지 길이차이에 따른 효과는 각 메시지의 평균(s)으로 두고 분석한다. MN의 이동에 따라 제어메시지의 양이 변하므로 MN의 이동 횟수를  $N_m$ 이라 두었고,  $d_{X,Y}$ 는 X에서 Y까지의 거리를 의미한다.

SmartCAC의 signaling cost는 식(5)로 나타낼 수 있다. SmartCAC는 VHO를 수행할 경우 NetReport메시지, LFD\_Req메시지, LFD\_Reply메시지, 그리고 VHO\_Reg메시지를 사용하기 때문에 4s로 계산된다. 식(6)과 식(7)은 각각 Dc\_CAC와 C\_CAC의 signaling cost로써 우리가 제안한 SmartCAC와 비교한다.

$$C_s(\text{SmartCAC}) = 4s \times N_m \times d_{MN\_MAP} \quad (5)$$

$$C_s(\text{Dc\_CAC}) = 2s \times N_m \times d_{MN\_MAP} + s \times n \times T_{ex} \quad (6)$$

$$C_s(\text{C\_CAC}) = 2s \times N_m \times (d_{MN\_MAP} + d_{MAP\_CS}) + s \times \sum_{k=1}^n (d_{MAPn\_CS}) \times T_{ex} \quad (7)$$

Dc\_CAC의 경우 셀 간의 정보교환을 이용하기 때문에 그에 따른 signaling cost가 추가되고, C\_CAC의 경우 중앙시스템에서 정보를 수집하기 때문에 그에 따른 signaling cost가 증가하게 된다. 이것은 위에 나타낸 식(6)과 식(7)에서 보여준다.

## 2. 모의실험 결과

본 절에서는 앞에서 분석한 signaling cost에 따른 모의실험 결과를 나타낸다. 표8은 모의실험을 위한 환경

표 3. 모의실험을 위해 가정된 파라미터  
Table 3. Assumed parameter for simulation.

수행시간		
2시간		
네트워크 정보를 교환하는 시간 간격		
300sec	600sec	1800sec
정보교환 시 처리되는 MAP의 개수		
6개	10개	

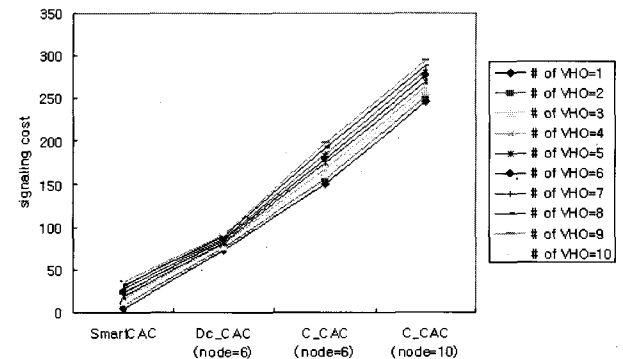


그림 13. VHO 수행횟수에 따른 기존의 CAC방식과 SmartCAC의 signaling cost 비교

Fig. 13. Comparison between signaling cost of SmartCAC and existed CAC by number of VHO.

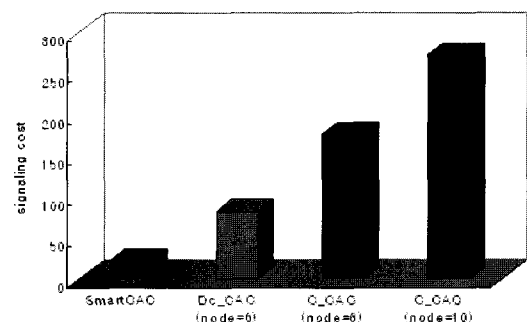


그림 14. VHO 횟수에 따른 signaling cost의 평균값

Fig. 14. Averages of signaling cost by number of VHO.

에서 가정한 파라미터들이다.

표 3에서 보여주는 것과 같이 네트워크 정보를 교환하는 시간 간격에서 RFC2461에서 라우터 광고 시간 간격의 default값과 최대값으로 제시되어 있는 600sec와 1800sec을 사용하였다. 협력식 분산처리방식의 CAC 경우 인접 셀의 정보를 교환하도록 설정하기 때문에 MAP의 개수를 6개로 두었고, 중앙처리방식의 CAC 경우 더 많은 셀을 관리할 경우 어느정도 차이가 나는지를 알아보기 위하여 MAP의 개수를 10로도 설정하여 확인하였다.

