

http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2014.14.1.219

JIIBC 2014-1-29

## 프록시 모바일 IPv6 네트워크에서 대역폭에 효율적인 핸드오프 기법의 설계 및 성능 분석

### Design and Performance Analysis of Bandwidth-Efficient Handoff Scheme in Proxy Mobile IPv6 Networks

유승백\*, 정종필\*\*

Seung-Beak Yoo\*, Jongpil Jeong\*\*

**요약** 본 논문에서는, 프록시 모바일 IPv6 네트워크에서 대역폭에 효율적인 핸드오프 기법을 분석하고 제안한다. MN(Mobile Node)은 느린 MN과 빠른 MN으로 구분된다. 대역폭에 효율적인 핸드오프 기법에서 먼저 빠른 MN은 마이크로셀에 등록되어야 한다. 매크로셀은 오버플로우된 세션 요청을 처리하기 위해 마이크로셀로 이동한다. 매크로셀에서 오버플로우된 세션 요청은 마이크로셀의 경계에서 새로운 마이크로셀로 돌아 갈 것을 요청한다. 유효 트래픽의 세션이 셀 내에 있다면 대상 마이크로셀에 의해 요청된다. 분석 모델을 개발하였고, 기존 세션호출의 차단 확률과 세션호출이 강제로 종료할 확률 등의 성능이 상당히 향상되었다. 시스템의 전체 트래픽 로드가 매우 크지 않은 경우에 제안 기법은 가장 우수한 대역폭 효율을 가지고 있으며, 시스템에 많은 처리 비용 없이도 MN에게 더 나은 서비스 품질을 제공한다.

**Abstract** In this paper, we propose a novel Proxy Mobile IPv6 network bandwidth-efficient handoff scheme. MN are classified into slow and fast one. At first MN should be registered in the microcell for bandwidth efficient handoff scheme. microcell is overlapped to handle the overflow session request which is nested. Overflow session request in macrocell requests to go back from the boundary of the microcell to new microcell. If idle session traffic is in a cell, it is requested by the target microcell. Analysis model was developed, an existing session of the session blocking probability and forcing termination probability of the session request have improved considerably. If the total traffic load of the system is not very large, the proposed scheme has the best bandwidth efficiency and provides better quality of service (QoS) to MN without costs of a lot of processing on the system.

**Key Words** : PMIPv6, Handoff, Mobility Management, Bandwidth-Efficient

## 1. 서론

오늘날 많은 모바일 장비들이 급격이 늘어나면서 효

율적인 핸드오프나 이동성관리가 중요시 되고 있다. 핸드오프 절차 중 채널이 바뀌면서 통화가 실제로 단절되는데, 이때 사용자는 통화가 단절됨을 인식하지 못하지

\*성균관대학교 정보통신대학원 정보보호학과

\*\*성균관대학교 정보통신대학

접수일자 2013년 11월 21일, 수정완료 2014년 1월 11일

게재확정일자: 2014년 2월 7일

Received: 21 November, 2013 / Revised: 11 January, 2014

Accepted: 7 February, 2014

\*\*Corresponding Author: jpjeong@skku.edu

College of Information and Communication Engineering,  
Sungkyunkwan University, Korea

만 데이터 통신일 경우에는 에러손실로 이어 질 수가 있다. 또한 대부분의 작은 셀들은 많은 이동성 사용자들의 핸드오프 요청은 네트워크에서의 과도한 처리 하중의 원인이 된다. 이러한 문제점을 최소화하기 위해 효율적인 핸드오프 방식을 제안한다.

본 논문의 제안하게 된 기반은 [12]을 통하여 PMIPv6에서의 대역폭에 효율적인 핸드오프 방식을 연구한다. 특히, 두 계층 사이의 자원 공유에 대한 4가지 접근법은 [3]의 방식을 적용하였지만, 최대 네트워크 대역은 매크로셀 계층 및 마이크로셀 계층 자원의 다른 부분을 나누고 있으나 한 계층에서 또 다른 계층까지의 오버플로우는 간주하지 않는다. 매크로셀에서 오버플로우된 요청은 마이크로셀에서 채널 자원을 모니터링을 하고 취소 요청은 마이크로셀의 경계를 넘어서, 입력된 대상의 마이크로셀로 이동한다. 만일 모든 유휴 트래픽 채널이 있다면 세션은 대상 마이크로셀로 이동한다.

PMIPv6에서의 네트워크는 유휴 트래픽 채널이 있는 매크로셀 계층으로 오버플로우되거나, 성공적으로 마이크로셀 계층으로 이동하는 동시에 매크로셀 및 마이크로셀 계층 모두에서 제어 채널을 모니터링 할 수 있어야 한다. MAG(Mobile Access Gateway)에서 매크로셀 계층의 기지국과 통신 시, MAG는 계층을 전환할 수 있어야 한다. 성능평가와 같이 느리고 빠른 MAG에 대한 3가지 기법의 조합(9가지 후보 기법)의 비교를 통해, 만약 시스템의 모든 트래픽 로드가 막힌다면 기법은 최적의 효율적인 대역폭을 가지고 시스템에서 적은 처리비용으로 MN에게 더 나은 서비스 품질을 제공할 수 있을 것이다.

본 논문에 구성은 다음과 같다. 2장에서는 PMIPv6 네트워크에서 대역폭에 효율적인 핸드오프 기법의 성능 분석을 위한 관련 연구이며 PMIPv6와 이동성관리 기법에 대해 설명하고 있다. 3장에서는 대역폭에 효율적인 핸드오프 기법을 위한 총 3가지 기법에 대해 정의하였고 4장에서는 3장에서 정의한 3가지 기법 중 기법(2+2)에 대해 성능 평가를 한다. 결론에서는 성능 평가를 통해 MN에게 더 나은 서비스 품질을 제공할 수 있다는 것을 설명하고 있다.

## II. 관련 연구

### 1. 프록시 모바일 IPv6

기존에 네트워크 구조는 MN의 이동성을 고려하지 않

고 설계되어 MN이 이동하여 새로운 네트워크에 연결되는 경우 기존에 연결이 끊어지고 다시 연결을 한다. 이를 보완하기 위해 MIPv6(Mobile IPv6)<sup>[5]</sup>가 제안되었지만 MIPv6는 MN에서 이동성을 위한 동작이 처리되기 때문에 여러 가지 문제점을 지니고 있다. MIP 표준을 지원하는 OS가 많지 않으며 MN에서 MIP 표준을 탑재하기에는 너무 큰 규모의 프로토콜이다.

MN과 AR(Access Router) 사이의 시그널링으로 인한 무선 구간에서의 자원 사용량 증가와 MN에서의 이동성 처리로 인한 전력 사용량 증가와 같은 문제가 계속되자 이러한 문제점을 극복하기 위해 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 네트워크 기반 이동성 관리 프로토콜인 PMIPv6<sup>[6]</sup>를 표준화하였다. PMIPv6는 MN을 대신하여 네트워크 단에서 이동성관리를 지원하는 이동성 프로토콜이다. PMIPv6는 MN이 핸드오프나 이동성에 대해 전혀 관여하지 않고 LMA(Local Mobility Anchor)나 MAG가 모든 이동성에 대한 처리가 이루어진다. LMA는 도메인 내부에서 게이트웨이에 위치하며 HNP(Home Network Prefix)를 할당하고 MN에게 전송한다. 도메인 외부에서 내부로 패킷을 전달할 경우 존재하는 MN으로 보내지는 패킷은 모두 LMA가 받으며, MAG를 통해 MN으로 전송된다. 반대로 MN이 도메인 외부로 패킷을 전송할 경우 MAG를 통해 LMA를 나가게 되며, LMA와 MAG간에 터널링을 하여 패킷을 전달한다. LMA는 자신이 관리하고 있는 도메인 내부의 MN들의 주소와 위치정보를 유지하여 연결을 보장한다. MAG는 AR에 위치하게 되고 MN을 대신하여 이동성을 지원하기 위한 시그널링을 하며, MN의 네트워크에 대한 연결 기능과 라우팅 기능을 한다.

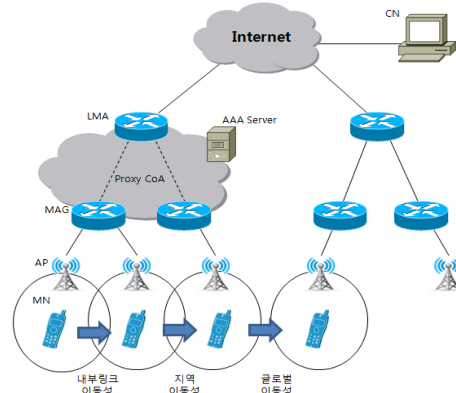


그림 1. PMIPv6의 도메인 구조 및 이동성 지원 범위  
Fig. 1. Mobility Support in PMIPv6 domain structure

그림(1)과 같이 LMA와 MAG 그리고 인증 처리를 하는 정책 서버인 AAA(Authentication, Authorization, Accounting) 서버로 이루어져 있다. LMA와 MAG는 Proxy CoA를 이용하여 양방향 터널로 연결되어 있다. PMIPv6는 현재 한정된 도메인 내에서의 이동에 대해서만 이동성관리 대상으로 정하고 있다. 그림(1)에서 보는 것처럼 일반적으로 MAG사이를 MN이 이동하는 경우는 지역 이동성에 해당되고, AP(Access Point)간의 이동은 내부링크 이동성, LMA 도메인간의 이동은 글로벌 이동성에 해당된다. MN이 L2 접속인증을 수행하게 되며, 이 과정에서 MN을 MAG에게 알리게 된다. MAG는 AAA와의 인증 과정을 수행한다. MAG는 모바일 노드를 담당해야 하는 LMA에게 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 보내어 MN의 현재 위치를 갱신한다. 해당 PBU를 수신한 LMA는 MN의 서비스를 위해서 MAG에 PBA(Proxy Binding Acknowledgement) 메시지를 보내게 된다. 그리고 LMA는 MAG의 주소를 이용하여 LMA와 MAG간의 양방향 터널을 만들고 서비스를 준비하게 된다. MAG는 자신에게 접속된 MN에게 LMA가 할당해 준 HNP와 IP주소를 할당하는 메시지를 RA(Router Advertisement)로 보낸다. 연결설정이 완료되면, MAG는 해당 MN에서 오는 모든 트래픽을 LMA와 연결된 터널을 이용하여 LMA에게 전송하게 되며, LMA는 외부에서 오는 모든 트래픽에 대해서 해당 MN을 관리하는 MAG에게 전송하게 된다. 이러한 통신을 함으로서 MN의 부담이 줄어들게 되고 이동에 대한 MN의 등록 절차가 간소화됨으로 통신비용을 절감할 수 있게 된다.

