

유무선 복합망에서 이동 단말 기반 핸드오버의 링크 품질에 관한 성능 분석

박 남 훈[†] · 권 오 준^{††} · 김 영 선^{†††} · 김 상 하^{††††}

요 약

본 논문은 유무선 복합망에서 이동 단말 기반 핸드오버의 링크 품질에 관한 성능 분석 결과를 제시한다. 기존의 방식은 이동 단말이 핸드오버를 요청 하였을 때 자원 확인 절차와 경로 재설정 절차를 망이 순차적으로 수행하는 방식임으로 망의 부하와 단말의 이동성에 기반하지 않는 고정적인 신호 수준으로 핸드오버를 요청함으로써 단말의 취소 문제를 유발할 수 있다. 그러나 제안된 방식은 이동 단말의 핸드오버 요청 시점을 예측하여 이동 단말이 핸드오버 요구 전에 자원 확인 절차를 선행하여 핸드오버 지연 시간을 감소하고 이동 단말이 망의 부하와 단말의 이동성에 기반하여 핸드오버를 요청함으로써 단말의 취소 문제 발생과 핸드오버 실패율(blocking probability)을 최소화 한다. 또한, 핸드오버 지연 시간 감소를 위해서 경로 최적화는 이동 단말이 핸드오버를 완료한 다음에 수행함으로써 역방향(backward) 링크 연결 실패율을 최소화하여 서비스의 중단을 최소화 한다. 본 논문에서는 이동 단말의 이동성을 고려한 핸드오버 요구 시점 예측과 결정 방법을 제시하고 이에 따른 상/하향 링크의 성능을 검증한다.

Performance Analysis on Link Quality of Handover Mechanism based on the Terminal Mobility in Wired and Wireless Integrated Networks

Nam-Hoon Park[†] · Oh-Jun Kwon^{††} · Young-Sun Kim^{†††} · Sang-Ha Kim^{††††}

ABSTRACT

This paper proposes the Handover Scheme for the mobile terminal and describes the result of the performance analysis. In the conventional scheme of handover request, the withdrawal of terminal may occur because handover request is performed based on fixed signal level without considering network load and terminal mobility. The proposed scheme offers the minimization of withdrawal and handover blocking probability by means of the handover request of terminal based on the network load and terminal mobility. Conventional handover scheme has the sequential procedure that network performs resource check and path rerouting on the handover by MT(Mobile Terminal). Proposed handover scheme pre-processes the resource check before the handover request by predicting the handover request time so that handover latency can be reduced. Moreover, path optimization is executed after the completion of handover in order to reduce handover latency. The reduction of handover latency prevents the dropping of service by minimizing backward handover blocking. In summary, we propose the prediction of handover request time and decision method based on terminal mobility, validating the performance of proposed scheme considering various cases of simulation.

† 종신회원 : 한국전자통신연구원 기술기획실 기술조사팀장(책임 연구원)

†† 정 회 원 : 부산동의대학교 전산통계학과 교수

††† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 기획관리부 기술기획실 실장

(책임연구원)

†††† 종신회원 : 충남대학교 컴퓨터학과 교수

논문접수 : 2000년 6월 14일, 심사완료 : 2000년 7월 20일

1. 서 론

기존의 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 망은 다양한 트래픽의 속성을 지원하고, 통계적 다중화 기법의 적용과 대역폭의 효율적인 운용이 가능하며, 또한 고속 전송에 적합한 특성을 갖고 있다. 따라서, 고속의 멀티미디어 데이터를 전송하기 위한 차세대 무선 전송망으로는 멀티미디어화와 단말 및 개인 이동성의 요구에 효과적으로 부응할 수 있는 ATM 기술을 기반으로 하는 무선 ATM망의 도입이 요구된다. 현재의 ATM 기술은 유선망을 기반으로 발전하고 이동통신 서비스는 음성 및 데이터 서비스를 위주로 도입되어 왔으나, ATM 기술을 기반으로 하는 멀티미디어 서비스가 보급 확산되고 서비스 특성이 기존의 제한된 장소 위주의 통신에서 위치에 관계없이 정보 교환이 가능한 이동형 형태로 전환되는 추세에 따라 ATM 기반의 이동형 멀티미디어 서비스에 대한 사용자의 요구는 앞으로 급격히 증가하리라 예상되고 있다[1, 2].