그림 13은 VHO를 1회에서 10회까지 수행하였을 때,

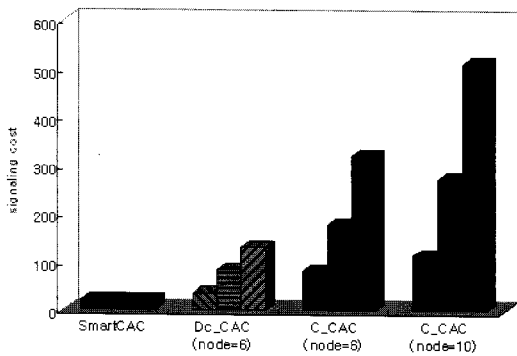


그림 15. 네트워크 정보교환 주기에 따른 signaling cost  
Fig. 15. signaling cost by exchanging time interval of network information.

기존의 CAC방식과 비교한 SmartCAC를 적용할 경우의 signaling cost를 계산한 것이다. VHO 횟수별 결과에 따라 평균치를 구하면 그림 14와 같음을 볼 수 있다.

그림 14에서 보여주는 바와 같이 C\_CAC의 경우 노드의 수에 따라 signaling cost가 줄어들고 인접 셀의 정보만을 교환하는 Dc\_CAC의 경우는 더 적은 signaling cost를 갖게 되지만 네트워크 간의 정보교환을 필요로하지 않는 SmartCAC는 이보다도 더 적은 signaling cost를 갖게 된다.

그림 15는 네트워크 정보교환 주기에 따른 각 CAC의 signaling cost로써 각각 300sec, 600sec, 1800sec로 가정하여 계산한 것이다. 네트워크 정보를 위해 단말과 네트워크 간 상호동작을 이용하는 SmartCAC는 정보교환 주기와 관계가 없으면서 가장 적은 signaling cost를 갖고 있음을 알 수 있다. 이에 반해 Dc\_CAC와 C\_CAC의 경우 네트워크 정보교환 주기가 짧을수록 signaling cost가 상당히 증가하고 있음을 볼 수 있다.

$$Effect = \frac{Signaling\ Cost\ of\ X - Signaling\ Cost\ of\ SmartCAC}{Signaling\ Cost\ of\ X} \quad (9)$$

식 (9)는 X와 비교한 SmartCAC의 signaling cost의 효과를 나타내는데 이용한 식이다. 이 식을 이용하여

표 4. 기존 CAC방식과 비교한 SmartCAC의 효과  
Table 4. Efficiency comparison between SmartCAC and existed CAC.

네트워크 정보교환 주기	Dc_CAC (node=6)	C_CAC (node=6)	C_CAC (node=10)
1800sec	37%	73%	81%
600sec	74%	88%	92%
300sec	83%	93%	96%

다음과 같은 결과를 얻는다.

표 9에서 보여주는 바와 같이 네트워크 정보교환 주기가 300sec이고 C\_CAC방식을 이용할 경우보다 SmartCAC의 signaling cost는 96%까지 절약함으로써 상당한 효과를 얻고 있음을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

III장에서 기술한 바와 같이 우리는 비협력식 분산처리방식의 CAC인 SmartCAC 구조를 제안하였다. 이는 다양한 무선 접속 기술이 공존하는 차세대 이동 네트워크에서 유용한 기술이다. 우리는 모바일노드와 네트워크간의 상호동작을 이용함으로써 네트워크 정보교환이 필요 없는 분산방식을 가능하도록 하였다. 네트워크간 정보교환을 할 필요가 없는 이득을 얻었을 뿐만 아니라 중앙에 CAC를 위한 시스템을 갖출 필요가 없으므로 각 셀들의 정보를 수집할 필요도 없는 장점을 얻게 되었다. 네트워크 정보교환이 없이도 SmartCAC는 기본적으로 VHO 호와 새로운 호의 식별을 할 수 있게 함으로써 VHO 호에 핸드오프를 위해 예약된 채널을 사용할 수 있도록 하였고, MN의 스피드를 이용하여 이중망에서 네트워크 필터링을 할 수 있도록 하였다. 이 때 QoS 요구와 네트워크 사용에 대한 cost를 다루어 효율적인 호 수락 제어 방식을 도출하였다. 특히 우리는 이중망의 상태정보를 알 수 없는 MN이 네트워크의 상태 정보를 받아 비교할 수 있도록 확장된 프로토콜을 제시하여 효율적인 핸드오버를 결정할 수 있도록 하였다. SmartCAC 프로토콜의 효율성을 평가하기 위하여 모의 실험을 수행하였다. 그 결과, 우리의 signaling cost는 네트워크 구성에 따라 기존 알고리즘에 비해 37%에서 96%까지 cost를 감소시킬 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