그림(2)는 MN이 pMAG에서 nMAG로 핸드오프하는 경우의 메시지 플로우이다. MN은 pMAG에서 LMA를 통해 서비스를 받는 중 nMAG로 이동하게 되면서 pMAG의 범위 밖으로 벗어나게 된다. MN이 자신의 범위에서 벗어난 것을 알게 된 pMAG은 detached 이벤트가 발생하고 D-PBU 메시지로 MN이 자신의 범위에 없음을 LMA에게 보고하게 된다. D-PBU 메시지를 받은 LMA는 자신의 BCE(Binding cache entry)에 해당 MN에 관한 항목을 삭제하게 된다. 삭제가 완료되면 LMA는 PBA메시지를 통해 해당 MN이 삭제된 것을 MAG에게 알리게 된다. 한편 nMAG의 범위 안으로 들어온 모바일 노드는 RS(Router Solicitation) 메시지에 자신의 MN-ID(Mobile Node Identify)를 담아 nMAG에게 연결설정을 시도하게 되며, 추후 과정은 초기접속 단계와 동

일하다. 하지만 이 경우에는 핸드오프한 경우이므로, 인증단계에서 이 MN의 정보가 있음을 확인하여 전에 사용한 HoA(Home of Address)를 계속적으로 사용할 수 있게 HNP를 유지시켜준다. nMAG는 해당 MN이 전에 사용한 네트워크 프리픽스를 RA메시지에 담아 계속적으로 보냄으로써 MN는 같은 네트워크에 접속되어 있다고 간주하게 된다.

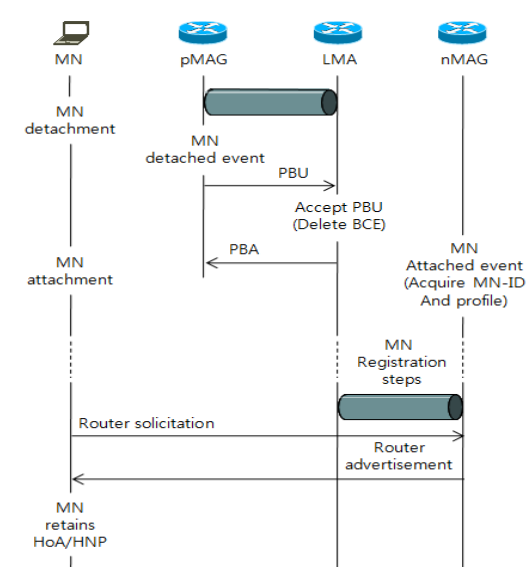


그림 2. 핸드오프 절차  
Fig. 2. Handoff Procedure

PMIPv6는 낮은 핸드오버 지연을 유지하면서 다수의 MN를 지원할 수 있는 확장성 있는 PMIPv6 도메인의 구축방안은 여전히 연구가 진행중에 있다. [19]에서는 확장성과 안전성 그리고 끊임없는 PMIPv6 도메인을 구축하기 위한 3S 접근 방식을 제안하고 있다. PMIPv6는 LMA와 MAG 사이의 터널을 형성하고 패킷이 LMA를 통하여 전달되도록 설계하여, LMA 병목현상 및 종단 간 지연이 증가하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 경로 최적화 수행 가능 감지, 경로 최적화 절차 등의 많은 연구가 진행되고 있으나 추가적인 시그널링으로 인한 오버헤드가 증가하고 다중 LMA 환경에 적용하기에 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 [21]에서는 다중 LMA 환경을 고려한 PMIPv6 기반의 향상된 경로 최적화 방안을 제안하고 있다.

PMIPv6는 이동통신과 같은 네트워크 기반 모델로서

MN은 이동성 지원에 관여하지 않으며 네트워크에서 모든 역할을 수행한다. 기존의 FPMIPv6 모델을 개선하여 인증 및 등록 절차를 핸드오버 이전에 처리하고 핸드오버 이후에도 송수신 MN 사이에 최적화된 경로를 지속적으로 유지할 수 있는 방안을 제시하고 있다<sup>[2]</sup>.

## 2. 이동성관리 기법

현재의 인터넷 이동성관리/제어 기술은 계층적 망 구조를 기반으로 하는 “중앙 집중형 방식”의 특징을 지니고 있다. 현재의 이동성관리는 코어망에 위치한 중앙 집중형 이동성관리 엔커에 기반하여 이동성관리/제어 기능을 수행하고 있다. 그러나 이러한 현재의 중앙 집중형 이동성관리 방식으로는 기하 급수적으로 증가하고 있는 모바일 인터넷 트래픽 수요를 감당하기 매우 어려운 것으로 예측된다. 그래서 이동성관리는 다양한 방면에서 분석 및 연구되고 있다.

마이크로셀에서 중첩된 매크로셀과 고속 마이크로셀 셀룰러 시스템 자원 성능을 고려하였고<sup>[7]</sup>, 계층적 셀 구조와 개인 통신 시스템의 지원을 위한 다중 액세스 옵션<sup>[8]</sup>을 제안하였다. 하지만 마이크로셀 계층에서 매크로셀 계층으로 오버플로우 요청은 허용되고 있지만 반대 방향으로 오버플로우 요청은 허용되지 않는다<sup>[9]</sup>. 마이크로셀에서 매크로셀 계층까지 오버플로우는 핸드오프에만 제한된다<sup>[10]</sup>. 유연한 계층적 셀룰러 네트워크에서의 속도에 민감한 핸드오프 기법<sup>[11]</sup>을 다루며 마이크로셀은 낮은 이동성 트래픽을 해결하는 데 사용되고, 매크로셀은 높은 이동성 트래픽을 제공하는데 사용되고 있다. 마이크로셀에서 매크로셀로, 매크로셀에서 마이크로셀로의 오버플로우 요청은 허용된다. 또한, 요청들의 취소 프로세스도 오버플로우가 허용된다. 다른 기법<sup>[11]</sup>에 제시된 기법을 포함)과 다양한 비교를 통해, 전체 자원에서 대역폭이 일정하게 유지되며, 빠르고 느린 MN에 대한 더 나은 서비스 품질을 제공할 수 있다는 것을 보여준다. <sup>[13]</sup>에선 이기종의 모바일 IP네트워크에서 끊임없는 프록시 기반의 핸드오프 기법을 제안하고 있다. PMIPv6 네트워크에서 기능위임자 지원을 통한 비용효과적인 이동성관리 기법을 설명하고 있다<sup>[14]</sup>. 또한 호스트기반 이동성관리가 아닌 네트워크 기반 이동성관리를 이용함으로써 통신사업자가 보다 저렴한 비용으로 네트워크를 유지 및 관리할 수 있는 방법에 대해 제안하고 있다<sup>[16]</sup>. PMIPv6과 F-PMIPv6의 적용범위를 분석하는 분석적인 모델을 개

발하고 이 모델을 기반으로 변화하는 이동성과 서비스 특성에 따른 사용자를 위해 PMIPv6과 F-PMIPv6 사이에서 더 좋은 대안을 선택하는 안전한 스마트 이동성 지원(SSM) 기법<sup>[17]</sup>을 설계 한다. SSM는 가장 좋은 이동성 앵커 포인트와 시스템 성능의 최적화를 위한 지역의 크기를 선택을 한다. MN이 핸드오버를 할 때 특별한 기능 추가 및 미들웨어 없이 세션을 유지한 채 네트워크 주도형 핸드오버가 가능한 새로운 PMIPv6-SIP 아키텍처<sup>[18]</sup>를 제안하고 있다. 터미널의 이동성관리를 위해서 PMIPv6을 사용하고, 중앙 집중식으로 세션의 이동성관리를 위해서 SIP를 사용한다. 이동성관리 및 패킷전달에 의해 발생하는 전체 네트워크의 트래픽을 줄이기 위한 목적으로 PMIPv6에서 포인터전송을 기반으로 효율적인 이동성관리 기법<sup>[20]</sup>을 제안하고 있다. 또한 핸드오프 성능 분석을 위해 링크계층 및 네트워크계층의 민감도에 대하여 분석하고 이 분석을 기반으로 CLH 기법<sup>[22]</sup>을 제안한다. 무선 모바일 네트워크상에서 모바일 클라이언트의 이동성 성능 테스트를 위한 Auto\_Test 시스템<sup>[4]</sup>을 제안하고 있으며, IP기반 차세대 모바일 네트워크에서 사용자 이동패턴에 기반한 QoS(서비스품질) 보장기법<sup>[26]</sup>을 제안하고 있다. 이동성관리에 대한 연구는 계속 되고 있으며 PMIPv6 시스템의 구현에 관한 문제는 향후 고려되어야 한다.

## III. 대역폭에 효율적인 핸드오프 기법

### 1. 시스템 아키텍처

네트워크를 구성하는 도메인은 그림(3)과 같이 연속적인 마이크로셀들로 구성된다고 가정한다. 또한, 이러한 마이크로셀들은 2개 계층 중에서 하위 계층을 구성한다. 즉, 모든 N개의 마이크로셀은 매크로셀과 중첩된다. 중첩된 매크로셀은 상위 계층을 구성한다. 각 매크로셀은  $C_M$  트래픽 채널을 사용할 수 있고  $C_L$  채널은 각 마이크로셀로 할당된다. 모든 채널은 발신세션 요청과 핸드오프 요청 사이에서 공유된다. 즉, 핸드오프 요청은 우선순위가 부여되지 않는다.

여기서 이 가정은 본 연구에서 핸드오프 우선순위를 추가하지 않고 진행 된다. 본 논문에서 제안된 분석기법은 핸드오프 요청의 우선순위를 포함하도록 쉽게 확장할 수 있다. 제안 시스템에서는 MN이 많은 셀들의 영역을

무작위로 횡단한다. MN은 빠르고 느린 것으로 분류하며, MN은 통신하는 도중에 속도를 변경하지 않는 것으로 간주한다. 빠르고 느린 두 MN 운영을 다음의 세 가지 기법 중에서 하나를 선택할 수 있는 시스템을 제안하고 분석한다. 그 때문에, 다음에 MN의 다양한 이동성을 구별하지 않고 몇 가지의 가능한 기법을 설명한다.