이러한 유무선 복합망에서는 단말이 이동하는 상황에서 연결의 재구성 과 품질 유지 등의 기능을 수행할 수 있도록 무선 ATM 계층이 구현되어야 하며, 이를 위해 동적인 재라우팅을 제공할 수 있게끔 기존의 신호 방식 및 체계의 확장 과 이동 단말(MT: Mobile Terminal)의 위치 파악을 위해 위치 관리 기능, 트래픽 및 QoS(Quality of Service) 관리와 관련하여 단말의 이동성으로 생기는 추가적인 영향 등을 고려하여야 한다. 그러나 핸드오버 제어 기술에 있어서 현재의 핸드오버 요구 시점의 결정은 고정적인 신호 수준을 통해 이루어 지는데 이것은 단말의 취소 문제를 유발할 수 있다[3]. 또한, ATM-Forum에서 고려중인 역방향 핸드오버 절차는 단말로부터 핸드오버 요구 메시지를 수신하면 자원 확인과 경로 재설정 절차를 순차적으로 수행함으로써, 많은 핸드오버 지연 시간이 요구되어진다[4]. 따라서, 이동 단말을 위한 연결 세그먼트의 중단을 최소화 하기 위한 새로운 메커니즘이 필요하다. 본 논문에서는 이동성을 지원하기 위해 요구되는 새로운 상위계층 제어/시그널링 기능들은 다시 핸드오버와 경로 재라우팅을 위한 기능으로 나누어 효율적인 알고리즘을 제시하며, 성공적인 역방향 핸드오버 수행을 위해서 망의 부하와 단말의 이동성을 기반으로 하여 이동 단말이 가변적인 핸드오버 요구시점을 선택하는 방식을 사용한다. 또한 핸드오버에 수반되는 절차들을 망과 이동 단말이

동시에 처리하여 핸드오버 수행에 수반되는 부하를 줄이는 방식을 사용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련 연구에 대한 분석을 하고, 제3장에서는 이동 단말 기반 핸드오버 기법의 설계를 위한 물리적인 구조와 기존에 연구된 요소 기술들에 대한 알고리즘 및 장단점들을 연구 분석한다. 제4장에서는 제안된 기법을 위한 핸드오버 요구 시점 예측과 결정, 핸드오버 시그널링 메시지 절차와 구조에 대한 메커니즘을 제시하며, 이 기법에 대한 성능 분석을 통하여 이동 단말의 이동성과 신뢰성이 보장되는 핸드오버 기법임을 검증하고 그 결과를 제시한다. 마지막으로 제5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구 분석

2.1 표준화 동향과 프로토타입 시스템

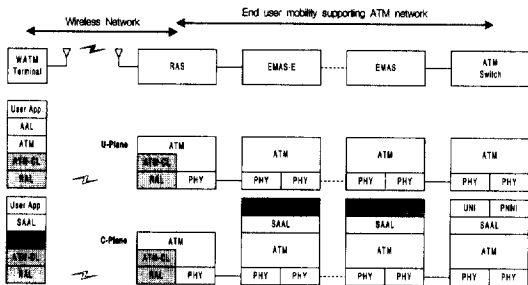
무선 ATM 기술 표준화의 한 형태는 유럽의 ETSI(European Telecommunications Standards Institute) RES10(Radio Equipment and System 10)에서 작성한 HIPERLAN(High Performance Radio LAN) type-1 규격을 중심으로 향후 ATM 기반의 HIPERLAN type-2, type-3, type-4로 발전시키고자 하는 것이다. ETSI RES 10에서는 이와 같이 다단계에 걸친 표준화 작업을 진행하고 있으며, 1단계로서 CSMA/CA방식의 23Mbps 급의 무선 LAN인 HIPERLAN type-1 규격을 완료하였고, 현재 2단계로서 무선 ATM을 근간으로 한 20 Mbps 급의 무선 LAN인 HIPERLAN type-2 표준화를 진행하고 있다. 이 표준화는 3단계에서 17GHz 대역에서 무선 ATM 방식의 무선 가입자망을 목표로 하는 HIPERLAN type-3와 100Mbps급의 무선 LAN을 목표로 하는 HIPERLAN type-4로 확장될 예정이다. 한편, 미국의 경우에는 FCC가 HIPERLAN과 호환성을 가지는 SUPERNet(high-speed Shared Unlicensed Personal Radio Network)의 개발을 위하여 정부의 규제 없이 사용 가능한 5GHz 대역(5.15-5.35GHz, 5.725-5.875GHz)을 새로 배정함으로써 무선 ATM에 대하여 본격적으로 논의하기 시작하였다. SUPERNet 규격 작성을 주도하던 WIN-Forum(Wireless Information Networks Forum) 내에서 이 주파수 대역의 활용 방안에 대하여 논의하던 중, 이 대역에서의 페이딩 특성을 고려할 때 ATM 셀과 같이 길이가 짧은 패킷의 전송이 유리하다는 결론에 따라 무