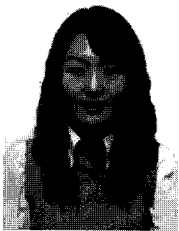
- [1] Simone Frattasi, Hanane Fathi, Frank H.P. Fitzek, and Ramjee Prasad, "Defining 4G Technology from the User's Perspective", IEEE Network, Vol.20, Issue 1, pp. 35 - 41, Jan.-Feb. 2006.
- [2] Hyun-Ho Choi; Dong-Ho Cho., "Takeover: a new vertical handover concept for next-generation heterogeneous networks", In IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.4, pp. 2225 - 2229, 30 May June 2005.
- [3] Mohammad Mahfuzul, Manzur Murshed, "Novel

- velocity and call duration support for QoS provision in mobile wireless networks*", In IEEE wireless commun., Vol.11, Issue 5, pp.22 - 30, Oct. 2004, .
- [4] Lei Huang, Sunil Kumar and Jay Kuo, "Adaptive Resource Allocation for Multimedia QoS Management in Wireless Networks" In IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.53, Issue 2, pp.547 - 558, March 2004.
- [5] Wei Song, Hai Jiang, Weihua Zhuang, and Xuemin Shen, "Resource Management for QoS Support in Cellular/WLAN Interworking", In IEEE Network, Vol.19, Issue 5, pp.12 - 18, Sept.-Oct. 2005.
- [6] Qingyang Song and Abbas Jamalipour, "Network Selection in an Integrated Wireless LAN and UMTS Environment using Mathematical Modeling and Computing Techniques", IEEE Wireless Communications, Vol.12, Issue 3, pp.42 - 48, June 2005.
- [7] Daehyoung Hong and Stephen S., "Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures", In IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.35, Issue 3, pp.77 - 92, Aug 1986.

---

 저 자 소 개
 

---



김 효 은(정회원)  
 2005년 홍익대학교 컴퓨터정보  
 통신공학과 학사 졸업  
 2007년 한양대학교 전자통신  
 컴퓨터공학과 석사 졸업  
 2007년~현재 삼성전자 정보통신  
 총괄 무선사업부 S/W  
 Lab. (무선8G) 연구원

<주관심분야 : CAC, Mobile communication,  
 mobile platform>



김 원 태(정회원)  
 1994년 한양대학교 전자공학과  
 학사 졸업  
 1996년 한양대학교 전자공학과  
 석사 졸업  
 2000년 한양대학교 전자공학과  
 박사 졸업

<주관심 분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅, 임베디드  
 SW, USN 미들웨어>



강 은 현(학생회원)  
 2004년 홍익대학교 컴퓨터공학과  
 학사 졸업  
 2006년~현재 한양대학교 전자  
 컴퓨터통신공학과 석사  
 <주관심분야 : 이동통신, 네트워  
 크 컴퓨팅>



박 용 진(정회원)  
 1969년 3월 와세다대학교 전자  
 통신공학과 학사 졸업.  
 1971년 3월 와세다대학교 전자  
 통신공학과 석사 졸업.  
 1978년 3월 와세다대학교 전자  
 통신공학과 박사 졸업.

1979년~현재 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부  
 교수

2001년 4월~현재 와세대 대학교 대학원  
 국제정보통신대학원 강사

2002년 10월~2006년 10월 한국인터넷협회 이사

2003년 2월~현재 한국첨단망협회

(국내 연구개발망 추진기관) 이사

2005.01~현재 IEEE Asia-Pacific Region 이사

2005.02~현재 IEICE 한국 지부 대표

<주관심분야 : 컴퓨터통신, 이동 데이터 통신>