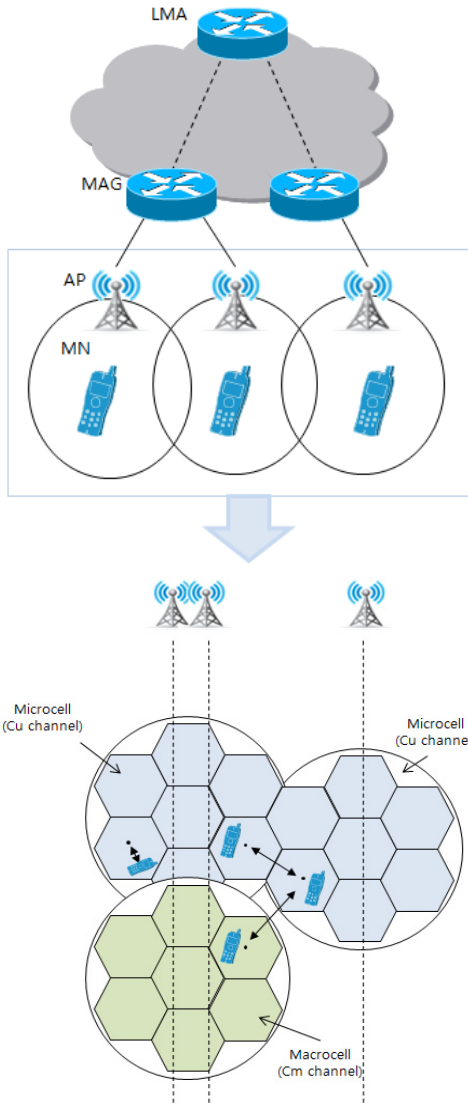
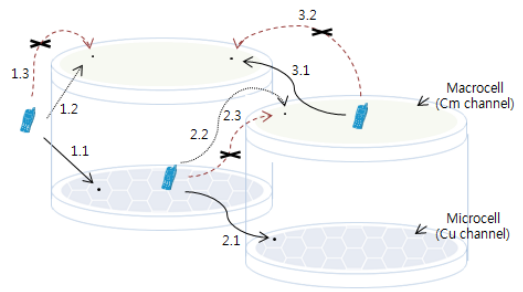
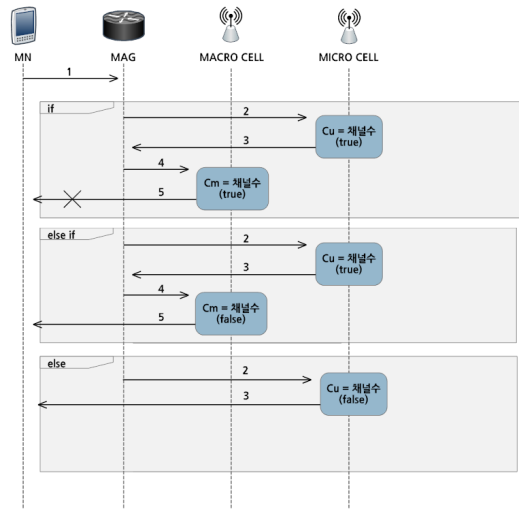


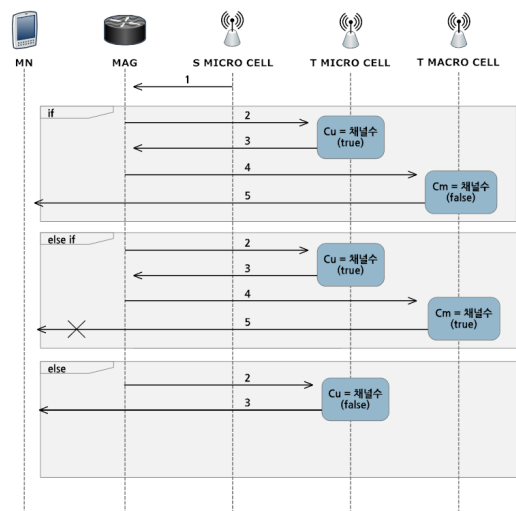
그림 3. 매크로셀과 마이크로셀의 계층적 구조  
Fig. 3. Macrocell and Microcell Hierarchical Structure



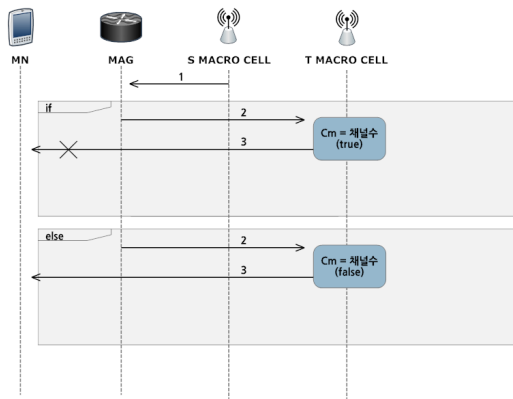
선 1.x: 시작 세션 요청  
선 2.x: 마이크로셀에서의 핸드오프 요청  
선 3.x: 매크로셀에서의 핸드오프 요청



(a) 시작세션 요청



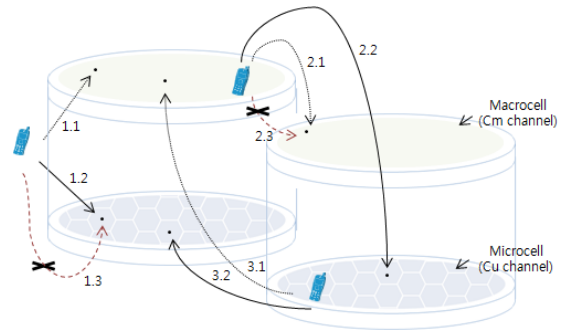
(b) 마이크로셀에서의 핸드오프 요청



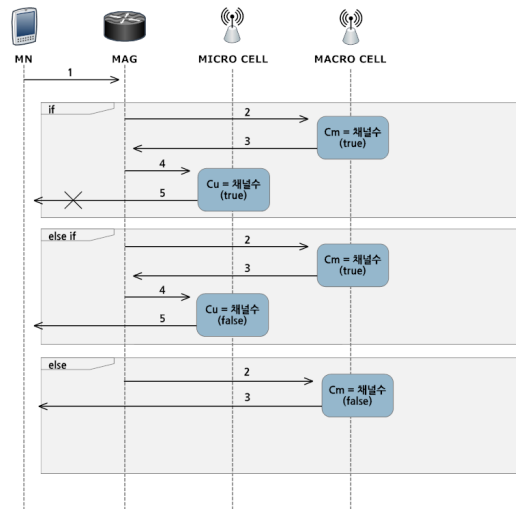
(c) 매크로셀에서의 핸드오프 요청

그림 4. 기법 - 1  
Fig. 4. Scheme - 1

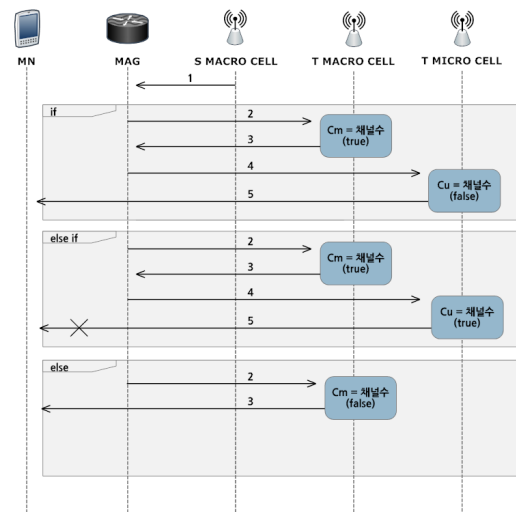
기법1 : (그림4-a)발신세션 요청은 마이크로셀로 이동한다(그림4-선1.1). 마이크로셀에서 사용되는 채널의 수가  $C_u$  와 같다면, 발신세션 요청은 오버플로우 되어 매크로셀로 중첩된다. 매크로셀에 점유된 채널의 수가  $C_M$  미만인 경우, 발신세션 요청은 매크로셀로 이동한다(그림4-선1.2). 그렇지 않으면, 발신세션 요청은 차단된다(그림4-선1.3). (그림4-b)현재 등록된 셀이 마이크로셀의 이웃이라면 핸드오프 요청은 대상 마이크로셀로 이동한다(그림4-선2.1). 대상 마이크로셀의 모든 채널이 바쁜 경우, 핸드오프 요청은 오버플로우되어 매크로셀에 중첩된다. 유휴 채널이 있다면 핸드오프 요청은 매크로셀에 의해 제공된다(그림4-선2.2). 그렇지 않으면, 핸드오프 요청이 실패하고, 강제로 끊어진다(그림4-선2.3). (그림4-c) 현재 등록된 셀이 매크로셀이면, 핸드오프 요청은 대상 매크로셀로 이동된다(그림4-선3.1). 매크로셀에 유휴 채널이 없다면, 핸드오프 요청이 실패하고, 강제로 끊어진다(그림4-선3.2). 이 기법에서 셀의 상단 계층으로부터 하위 계층에 대한 어떤 오버플로우를 허용하지 않다는 것은 주목할 만하다.



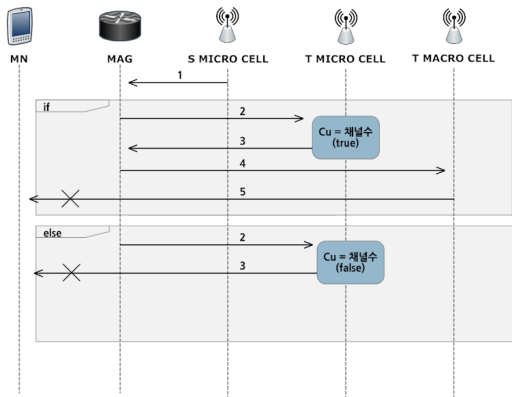
선 1.x : 시작 세션 요청  
선 2.x : 마이크로셀에서의 핸드오프 요청  
선 3.x : 마이크로셀에서의 테이크백 요청