선 ATM에 대한 구체적인 규격의 작성을 위하여 1996년 6월에 ATM-Forum 내에서 무선ATM WG(Working Group) 을 결성하게 되었다[5-11, 16-20].

무선 ATM 시스템은 B-ISDN과의 연동뿐만 아니라, 기존의 셀룰러, PCS 및 FPLMTS(Future Public Land Mobile Telecommunication System) 등의 다양한 무선 시스템과 연동되어 다양한 형태의 멀티미디어 통신 서비스를 제공하여야 한다. 현재 무선 ATM과 관련된 외국의 연구사례로는 유럽의 MBS(Mobile Broadband System), ACTS(Advanced Communications and Technology Services) 프로젝트 내에서 추진되고 있는 SAMBA, MEDIAN, MagicWAND, 영국의 Olivetti Research Lab.의 Radio ATM등을 들 수 있으며, Bell Lab의 BAHAMA 및 SWAN, NEC의 WATMnet, NTT의 AWA등이 대표적인 시스템들이다[5-11, 16-21].

2.2 유무선 복합망 프로토콜과 인터페이스

광역 통신망의 핵심 기술인 ATM은 QoS를 보장 하면서 광범위한 서비스를 융통성 있게 지원할 수 있는 능력 때문에 미래의 초고속정보통신망을 구축하기 위한 적합한 전송 기술로 여겨지고 있다. 이에 따라 무선 ATM 망은 신뢰성 높고 고속의 광 전송로를 근간으로 하는 유선 ATM 망의 능력과 용량들을 가능한 투명하고 효과적인 방법으로 무선 영역까지 확장 적용할 수 있는 유무선 통합의 종합 정보통신망 서비스의 구현을 목표로 하고 있다. 또한 유선 ATM 망에서 제공하는 다양한 서비스, 데이터 전송 속도 그리고 품질 등에 있어서 대등한 서비스를 추구한다. 그러나 광 전송로의 신뢰성과 용량 측면에서 무선 전파 환경의 열악한 전송 특성을 고려할 때 무선 ATM 망에서 제공할 수 있는 서비스의 질과 양적인 측면에서 많은 차이가 예상되고 있으며, (그림 1)은 무선 ATM 망 참조 프로토콜 계층에 대한 간략한 설명이다.



(그림 1) 단말의 이동성 지원을 위한 무선 ATM망 프로토콜

- **PNNI+M** : PNNI(Private Network-to-Network Interface)에 이동성을 지원하기 위한 추가적인 신호 정보이다. 이것은 PNNI 기능을 동시에 지원한다.
- **UNI+M** : UNI(User-to-Network Interface)에 이동성을 지원하기 위한 추가적인 신호 정보이다. 이것은 UNI 기능을 동시에 지원한다.
- **RAL** : Radio Access layer. 이것은 종단간 ATM 연결의 무선 세그먼트를 실현한다. 또한, 무선 MAC, LLC 그리고 PHY 계층을 포함한다. RAL은 일반적으로 ATM과 IP 같은 다중 상위 계층 프로토콜을 지원하기 위해 설계된다 [19-21].
- **ATM-CL** : RAL 상위의 ATM 집합점 계층으로 ATM 데이터를 전달하기 위해 *Trf.I*을 제공한다.
- **ATM** : 일반적인 ATM 계층을 일컫는다.
- **M-ATM** : 이동성이 향상된 이동 단말의 ATM 계층.
- **PHY** : ATM 물리 계층.