(a) 시작세션 요청



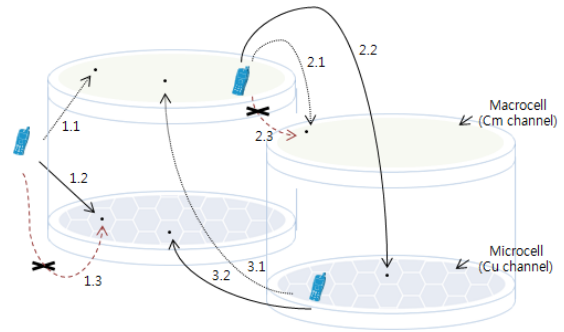
(b) 마이크로셀에서의 핸드오프 요청



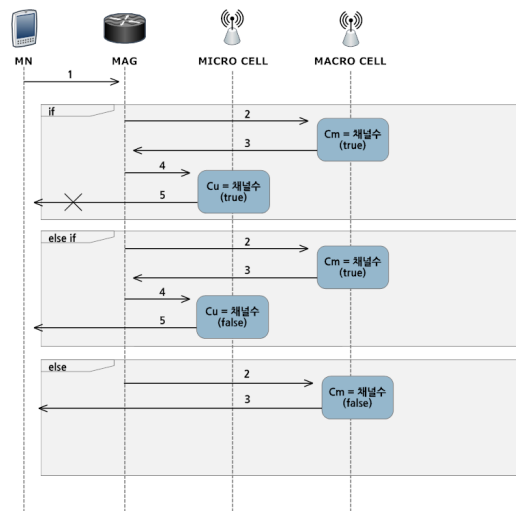
(c) 마이크로셀에서의 테이크백 요청

그림 5. 기법 - 2  
Fig. 5. Scheme - 2

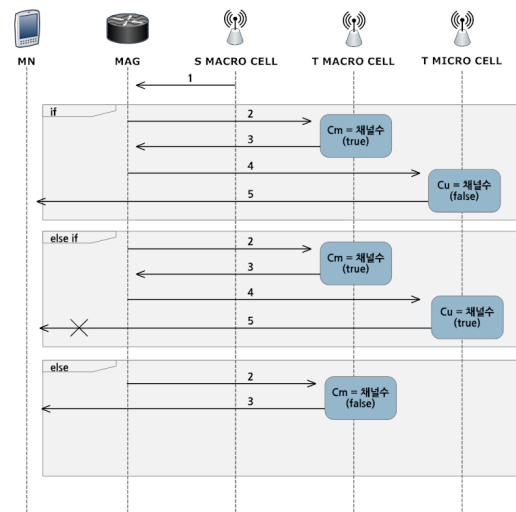
기법 2: (그림5-a)발신세션 요청은 마이크로셀로 이동한다(그림5-선1.1). 마이크로셀에서 사용되는 채널의 수가  $C_u$  와 같다면, 발신세션 요청은 오버플로우 되어 매크로셀에 중첩된다. 매크로셀에 점유된 채널의 수가  $C_M$  미만인 경우, 발신세션 요청은 매크로셀로 이동한다(그림5-선1.2). 그렇지 않으면, 발신세션 요청은 차단된다(그림5-선1.3). (그림5-b)현재 등록된 셀이 마이크로셀의 이웃이라면 핸드오프 요청은 대상 마이크로셀로 이동한다(그림5-선2.1). 대상 마이크로셀의 모든 채널이 바쁜 경우, 핸드오프요청은 오버플로우되어 매크로셀에 중첩된다. 유휴 채널이 있다면 핸드오프 요청은 매크로셀에 의해 제공된다(그림5-선2.2). 그렇지 않으면, 핸드오프 요청이 실패하고, 강제로 끊어진다(그림5-선2.3). 서비스 영역에서 로밍하는 동안 매크로셀에 의해 제공되는 MAG는 지속적으로 횡단하는 마이크로셀을 모니터링한다. 취소 요청은 각 경계에 입력된 대상 마이크로셀로 이동한다. (그림5-c)유휴 채널이 있을 경우, 취소 요청은 대상 마이크로셀로 이동한다(그림5-선3.1). 그렇지 않으면, MAG는 매크로셀에 제공될 것이다(그림5-선3.2).



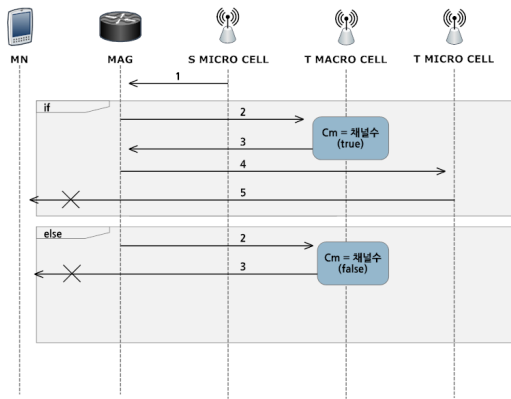
선 1.x: 시작 세션 요청  
선 2.x: 마이크로셀에서의 핸드오프 요청  
선 3.x: 마이크로셀에서의 테이크백 요청



(a) 시작세션 요청



(b) 마이크로셀에서의 핸드오프 요청



(c) 마이크로셀에서의 테이크백 요청

그림 6. 기법 - 3

Fig. 6. Scheme - 3

기법 3: (그림6-a)발신세션 요청은 매크로셀로 이동한다(그림6-선1.1). 매크로셀에서 사용되는 채널의 수가  $C_M$  과 같다면, 발신세션 요청은 오버플로우 되어 마이크로셀에 중첩된다. 마이크로셀에 점유된 채널의 수가  $C_u$  미만인 경우에 오버플로우된 발신세션 요청은 마이크로셀로 이동한다(그림6-선1.2). 그렇지 않으면, 차단된다(그림6-선1.3). (그림6-b)현재 등록된 셀이 매크로셀의 이웃이라면 핸드오프 요청은 대상 매크로셀로 이동한다(그림6-선2.1). 대상 매크로셀의 모든 채널이 바쁜 경우 핸드오프 요청은 대상 마이크로셀로 이동한다. 모든 유휴 채널이 있다면 핸드오프 요청은 마이크로셀에 의해 제공된다(그림6-선2.2). 그렇지 않으면, 핸드오프 요청은 실패하고 강제로 종료된다(그림6-선2.3). 마이크로셀에 의해 제공되는 MAG에서 취소 요청은 마이크로셀의 횡단 경계에 중첩된 매크로셀로 이동한다. (그림6-c)유휴 채널이 있을 경우, 취소 요청은 매크로셀로 이동한다(그림6-선3.1). 모든 채널이 바쁜 경우 MAG는 인접 마이크로셀로 핸드오프 요청을 시작한다(그림6-선3.2).

빠르고 느린 MN으로 구별하고 임의로 위의 세 기법 중에서 선택할 때, 전체적으로 9개의 기법을 조합할 수 있다. 예를 들어, 기법 2에 따라 느린 MN과 기법 3에 따라 빠른 MN을 조합한다면, 기법(2+3)이 된다. 다음의 분석은 본 논문에서 제안한 기법(2+2)의 대해 성능 분석만 하였다. 동일한 계층에 속한 모든 셀은 분석을 통한 오버플로우에 대한 이해와 취소 메커니즘, 분석을 단순화

기 위해 같은 성격이라고 가정하지만 기본적인 분석 방법은 다른 속성에서 2개의 그룹 중에 어디서 분리되는지에 대한 연구로 확장할 수 있다.

## 2. 시스템의 작동 알고리즘

동일 시스템이라고 가정한다. 즉, 동일한 계층에 속한 모든 셀이 통계적으로 동일하다. 따라서, 각각의 계층에 하나의 특정 셀에 집중할 수 있다. [3]에서 연구된 마이크로셀 계층과 매크로셀 계층 간의 최적의 자원 할당을 제안하는 모델에서 채택하고 있다. 전체 대역폭  $W$ (시스템에 사용할 트래픽 채널의 총 개수)사이, 즉,  $W_u$  대역폭은 마이크로셀 계층에 할당되고, 나머지 대역폭은  $W_M = W - W_u$ 는 매크로셀 계층에 할당된다. 마이크로셀 및 매크로셀 계층에 있는 셀의 주파수 재사용 계수는 각각  $K_u$ 와  $K_M$ 으로 나타낸다. 따라서, 식(1)과 같다.

$$W = W_M + W_u = C_M K_M + C_u K_u \quad (1)$$

이것은 주어진 전체 자원의 대역폭  $W$ 에서 MAG를 위한 최고의 서비스 품질을 제공하기 위해 최적의 무선 링크 제어 및 핸드오프 기법을 선택할 수 있게 하기 위한 것이다. 마이크로셀을 적용한 지역  $\Omega$ 는 원래의 트래픽 총 도착율이  $\lambda_o$ 로 표시된다. 발생하는 트래픽은 매개 변수  $\lambda_{sou}$  가진 포아송 프로세스에 따라  $\Omega$  지역의 느린 MAG에 의해 생성된다. 빠른 MAG에 의해 생성되는 트래픽 발생 또한 매개 변수  $\lambda_{sou}$ 와 포아송 프로세스로 가정한다.

$$\lambda_o = \lambda_{sou} + \lambda_{fou} \quad (2)$$

또한, MAG의 발신세션 요청 차단 시간은 매개 변수  $u$ 와 네거티브 지수 분포를 따르는 것으로 간주된다. 발신세션 요청이 유지되는 동안, 강제로 종료되지 않은 경우에는 세션 요청의 차단 시간(세션 유지 시간) 세션의 지속 시간과 동일하다. MAG의 셀 거주 시간은 매크로셀에 대한 네거티브 지수 확률 밀도 함수를 가지는 랜덤 변수이다. 빠르고 느린 MAG를 위한 지수분포의 PDF의 매개 변수는 각각  $n_{fM}$  및  $n_{sM}$ 으로 표시된다. 마이크로셀에서, 각각 빠르고 느린 MAG를 위해  $n_{fu}$ 하고  $n_{su}$ 를 매개 변수로 지정한다.



## IV. 성능평가

### 1. 시스템 모델링

첫째로 아래와 같은 가정을 둔다.

1) 시스템의 전체 서비스 영역은 마이크로셀과 매크로셀에 의해 균일하게 덮여진다. 즉 서비스지역의 어느 지역이든 동시 간에 마이크로셀은 매크로셀에 의해 중첩된다.

2) 포아송과 같은 오버플로우 트래픽을 다룬다. 시뮬레이션의 결과들은 이 가정을 사용한 분석결과가 interest<sup>[11]</sup>의 현실적인 유효한 케이스와 좋은 근사치를 나타내는 것을 보여준다. 만약에 3.1장에서 설명한 3가지 후보 기법 중에 한 개로부터 각각 선택되어진 느리고 빠른 MAG 모두 기법을 허용한다면, 3.1장에서 규정된 것처럼 9개의 다른 모든 후보기법을 가진다. 그러나 여기서 기법(2+2)의 분석만을 설명했다. 다른 8개의 기법의 분석은 비슷한 방법으로 쉽게 관찰할 수 있다. 하나의 간단한 이동성 모델은 유동적 흐름의 이동성 모델<sup>[15]</sup>이다. 이 모델은 그 지역 도처에 사용자들의 균일한 밀도를 추정하고 사용자들이 셀 경계에 따라 아무 위치로 동등하게 움직이는 것처럼 추정한다. 두 규모의 모델에서 L은 셀의 둘레의 길이이고 A는 셀의 지역인 다음 공식에 의해 주어진 모바일 사용자의 발신률  $n$ 을 알 수 있다.

$$n = \frac{VL}{\pi A} \quad (3)$$

셀들이 반지름 R인 원이라는 것을 가정한다. 따라서 발신률  $n$ 을 다음공식처럼 사용할 수 있다.

$$n = \frac{2L}{\pi A} \quad (4)$$

유동적 흐름의 이동성 모델을 사용한, 매크로셀로부터 빠르고 느린 MAG의 발신률이 다음과 같은 셀이 반지름  $R_M$ 인 원이라는 가정 하에 다음과 같은 공식을 얻을 수 있다.

$$n_{fM} = \frac{2V_f}{\pi R_M} \quad (5)$$

$$n_{sM} = \frac{2V_s}{\pi R_M} \quad (6)$$

$V_f$ 와  $V_s$ 는 각각 빠르고 느린 MAG의 평균 속도이다. 느리고 빠른 MAG에서 각각의 세션을 완료하지 않은 상태에서의 현재 매크로셀의 발신세션 요청 확률로서  $P_{hsM}$ 과  $P_{hfM}$ 을 정의했다.

$$P_{hsM} = \frac{n_{sM}}{u + n_{sM}} \quad (7)$$

$$P_{hfM} = \frac{n_{fM}}{u + n_{fM}} \quad (8)$$

$P_{hsM}$ 과  $P_{hfM}$ 는 핸드오프 요청 확률은 아니지만 세션을 완료하지 않은 상태에서 중첩된 매크로셀의 MAG에 남겨진 커버가능한 지역의 확률이라는 것에 주목해야 한다. 마찬가지로 마이크로셀에서  $R_u$ 가 마이크로셀의 반지름인 다음공식을 갖는다.