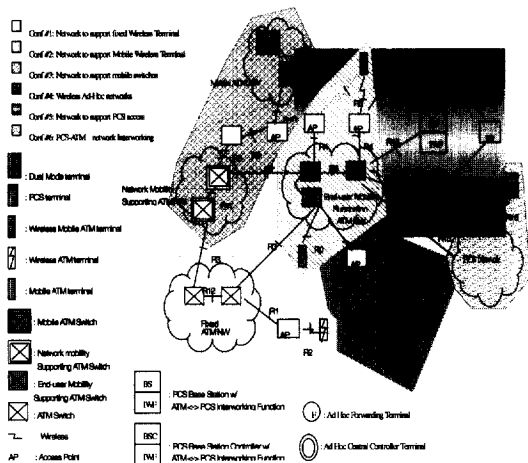
2.3 유무선 복합망의 연구 동향

2.3.1 유무선 복합망에서의 요소 기술

- 가) 핸드오버 제어 : 단말의 이동성을 지원하기 위해 상/하향 링크에서의 효율적인 핸드오버가 필요하다. 특히, 연결형 서비스를 제공하는 무선 ATM망의 핸드오버에서는 무선 접속점의 전환과 유선 연결 구간을 동적으로 재라우팅 할 수 있는 NNI의 확장 및 새로운 신호체계가 요구된다.
- 나) 위치 관리 : 위치 관리는 이동 단말의 현재 위치를 단말의 주소와 Routing-ID에 정확히 매핑하는 기능을 수행한다. PCS와 ATM 간의 연동에서 ATM 종단 지점은 이동 단말을 지원하는 현재 위치의 무선 포트가 되고, 이 경우 위치 관리 프로토콜은 IS(Interim Standards)-41와 GSM(Global System for Mobile Communications)에서 이용되고 있는 LR(Location Register) 방식의 적용이 가능하다. 그리고, 종단 ATM 모델을 사용하는 무선 ATM에서는 LR(Location Register) 방식 외에 Mobile PNNI(Private Network-to-Network Interface) 위치 관리 방식도 제안되고 있다.
- 다) 이동 연결을 위한 경로 재라우팅 : 이동 단말이 지닌 식별자를 망 경로에 매핑하고, 핸드오버를 위한 경로 확인과 최적화를 고려하여야 한다. ATM 라우팅 알고리즘과 관련 Syntax를 위하여 부가적으로 이동성에 관련된 기능이 필요하다.
- 라) 트래픽 제어 및 무선 망 관리 : 자원 할당을 위하여 트래픽 제어에 대한 단말 이동성의 추가적인 영향을 규명할 필요가 있다.

2.3.2 망 인터페이스의 구성

ATM 연결이 종결되는 지점에 따라서 종단간(end-to-end) ATM 모델과 ATM/non-ATM 연동 모델로 나누어진다. 종단간 ATM 모델은 유선망에서 뿐만 아니라 무선 링크 부분에서도 ATM 셀 전송의 기본 단위가 되고, AAL은 종단의 단말에서 종결된다. ATM/non-ATM 연동 모델에서는 무선 링크의 전송 기본 단위가 ATM 셀이 아니라 셀룰러 시스템(IS-95, IS-136)이나 무선 LAN(IEEE 802.11) 등에서 사용되는 패킷 형태가 된다. 따라서, ATM/non-ATM 연동 모델에서는 AAL이 기지국에서 종결된다. (그림 2)에서는 무선 ATM 망의 기본 구성 요소들과 다양한 응용 시나리오를 설명하고 있다. 고정된 공중 교환망을 중심으로 하는 하부구조(Infrastructure)를 나타내며, 그 주위는 무선 ATM에서 적용할 수 있는 여러 가지 시나리오 구성을 표현하고 있다. 이들 시나리오는 고정 ATM 망을 무선 구간으로 확장하거나, 사설 무선 망에 이동성 지원 기능을 추가함으로써 구현될 수 있다[12].



(그림 2) 유무선 복합망의 기준점 구성

- **Mobile ATM Terminal** : 일반 ATM 단말의 기능 외에 이미 설정되어 있는 VCC(Virtual Circuit connection)를 유지하면서 단말의 위치와 고정 망과의 PA를 바꿀 수 있는 단말이다.
- **Wireless ATM Terminal** : 일반 ATM 단말기의 기능 외에 다른 ATM 단말이나 고정 혹은 이동 ATM 교환기와 무선 링크를 통한 연결이 가능하다. 이 단말에는 UNI+M 기능과 RAL(Radio Access Layer) 계층이 삽입된다.
- **Wireless Terminal Adapter** : 일반 ATM 단말에 이동성과 무선 연결성을 지원하는 어댑터이다.
- **Radio Terminal Adapter** : 일반 ATM 단말이나 Mobile ATM Terminal이 고정 망과 연결 되도록 하는 무선 연결 기능을 제공하는 어댑터로 이동성 지원 기능은 원하지 않

는다.

- **Mobility Enhanced ATM Switch** : 일반 ATM 교환기의 기능에 추가로 이동 단말과 교환기를 위한 VCC 설정과 유지 기능이 있다. 이 교환기는 고정 망에 속한다.
- **Mobility Enhanced ATM Moving Switch** : 일반 ATM 교환기의 기능에 추가로 이동성 지원과 무선 접속 기능을 가지는 이동형 교환기이다.

3. 이동 단말 기반 핸드오버 기법

3.1 시스템 모델과 시그널링 절차

3.1.1 구현 요구사항

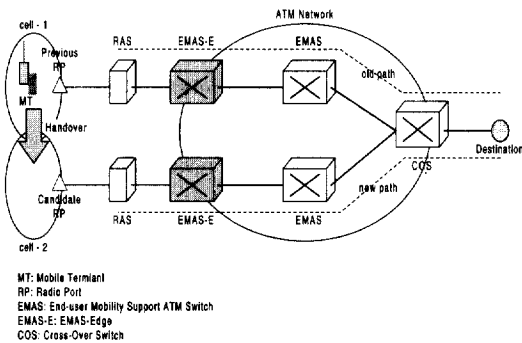
ATM망은 연결형 위주의 방식이면서 데이터 응용이 주요 서비스라는 특성 때문에 핸드오버 시에 전송되는 셀에 대한 무결성이 보장되어야 한다. 특히, 핸드오버는 소요되는 시간을 최대한 줄이고, 전송되는 셀에 대한 손실과 중복을 방지하고 순서를 보장할 수 있어야 한다. 따라서 유무선 복합망으로 확장되기 위해서는 이동 단말을 위한 무선 접근 능력이 ATM 백본망에 의해서 제공되어야 한다. 이러한 유무선 복합망의 주된 기능은 이동하는 사용자가 이동하는 동안에 그들의 연결 유지를 위해 위치 관리와 핸드오버 제어 메커니즘을 제공하는 것이다.

3.1.2 물리적 시스템 모델링 구조

핸드오버 처리를 위한 라디오 인터페이스는 매우 구현 의존적이다. 본 논문에서는 현재 통신하고 있는 라디오 포트를 이전 라디오 포트(Previous Radio Port)라 하고, 이전 라디오 포트 보다 좋은 품질의 라디오 포트를 후보 라디오 포트(Candidate Radio Port)라 한다. old EMAS-E는 이전 라디오 포트를 제어하고 new EMAS-E는 후보 라디오 포트를 제어한다. 핸드오버는 이동 단말들에 의해서 시작된다. 이동 단말은 후보 라디오 포트들의 신호 강도를 모니터링하고 망은 이동 단말의 신호 강도를 모니터링 한다. 본 논문에서는 단순하게 핸드오버가 이루어질 수 있는 Intra-EMAS 핸드오버보다는 Inter-EMAS 핸드오버를 위한 변수들을 더 고려한다.