$$n_{fu} = \frac{2V_f}{\pi R_u} \quad (9)$$

$$n_{su} = \frac{2V_s}{\pi R_u} \quad (10)$$

현재의 마이크로셀의 느리고 빠른 MAG에서 요청을 완료하지 않은 상태에서의 발신세션 요청 확률은 다음 공식과 같다.

$$P_{hsu} = \frac{n_{su}}{u + n_{su}} \quad (11)$$

$$P_{hfu} = \frac{n_{fu}}{u + n_{fu}} \quad (12)$$

마이크로셀에서 느리고 빠른 MAG의 평균 세션 유지 시간(평균 채널 사용시간)은 다음 공식과 같다.

$$\frac{1}{u_{su}} = \frac{1}{u + n_{su}} \quad (13)$$

$$\frac{1}{u_{fu}} = \frac{1}{u + n_{fu}} \quad (14)$$

계획(2+2)에서, 취소 요청이 현재의 매크로셀에서 대상의 마이크로셀에 의해 수락되면 매크로셀에 의해 제공된 MAG는 매크로셀에서 대상 마이크로셀로 이동될 수 있다. 다시 말해서, 매크로셀에서 느리고 빠른 MAG의 평균 세션시간은 각각  $1/(u+n_{sM})$ ,  $1/(u+n_{fM})$  이내이다. MAG의 평균세션시간을 계산하기 위해 현재의 매크로셀에 속한 MAG의 발송 조건부 확률  $P_{oM}$ 을 정의한다. 즉, MAG에서 현재의 마이크로셀을 벗어난다면 그것은 확률  $P_{oM}$ 에 따라 중첩된 이웃 매크로셀로 이동되거나 확률  $1-P_{oM}$ 에 따라 현재 매크로셀에 중첩된 다른 마이크로셀로 이동한다. 매크로셀에서 느린 MAG의 평균 세션 시간은 식(15)과 같이 주어질 수 있다.  $P_{bu}$ 는 매크로셀에서의 발신세션 요청 차단 확률이다.

$$\frac{1}{u_{sM}} = \frac{1}{u+n_{su}P_{oM}+n_{su}(1-P_{oM})(1-P_{bu})} \quad (15)$$

$$= \frac{1}{u+n_{su}[1-(1-P_{oM})P_{bu}]}$$

식(15)에서, 마이크로셀에 의해 제공된 느린 MAG의 세션은 다음과 같은 3가지 상황일 수 있다.

- 1) 완료한 세션.
- 2) 현재의 매크로셀의 커버 가능한 영역을 벗어남.
- 3) 현재의 마이크로셀의 커버 가능한 영역을 벗어나 현재의 매크로셀의 커버 가능한 영역을 벗어나지 않은 상태로 인접한 대상 마이크로셀로 되돌아 간다. 즉, 세션이 매크로셀 계층으로부터 마이크로셀 계층까지 성공적으로 되돌아간다. 또한 식(11)과 식(15)으로부터 식(16)을 갖는다.

$$u_{sM} = u + n_{su}[1-(1-P_{oM})P_{bu}] \quad (16)$$

$$= \frac{n_{su}[1-(1-P_{oM})P_{bu}P_{hsu}]}{P_{hsu}}$$

마찬가지로, 매크로셀에서 빠른 MAG의 평균 세션시간은 식(17)과 같다.

$$\frac{1}{u_{fM}} = \frac{1}{u+n_{fu}P_{oM}+n_{fu}(1-P_{oM})(1-P_{bu})} \quad (17)$$

$$= \frac{1}{u+n_{fu}[1-(1-P_{oM})P_{bu}]}$$

식(12)과 식(17)으로부터 식(18)을 알 수 있다.

$$u_{fM} = u + n_{fu}[1-(1-P_{oM})P_{bu}] \quad (18)$$

$$= \frac{n_{fu}[1-(1-P_{oM})P_{bu}P_{hsu}]}{P_{hsu}}$$

게다가 공식  $P_{oM}$ 을 얻을 수 있다. 식(7)에서 정의된 확률 식(19)은 다음 공식과 같다.

$$P_{hsM} = \sum_{l=0}^{\infty} P_{hsu} P_{oM} [P_{hsu}(1-P_{oM})]^l \quad (19)$$

$$= \frac{P_{hsu} P_{oM}}{1-P_{hsu}(1-P_{oM})}$$

그리하여 식(5)-식(7), 식(9)-식(11) 그리고 식(19)에 따라 식(20)을 구할 수 있다.

$$P_{oM} = \frac{n_{sM}}{n_{su}} = \frac{R_u}{R_M} = \frac{n_{fM}}{n_{fu}} \quad (20)$$

빠르고 느린 MAG의 성능 방안을 얻기 위해서, 다음과 같은 4가지 이유의 트래픽 속도 생각해야만 한다.

- 1)  $\lambda_{su}$  : 느린 MAG로 인한 마이크로셀 안의 총 트래픽 속도
- 2)  $\lambda_{sM}$  : 느린 MAG로 인한 매크로셀 안의 총 트래픽 속도
- 3)  $\lambda_{fu}$  : 빠른 MAG로 인한 마이크로셀 안의 총 트래픽 속도
- 4)  $\lambda_{fM}$  : 빠른 MAG로 인한 매크로셀 안의 총 트래픽 속도

다시 말해서 위와 같은 과정을 포아송이라고 가정한다. 느린 모바일로 인한 매크로셀의 총 트래픽 속도는 식(21)과 같다.

$$\lambda_{su} = \lambda_{sou} + \lambda_{shu} + \lambda_{sbu} \quad (21)$$

현재 마이크로셀에 이웃한 마이크로셀로부터 시작된 느린 MAG와의 핸드오프 트래픽 속도는 식(22)에 의해 주어진다.

$$\lambda_{shu} = \lambda_{su}(1-P_{bu})P_{hsu} \quad (22)$$

$P_{bM}$ 이 매크로셀에서 발신세션 요청의 차단확률이고  $N$ 은 매크로셀에 의해 중첩된 마이크로셀의 수이며 취소 요청의 트래픽 속도는 식(23)에 의해 주어진다.

$$\lambda_{sbu} = \frac{\lambda_{sM}(1-P_{bM})n_{su}}{N_{usM}} \quad (23)$$

느린 MAG로 인한 매크로셀의 총 트래픽 속도는 다음과 같은 식(24)으로 주어진다.

$$\lambda_{sM} = NP_{bu}(\lambda_{sou} + \lambda_{shu} + P_{oM}\lambda_{sbu}) \quad (24)$$

이웃한 매크로셀에 의해 중첩된 대상 마이크로셀에서 매크로셀에 의해 제공된 MAG의 핸드오프 요청은 대상 마이크로셀에서 MAG의 취소 요청처럼 여겨질 수 있다. 취소 요청이 마이크로셀 계층 안의 새로운 채널을 적용 되는 것에 의해 거부된 모든 세션들이 아니라는 것을 알아야 한다. 그것들의 일부는 현재의 매크로셀에 그들의 채널을 계속 유지할 것이다. 마이크로셀과 현재의 매크로셀을 동시에 떠나게 된 것에 의해 취소 요청의 거부될 때 이웃한 목적지 매크로셀에게 새로운 채널을 위한 요청을 시작할 것이다. 식(16), 식(23) 그리고 식(24)으로부터  $\lambda_{sbu}$ 의 다른 식(25)을 얻을 수 있다.

$$\lambda_{sbu} = P_{hsu}[(1-P_{bM})P_{bu}(\lambda_{sou} + \lambda_{shu} + P_{oM}\lambda_{sbu}) + (1-P_{oM})\lambda_{sbu}P_{bu}] \quad (25)$$

마찬가지로, 빠른 MAG로 인한 마이크로셀로의 총 트래픽 속도는 식(26)과 같다.

$$\lambda_{fu} = \lambda_{fou} + \lambda_{fhu} + \lambda_{fbu} \quad (26)$$

이웃한 마이크로셀에서 현재 마이크로셀로 시작된 빠른 MAG의 핸드오버 트래픽의 속도는 식(27)에 의해 주어지고 취소 요청의 트래픽 속도는 식(28)과 같이 주어진다.

$$\lambda_{fhu} = \lambda_{fu}(1-P_{bu})P_{hfu} \quad (27)$$

$$\lambda_{fbu} = \frac{\lambda_{fM}(1-P_{bM})n_{fu}}{N_{ufM}} \quad (28)$$

빠른 MAG로 인한 매크로셀에서의 총 트래픽 속도는 다음과 같다.

$$\lambda_{fM} = NP_{bu}(\lambda_{fou} + \lambda_{fhu} + P_{oM}\lambda_{fbu}) \quad (29)$$

식(18), 식(28) 그리고 식(29)으로부터  $\lambda_{fbu}$ 의 다른 공식을 얻을 수 있다.

$$\lambda_{fbu} = P_{hfu}[(1-P_{bM})P_{bu}(\lambda_{fou} + \lambda_{fhu} + P_{oM}\lambda_{fbu}) + (1-P_{oM})\lambda_{fbu}P_{bu}] \quad (30)$$

우선권이 핸드오프 트래픽으로 주어지지 않기 때문에 핸드오프 실패의 확률은 발신세션 요청의 차단과 동일하다. Erlang 손실 공식을 사용해 식(31), 식(32)과 같은  $P_{bu}$ 와  $P_{bM}$ 을 구할 수 있다.

$$P_{bu} = \frac{\left(\frac{\lambda_{su}}{u_{su}} + \frac{\lambda_{fu}}{u_{fu}}\right)^{C_u}}{C_u! \sum_{l=0}^{C_u} \frac{\left(\frac{\lambda_{su}}{u_{su}} + \frac{\lambda_{fu}}{u_{fu}}\right)^l}{l!}} \quad (31)$$

$$P_{bM} = \frac{\left(\frac{\lambda_{sM}}{u_{sM}} + \frac{\lambda_{fM}}{u_{fM}}\right)^{C_M}}{C_M! \sum_{l=0}^{C_M} \frac{\left(\frac{\lambda_{sM}}{u_{sM}} + \frac{\lambda_{fM}}{u_{fM}}\right)^l}{l!}} \quad (32)$$

느리고 빠른 MAG의 세션에 대한 차단 확률은 식(33)과 같이 주어진다.

$$P_{Ls} = P_{Lf} = P_{bu}P_{bM} = P_L \quad (33)$$

따라서 진행 중인 각각의 느리고 빠른 MAG의 세션 강제 종료 확률인  $P_{FTs}$ 와  $P_{FTf}$ 을 얻을 수 있다. 그것들의 세션을 각각의 마이크로셀 계층과 매크로셀 계층으로부터 시작하는 느린 MAG의 강제 종료확률과  $P_{FTsu}$ 와  $P_{FTsM}$ 을 구할 수 있다. 마찬가지로  $P_{FTfu}$ 와  $P_{FTfM}$ 은 세션을 각각의 마이크로셀 계층과 매크로셀 계층으로부터 시작하는 빠른 MAG의 강제 종료확률도 구하게 된다. 식

(34)을 해결함으로써  $P_{FTsu}$ ,  $P_{FTsM}$ 을 쉽게 구할 수 있게 되고 식(36)에서 식(35)과 같이 주어진다.

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{FTsu} = P_{hsu} [(1 - P_{bu})P_{FTsu} \\ \quad + P_{bu} (1 - P_{bM})P_{FTsM} \\ \quad + P_{bu} P_{bM}] \\ P_{FTsM} = P_{hsu} [P_{oM}(1 - P_{bu})P_{FTsu} \\ \quad + P_{oM}P_{bu} (1 - P_{bM})P_{FTsM} \\ \quad + P_{oM}P_{bu} + P_{bM} \\ \quad + (1 - P_{oM})(1 - P_{bu})P_{FTsu} \\ \quad + (1 - P_{oM})P_{bu}P_{FTsM}] \end{array} \right. \quad (34)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{FTsu} = \frac{ad+b}{1-ac} \\ P_{FTsM} = \frac{cb+d}{1-ac} \end{array} \right. \quad (35)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{P_{hsu}P_{bu}(1 - P_{bM})}{1 - P_{hsu}(1 - P_{bu})} \\ b = \frac{P_{hsu}P_{bu}P_{bM}}{1 - P_{hsu}(1 - P_{bu})} \\ c = \frac{P_{hsu}(1 - P_{bu})}{1 - P_{hsu}[P_{oM}P_{bu}(1 - P_{bM}) + (1 - P_{oM})P_{bu}]} \\ d = \frac{P_{oM}P_{hsu}P_{bu}P_{bM}}{1 - P_{hsu}[P_{oM}P_{bu}(1 - P_{bM}) + (1 - P_{oM})P_{bu}]} \end{array} \right. \quad (36)$$

식(35)과 식(36)으로부터 식(37)을 얻게 된다.

$$P_{FTs} = \frac{1 - P_{bu}}{1 - P_{bu}P_{bM}}P_{FTsu} + \frac{P_{bu}(1 - P_{bM})}{1 - P_{bu}P_{bM}}P_{FTsM} \quad (37)$$

빠른 MAG에 대해 식(38)을 얻을 수 있고 식(40)에서 식(39)을 구할 수 있다.

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{FTfu} = P_{hfu} [(1 - P_{bu})P_{FTfu} \\ \quad + P_{bu} (1 - P_{bM})P_{FTfM} \\ \quad + P_{bu} P_{bM}] \\ P_{FTfM} = P_{hfu} [P_{oM}(1 - P_{bu})P_{FTfu} \\ \quad + P_{oM}P_{bu} (1 - P_{bM})P_{FTfM} \\ \quad + P_{oM}P_{bu} P_{bM} \\ \quad + (1 - P_{oM})(1 - P_{bu})P_{FTfu} \\ \quad + (1 - P_{oM})P_{bu}P_{FTfM}] \end{array} \right. \quad (38)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{FTfu} = \frac{a'd' + b'}{1 - a'c'} \\ P_{FTfM} = \frac{c'b' + d'}{1 - a'c'} \end{array} \right. \quad (39)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a' = \frac{P_{hfu}P_{bu}(1 - P_{bM})}{1 - P_{hfu}(1 - P_{bu})} \\ b' = \frac{P_{hfu}P_{bu}P_{bM}}{1 - P_{hfu}(1 - P_{bu})} \\ c' = \frac{P_{hfu}(1 - P_{bu})}{1 - P_{hfu}[P_{oM}P_{bu}(1 - P_{bM}) + (1 - P_{oM})P_{bu}]} \\ d' = \frac{P_{oM}P_{hfu}P_{bu}P_{bM}}{1 - P_{hfu}[P_{oM}P_{bu}(1 - P_{bM}) + (1 - P_{oM})P_{bu}]} \end{array} \right. \quad (40)$$

식(39)과 식(40)으로부터 식(41)을 얻는다.

$$P_{FTf} = \frac{1 - P_{bu}}{1 - P_{bu}P_{bM}}P_{FTfu} + \frac{P_{bu}(1 - P_{bM})}{1 - P_{bu}P_{bM}}P_{FTfM} \quad (41)$$

MAG의 평균 강제종료 확률로  $P_{FT}$ 를 얻는다.  $P_s$ 는 느린 MAG로부터 모든 발신세션 트래픽까지의 발신세션 비율을 식(42)과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} P_{FT} &= \frac{\lambda_{sou}}{\lambda_o}P_{FTs} + (1 - \frac{\lambda_{sou}}{\lambda_o})P_{FTf} \\ &= P_sP_{FTs} + (1 - P_s)P_{FTf} \end{aligned} \quad (42)$$

발신세션과 핸드오프의 채널 요청을 처리 할 때 약간의 비용을 가진다. 특히 여분의 소비는 핸드오프의 채널 요청을 처리할 때 소요될 것이다. 다양한 세션의 도착 비율이 커질수록 처리비용은 더 많이 소비 되는 것이 보이

기 시작한다. 다음은 다른 세션 제어와 핸드오프 기법에 일치하는 모든 처리비용을 보여주는 매개변수  $F$ 를 사용한다.  $F_{M\Omega}$ 는 마이크로셀의 지역 당 매크로셀에 모든 종류의 트래픽이 모든 평균 도착비율의 가중 합계로 정의된다.  $F_{u\Omega}$ 는 마이크로셀에서 모든 종류의 트래픽의 모든 평균 도착 비율의 가중 합으로 정의 된다. 위의 정의에 근거로, 식(43)과 식(44)에서 보여주는 것처럼 기법(2+2)안의 매개변수  $F_{M\Omega}$ ,  $F_{u\Omega}$ 에 해당 될 수 있다.

$$F_{M\Omega} = \tag{43}$$

$$P_{bu}(1 - P_{bM})(k'_{souu}\lambda_{sou} + k'_{sluu}\lambda_{slu} + k'_{sbuu}P_{oM}\lambda_{sbu}) + P_{bu}P_{bM}(k'_{souu}\lambda_{sou} + k'_{sluu}\lambda_{slu} + k'_{sbuu}P_{oM}\lambda_{sbu}) + P_{bu}(1 - P_{bM})(k'_{fouu}\lambda_{fou} + k'_{fluu}\lambda_{flu} + k'_{fbuu}P_{oM}\lambda_{fbu}) + P_{bu}P_{bM}(k'_{fouu}\lambda_{fou} + k'_{fluu}\lambda_{flu} + k'_{fbuu}P_{oM}\lambda_{fbu})$$

$$F_{u\Omega} = \tag{44}$$

$$(1 - P_{bu})(k_{souu}\lambda_{sou} + k_{sluu}\lambda_{slu} + k_{sbuu}\lambda_{sbu}) + P_{bu}(k_{souu}\lambda_{sou} + k_{sluu}\lambda_{slu} + k_{sbuu}\lambda_{sbu}) + (1 - P_{bu})(k_{fouu}\lambda_{fou} + k_{fluu}\lambda_{flu} + k_{fbuu}\lambda_{fbu}) + P_{bu}(k_{fouu}\lambda_{fou} + k_{fluu}\lambda_{flu} + k_{fbuu}\lambda_{fbu})$$

대상 셀에 의해 승인된 트래픽에 해당된 가중치 양  $K^{(\dots)}_a$ 와 대상 셀에 의해 거절된 트래픽에 해당된 가중치 양  $K^{(\dots)}_r$ 는 모든 가중치 양은 제로로 같거나 보다 더 크다는 것을 가정 할 수 있다. 다른 진짜 시스템 완성과 트래픽 타입에 따라서, 다른 가중치양이 다른 값으로 설정될 것이다. 또한 모든 시스템에서 마이크로셀 지역에 대하여 모든 종류의 모든 평균 도착 속도의 가중 합으로  $F_{\Omega}$ 을 정의한다. 식(45)은 다음과 같다.

$$F_{\Omega} = F_{M\Omega} + F_{u\Omega} \tag{45}$$

## 2. 수치분석 결과

이번 절에서는 분석결과를 설명한다. 표(1)는 성능분석을 위한 매개변수이다.

표 1. 매개변수

Table 1. Parameter

Attribute	Value	Description
$P_s$	0.5	오리지널 트래픽의 총 도착 속도
$R_u$	250	매크로셀의 반지름
$R_M$	1000	마이크로셀의 반지름
$V_s$	2	느린 모바일 사용자의 평균속도
$V_f$	10	빠른 모바일 사용자의 평균속도
$u$	1/120	세션 유지시간

마이크로셀  $\lambda_o$ 에 의해 덮혀있는 지역  $\Omega$ 에서 오리지널 트래픽의 총 도착 속도와 이 트래픽의 일부  $P_s$ 는 느린 MAG로부터 왔다고 가정한다. 숫자로 나타낸 예제에서, 명시되지 않았다면  $P_s$ 는 0.5로 설정된다. [1]에서 정의된 매개변수에서처럼,  $W=200$ 과 주파수 재사용량 공식  $K_u = K_M = 4$ 의 총 대역폭으로 가정한다. 숫자로 나타낸 예제에서, 끈임 없이 시스템의 총 대역폭  $W$ 를 유지한다. 게다가 싱글 매크로셀과  $R_u = 250m$ ,  $R_M = 1000m$ 에 의해 동일한 마이크로셀을 가정한다. 느리고 빠른 MAG의 평균 속도는 각각  $V_s = 2m/s$ ,  $V_f = 10m/s$ 로 가정한다. 3.2장에서 보여준 세션 유지시간은, 평균  $1/u = 120s$ 와 함께 지수분포표로 나타낸다. 연구에서 기법(2+2)기법은 분석되었다. 나머지 후보기법도 동일한 분석 결과를 통해 대역폭에 효율적인 기법을 찾아 낼 수 있다.

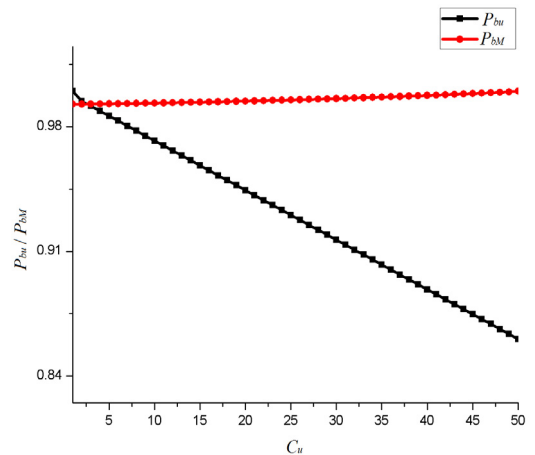


그림 7. 매크로셀 계층의 발신세션 요청 차단 확률  $P_{bM}$  / 마이크로셀 계층의 발신세션 요청 차단 확률  $P_{bu}$

Fig. 7. Blocking probability of the outgoing request macrocell tier  $P_{bM}$  / Blocking probability of the outgoing request microcell tier  $P_{bu}$

매크로셀 계층에서 후보 기법 중에 기법(2+2)에 대한 채널  $C_u$ 의 수 따른 발송 요청의 차단확률  $P_{bM}$ 과 마이크로셀 계층에서의 발송 요청의 차단확률  $P_{bu}$ 는 그림(7)에서 볼 수 있다. 후보기법 중에 기법(2+2)에 대한 발송 요청은 채널  $C_u$  수에 대한 차단 확률  $P_L$ 과 MAG 대한  $C_u$ 에 따른 평균 강제 종료 확률  $P_{FT}$ 는 그림(9)에서 보여준다. 이 그림에서 마이크로셀 발신세션 요청 트래픽의 총 도착 비율  $\lambda_o$ 는 0.24 sessions/s로 설정된다. 위의 매개변수를 사용해서 공식  $C_u + C_M = 50$ 을 가진다.

기법(2+3)일 경우  $C_u$ 가  $P_{bM}$ 의 증가량과 같이 증가할 것이다. 느리고 빠른 MAG 모두에 대해, 기법(3)이 적용된다면,  $P_{bM}$ 은 항상  $C_u$ 의 증가와 같이 증가 될 것이다. 도착 요청이 먼저 마이크로셀 계층으로 그들의 채널 요청을 보내기 때문이다. 이런 이유로,  $P_{bM}$ 은 매크로셀 안의 채널  $C_M$ 의 수의 감소와 함께 더 커지게 될 것이다. 다른 기법에 대해,  $P_{bM}$ 이 처음과 나중에 증가한  $C_u$ 의 증가와 함께 감소된다는 것을 주의해야한다. 말하자면  $P_{bMs}$ 의 편차는 단조롭지 않다. 기법(1)과 기법(2)  $P_{bMs}$ 의 편차는 2가지 요인에 의해 주로 확정된다.

요인 1)  $C_u$ 의 증가와 함께, 더 많은 도착 트래픽은 감소하는 성향을 가지는  $P_{bMS}$ 로 만들어진 마이크로셀에 의해 수용되어질 것이다.

요인 2)  $C_u$ 의 증가와 함께,  $C_M$ 는 증가 성향을 가진  $P_{bMS}$ 로 만들어진 반면에 감소 될 것이다.  $P_{bM}$ 의 감소에 따른 요인(1)의 효과는  $C_u$ 의 감소로 약해질 것이다. 이것은 주로  $C_u$ 가 작을 때 그것의 증가는  $C_u$ 가 클 때의 케이스에서보다 마이크로 계층에서 채널리소스의 활용이 보다 더 개선되어서 가져오기 때문이다. 마찬가지로  $P_{bM}$ 의 증가하는 요인(2)의 효과는  $C_u$ 의 증가로 더 눈에 띄게 될 것이다.

$P_{bMS}$ 의 특징은 이 두 가지 요인 사이의 상호작용에 의해 주로 확정된다. 게다가  $C_u$ 의 최적의 선택으로 볼 수 있고,  $P_{bM}$ 의 최소값은 기법(2+2)를 택함으로써 달성되어질 것이다. 이것은 모든 후보 기법들과 기법(2+2)중에 더 우선적으로 마이크로셀 계층에 채널 리소스로 사용되기 때문이다. 물론, 같은 이유로 마이크로셀 계층안의 기법의 차단 확률은 그림(7)에서 볼 수 있다. 그림(7)로부터,  $C_u$  증가와 함께 감소하는  $P_{bu}$ 를 볼 수 있다.

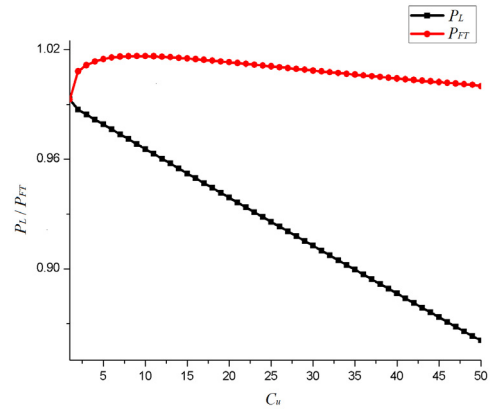


그림 8.  $C_u$ 에 따른 차단 확률  $P_L$  /  $C_u$ 에 따른 평균 강제 종료 확률  $P_{FT}$

Fig. 8. blocking probability for  $C_u$  ( $P_L$ ) / Forced termination probability for  $C_u$  ( $P_{FT}$ )

그림(8)에서 위의 모든 것을 주의해야한다. 기법(2+2)와  $P_{LS}$ 와  $P_{FTS}$ 의  $C_u$ 의 증가로 감소되는 성향을 가졌다는 것에 주의해야한다. 이것은  $C_u$ 의 증가로, 커다란 자원 재사용이 시스템의 용량 확대에 도달할 수 있기 때문이다. 두 번째로 기법(2+2)에서  $P_{LS}$ 와  $P_{FTS}$ 가 하나의 트로프 변형특징을 볼 수 있다. 이것은  $P_L$ 이  $P_{bM}$ 과  $P_{bu}$ 의 생산에 의해 완벽하게 확정될 수 있기 때문이고, 또한  $P_{FT}$ 의 특징이  $P_{bM}$ 과  $P_{bu}$ 에 의해 주로 확정되기 때문이다. 더 중요한 것은 다른 요청 제어와 핸드오프 기법이 서비스의 강제종료확률과 차단확률에 의해 서비스를 담당하는 다른 품질에서 결과가 나오는 것을 찾았다.

숫자에 따른 결과들은  $C_u$ 의 최고의 선택으로 보여주고 기법(2+2)를 사용해  $P_L$ 과  $P_{FT}$ 의 최소 값을 얻을 수 있다. 사실 기법(1)과 기법(2)에서와 같이 매크로셀에 있는 채널 리소스는 겹친 마이크로셀을 공통의 채널 풀로 보유하고 있다. 이와 같이, 요청이 마이크로셀 계층 안의 채널 리소스로 접근하지 못하면, 그것은 세션의 차단 확률이 감소하는 매크로셀안의 공통 채널 풀로 넘치게 될 것이다. 기법(1)에서와 다르게, 매크로셀 뒤에 있는 마이크로셀에서 제공된 세션의 기법은 매크로셀 계층에 있는 공통의 채널 풀의 활용을 더 개선한 기법(2)에 승인될 것이다. 그래서 그림(8)에서  $P_L$ 과  $P_{FT}$ 의 가장 작은 값에 도달할 수 있는 느리고 빠른 MAG를 위한 기법(2)를 승인한 기법(2+2)를 볼 수 있다.

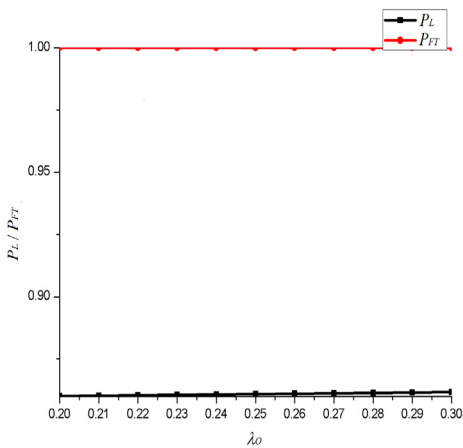


그림 9.  $C_u$ 에 따른  $\lambda_0$ 의 최적의 선택으로 얻어진 최소  $P_L$  /  $C_u$ 에 따른  $\lambda_0$ 의 최적의 선택으로 얻어진 최소  $P_{FT}$   
 Fig. 9. Minimum  $P_L$  obtained by the optimal choice of  $\lambda_0$  for  $C_u$  / Minimum  $P_{FT}$  obtained by the optimal choice of  $\lambda_0$  for  $C_u$

그림(9)는  $C_u$ 에 따른  $\lambda_0$ 의 최적의 선택으로 얻어진 최소  $P_{LS}$ 와  $P_{FTS}$ 를 보여준다.  $\lambda_0$ 가 시스템의 트래픽 로드가 막히고, 모든 기법들이 같은 성향을 가지는 경향이 있다는 의미로 매우 클 때, 이 케이스에서 최적의 성능방안은 오직  $C_u = 50$ 의 설정으로 도달할 수 있기 때문이다.

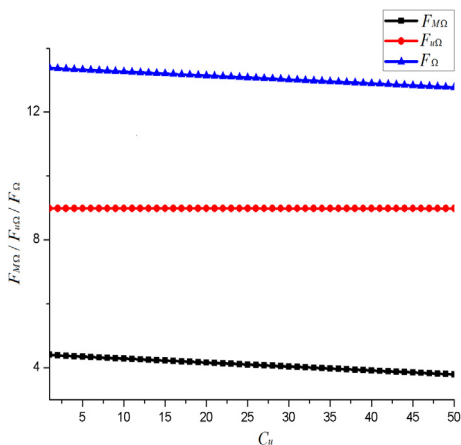


그림 10.  $C_u$ 에 따른 처리비용  $F_{M\Omega}$  /  $C_u$ 에 따른 처리비용  $F_{u\Omega}$  /  $C_u$ 에 따른 처리비용  $F_{\Omega}$   
 Fig. 10. Processing costs for  $C_u$  ( $F_{M\Omega}$ ) / Processing costs for  $C_u$  ( $F_{u\Omega}$ ) / Processing costs for  $C_u$  ( $F_{\Omega}$ )

$C_u$ 에 비해 세 가지 기법을 위한  $F_{M\Omega}$ ,  $F_{u\Omega}$ ,  $F_{\Omega}$ 의 처리비용은 그림(10)에서 각각 보여진다. 이 그림들안에서 MAG의 다른 이동성 클래스들이 구별되지 않는다는 것에 주의해야 한다. 그러나 성능 측정은 기법(1)-기법(3) 사이에서 직접적으로 비교되고 있다. 이 수로 되어진 예제에서, MAG의 평균속도는 공식  $V=10m/s$ 로 설정되고 다른 매개변수는 그림(8), 그림(8)에서 보여지는 예제들과 같은 값으로 설정된다고 가정한다. 식(43)-식(45)을 사용할 때 그에 따른 가정들이 만들어지게 된다.

1) 오직 핸드오프만 생각해본다. 즉 발신세션 요청의 도착 비율을 위한 가중치 양은 제로로 설정된다.

2) 시스템에 의해 승인된 핸드오프 요청의 처리 비용은 시스템에 의해 거절된 핸드오프 처리비용과 동일하게 다루어진다. 다시 말해서 승인과 거절된 핸드오프 요청을 위한 가중된 양은 하나로 설정된다.

그림(10)로부터 기법(1)과 기법(2)에서 먼저 증가되고 나서 감소된  $C_u$ 와  $F_{M\Omega}$ 의 증가와 함께 볼 수 있다. 이것은  $C_u$ 의 증가와 함께  $P_{bu}$ 는 마이크로셀부터 매크로셀 계층까지의 넘친 트래픽을 줄일 수 있는 경향을 가질 수 있도록 감소되기 때문이다. 반면에  $C_u$ 의 증가와 함께, 인접한 마이크로셀 사이의 핸드오프 트래픽 로드는 마이크로셀 계층부터 매크로셀 계층까지의 넘친 트래픽을 증가시키는 특성을 가지고 증가될 것이다. 기법(1)과 기법(2)에서  $F_{M\Omega}$ 의 굴곡들은 두 가지 모순된 요인에 의해 확정되어진다. 대체로 기법(1)과 기법(2)에서 그것은  $F_{M\Omega}$ 가  $C_u$ 의 증가와 함께 감소되는 중요한 성향이 있다. 그림(10)에서 그것은 기법(3)에서  $F_{M\Omega}$ 가  $C_u$ 의 증가와 함께 매우 빠르게 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은  $C_u$ 의 증가와 함께 위에서 설명해온 시스템 용량이 증가하기 때문이다. 다시 말해서  $C_u$ 의 증가와 함께 더 많은 트래픽이 시스템에 의해 수용되어 질 것이다. 요청은 매크로셀 계층으로부터 항상 채널을 얻기 위해 시도될 것이다. 비록 그들이 마이크로셀에 의해 제공되더라도 그들의 현재의 마이크로셀을 떠날때 매크로셀 계층에서 최소 요청을 보내기 위해 시도할 것이다. 그러나 그것은 매크로셀 계층에서 핸드오프 트래픽의 도착 속도가 시스템에 의해 승인된 더 많은 세션에 확실히 증가될 것이 분명하다.

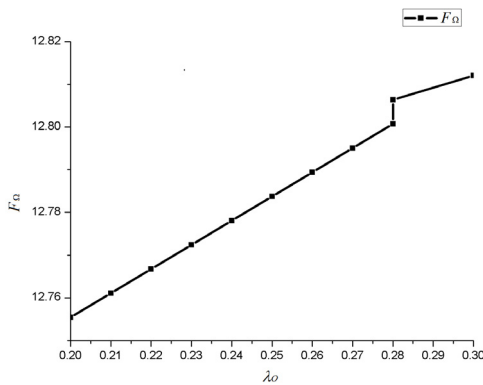


그림 11.  $F_\Omega$ 가 최소의 값으로 도달할 때 얻는  $P_{FT}$   
 Fig. 11. Processing cost  $P_{FT}$  obtained when  $F_\Omega$  reaches a minimum value

그림(10)에서 기법(2+2)에서 크지 않은  $F_{u\Omega_s}$ 의 다른 점을 볼 수 있다. 그림(9)에서 기법(3)을 볼 수 있다. 대부분의 케이스에서 전체에서 제일 큰 프로세스 비용에 대한 것을 가져올 것이다. 그림(11)은 3가지 계획의  $F_\Omega_s$ 가 그들의 최소의 값으로 도달할 때 얻는  $P_{FTs}$ 를 보여준다. 이 그림에서 MAG의 평균속도는 또한 공식  $V=10$ 로 설정되어지고 다른 매개변수는 그림(9)에서 보여준 그것들의 숫자로 된 예시와 동등하게 설정되어진다.  $P_{FTs}$ 가 각각 그들의 최소범위에 도달하고, 두 기법의 해당  $F_\Omega_s$ 사이의 차이가 매우 작을 때 기법(1)과 기법(2)에서 볼 수 있다. 그림(11)에서 다시 그것은 기법(3)이  $P_{FT}$ 가 그것의 최소에 도달 했을 때 조차 가장 큰 처리 비용에 대해 가져오는 것을 볼 수 있다.

## V. 결론

이 논문에서 대역폭에 효율적인 핸드오프 기법과 함께 프록시 모바일 IPv6에 대해 연구했다. MAG는 느리고 빠른 이동성에 대한 두 가지 클래스로 나뉜다. 마이크로셀은 느리고 빠른 MAG의 핸드오프와 발신세션을 주소를 위해 사용되어진다. 매크로셀은 느리고 빠른 MAG 모두의 겹쳐진 발신세션과 핸드오프에 맞추기 위해 마이크로셀 위에 중첩된다. 뿐만 아니라 매크로셀로 덮힌 세션은 움직이는 마이크로셀 안의 채널리소스를 표시해준다. 마이크로셀 안에 비 작동 채널이 하나라도 있다면, 취소 요청은 마이크로셀들의 각각의 접촉점에서 들어가진 대

상 마이크로셀로 이동하고 그 요청은 대상 마이크로셀에 의해 수용 되어질 것이다. 다른 후보 계획과 광범위한 비교에 의해, 만약 시스템의 모든 트래픽로드가 막히면 기법은 최적의 효율적인 대역폭을 가지고 시스템에서 더 많은 처리비용을 가지지 않고 MAG에게 더 나은 서비스 품질을 제공할 수 있다는 것을 보여준다.

## References

- [1] V. R. Kolavennu, S. S. Rappaport, R. R. Duersch, H. L. Lester, and M. C. Puckette, "Traffic performance characterization of a personal radiocommunication system", Proc. Inst. Elect. Eng, pt. F, vol. 133, pp. 550 - 561, October 1986.
- [2] Hyun-Jung Kim, Seung-Joon Seok, "EB-PMIPv6 : A Scheme of Reducing Handover Delay using Early Binding", Journal of Korean Institute of Information Technology, vol. 10, issue 11, pp. 69-80, November 2011.
- [3] C.-L. I, L. J. Greenstein, and R. D. Gitlin, "A microcell/macrocell cellular architecture for low- and high-mobility wireless users", IEEE J. Select. Areas Commun, vol. 11, pp. 885 - 891, August 1993.
- [4] Chong Deuk Lee, "Auto\_Test Management System for LBS Mobility Test in Wireless Mobile Networks", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 11, no. 8, pp. 3060-3069, August 2010.
- [5] Jianfeng Guan, Huachun Zhou, Zhiwei Yan, Yajuan Qin, Hongke Zhang, "Implementation and analysis of proxy MIPv6", Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 11, no. 4, p. 477-490, April 2011.
- [6] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "Proxy mobile IPv6", IETF RFC5213, August 2008.
- [7] S. A. El-Dolil, W.-C. Wong, and R. Steele, "Teletraffic performance of highway microcells with overlay macrocell", IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 7, pp. 71-78, January 1989.



- [8] H. Eriksson, B. Gudmundson, J. Skold, K. Ugland Jon, and P. Willars, "Multiple access options for cellular based personal communications", in Proc. IEEE Vehicular Technology Conference. (VTC'93), vol. 43, pp. 957–962, May 1993.
- [9] S. S. Rappaport and L. Hu, "microcellular communication systems with hierarchical macrocell overlays: Traffic performance models and analysis", Proc. IEEE, vol. 82, no. 9, pp. 1383–1397, September 1994.
- [10] X. Lagrange and P. Godlewski, "Performance of a hierarchical cellular network with mobility-dependent hand-over strategies", in Proc. IEEE Vehicular Technology Conf. (VTC'96), vol. 3, pp. 1868–1872 May 1996.
- [11] B. Jabbari and W. F. Fuhrmann, "Teletraffic modeling and analysis of flexible hierarchical cellular networks with speed-sensitive handoff strategy", IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 15, pp. 1539 - 1548, October 1997.
- [12] Bo Li, ChengKe Wu, Akira Fukuda, "Performance Analysis of Flexible Hierarchical Cellular Systems with a Bandwidth-Efficient Handoff Scheme", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 50, no. 4, pp. 971–980, July 2001.
- [13] Jongpil Jeong, Seung-Hyun Lee, Dong-Ryeol Shin, "Seamless Proxy-based Handoff Scheme in IP-based Heterogeneous Mobile Networks", Korea Information Processing Society C, vol. 19, no. 1, pp. 71–82, February 2012.
- [14] Do-Kyoung Ra AND Jongpil Jeong "Cost-Effective Mobility Management Scheme in Proxy Mobile IPv6 Networks with Function Distributor Support", The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), vol. 12, no. 2, pp. 97–10, February 2012.
- [15] H. Xie and S.Kuek, "Priority handoff analysis", in IEEE Vehicular Technology Conf. (VTC'93), vol. 1, no. 2, pp. 141–148, April 1993.
- [16] DongHwi Kim, Jongpil Jeon, "Analytical Approach of Cross-Layer-Based Handoff Scheme in Heterogeneous Mobile Networks", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 13, no. 6, pp. 1–16, December 2013.
- [17] KyoungWon Yoon, Jongpil Jeong, "Performance Analysis of Fast Handover Scheme Based on Secure Smart Mobility in PMIPv6 Networks", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 13, no. 5, pp. 121–133, October 2013.
- [18] Myungseok Song, Jongpil Jeong, "On PMIPv6-SIP inter-networking architecture for cost-effective mobility management support", 2013 Second International Conference on Informatics and Applications - ICIA 2013, pp. 104–109, September 2013.
- [19] J. Jeong, M. Kang, Y. Cho, J. Choi, "3S: Scalable, secure and seamless inter-domain mobility management scheme in proxy mobile IPv6 networks", International Journal of Security and its Applications, vol. 7, no. 4, pp. 51–70, July 2013.
- [20] Seung Yoon Park, Jongpil Jeong, "On Pointer Forwarding Based Mobility Management for Cost-Optimized Proxy Mobile IPv6 Networks", 2013 Seventh International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing - IMIS 2013, pp. 29–36, July 2013.
- [21] Soonho Jang, Jongpil Jeong, "Cost-Effective Inter-LMA Domain Distributed Mobility Control Scheme in PMIPv6 Networks", The International Symposium on Advanced and Applied Convergence - ISAAC 2013, pp. 39–42, November 2013.
- [22] JaeSuk Lee, Jongpil Jeong, "Performance Analysis of Cross-Layer Handoff Scheme in IP-Based Next-Generation Wireless Networks", The Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol. .38B, no. 6, pp. 454–472, June. 2013.
- [23] Seungbo Yang, Jongpil Jeong, "A Novel QoS Provisioning Scheme Based on User Mobility Patterns in IP-based Next-Generation Mobile

Networks”, Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea vol. 50, no. 5, pp. 25-38, May 2013.

## 저자 소개

### 유 승 백(정회원)



- 2010년 : 전주대학교(공학사)
  - 2012년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신대학원(석사과정)
- <주관심분야 : 네트워크 보안, 어플리케이션 보안, 스마트 헬스케어, 모바일융합컴퓨팅, 이동성관리, 인터넷 보안>

### 정 중 필(정회원)



- 2008년 : 성균관대학교 정보통신대학(공학박사)
- 2009년 : 성균관대학교 컨버전스연구소 연구교수
- 2010년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신대학 겸 산학협력단, 산학협력중점 교수

<주관심분야 : 모바일융합컴퓨팅, 센서 네트워크, 차량 모바일 네트워크, 네트워크 보안, IT융합, 인터랙션사이언스, 스마트 헬스케어, IoT/M2M, 웨어러블 컴퓨팅 등>