망 내의 라디오 포트들은 자신의 식별자를 주기적으로 방송한다. 이 식별자를 통하여 핸드오버 할 후보 라디오 포트들에 대한 목록을 작성하게 된다. 수신된 신호 수준 기반으로 이동성을 고려하여 핸드오버 요구 시점을 결정하게 된다. 이동 단말이 이전 라디오 포트

의 지역에서 후보 라디오 포트의 지역으로 이동하게 된다면, 후보 라디오 포트의 신호는 강해지고 이전 라디오 포트의 신호 강도는 약해지게 된다. 이 약해진 신호를 통해서 이동 단말이 이전 라디오 포트에서 멀어지고 있음을 알 수 있다. 이동 단말은 먼저 이전 라디오 포트를 통해 old EMAS-E에게 역방향 핸드오버를 요구하게 된다. 이때에 단말은 후보 라디오 포트의 식별자들을 전송하여 old EMAS-E가 현재의 연결을 위한 적합한 후보 라디오 포트를 선택하여 현재의 경로상에서 new EMAS-E로 도달 가능한 COS를 통해 new EMAS-E로 스위칭 할 수 있도록 한다. 또는 old EMAS-E에게 새로운 연결 설정을 new EMAS-E로 바로 요청하여 현재의 단말과의 연결 설정을 스위칭 하도록 한다. 전자는 경로 재설정 제어 방식이고 후자는 경로 확장 연결 제어 방식이다. 경로 확장은 핸드오버를 수행할수록 종단간 거리가 증가하게 되어 셀 전송 지연이 증가하게 되며, 경로의 루프가 생길 수 있다. 경로 재설정은 핸드오버 수행 시에 경로 재설정을 하여 경로 루프가 발생하지 않는 반면에 경로를 매번 재설정하는 시간이 요구된다[13]. 본 논문에서는 경로 재설정 방식을 고려하였다.



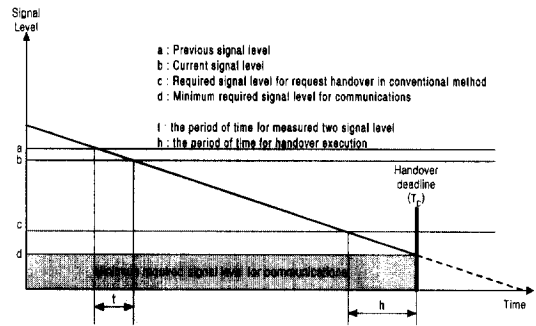
(그림 3) 물리적 시스템 구조

3.2 핸드오버 요구 시점 예측과 결정 방법

각 이동 단말이 고정적인 호의 수와 대역폭을 가지는 기존의 이동 망에서 사용하는 핸드오버 요구 시점 결정 방법은 무선 ATM의 각 이동 단말은 가변적인 호의 수와 대역폭을 가지고 있기 때문에 무선 ATM 망의 핸드오버 요구 시점을 결정하는데 부적합하다. 종단 스위치가 망의 구조에 대한 정보(예, 토폴로지, 스위치간 홉 수)를 유지한다면, 이동 단말과 망은 서로

주고 받는 신호 수준에 따라 단말의 이동성을 고려하여 핸드오버를 요구하는 시점을 예측할 수 있다.

기존의 핸드오버 요구는 (그림 4)와 같이 핸드오버 요구 신호 수준(c)을 명시하여 현재의 신호 수준이 이 상태가 되면 핸드오버를 요구하는 방식을 사용하고 있다[14-15, 20-21]. 이러한 방법은 기존 셀룰러 망과 같은 경우 적용 가능하지만, 무선 ATM망과 같이 경로 재설정 시간이 종단간의 홉 수에 따라 증가하여 핸드오버 수행시간이 증가하는 경우에는 실용성이 없다. 또한, 이동 단말이 이동 속도가 증가함에 따라 핸드오버 요구 신호 수준과 핸드오버 사선(deadline)에 사이의 시간 간격은 줄게 되므로 핸드오버 요구를 결정하는 새로운 메커니즘이 필요하다. 다음에 이동 단말의 이동성을 고려한 핸드오버 요구하는 시점 예측을 설명한다.



(그림 4) 시간 변화에 따른 신호 수준 변화

통신을 위한 최저 신호 수준(d)에 도달할 예측 시간 (T_{HR})은 다음과 같다.

$$T_{HR} = \left(\frac{b-d}{a-b} \right) t, \quad (a > b) \tag{1}$$

- a : 이전 신호 수준
- b : 현재 신호 수준
- d : 통신을 위한 최저 신호 수준
- t : 두 신호 수준을 측정한 시간 간격

핸드오버 수행 시간은 가변적이지만 이 시간은 망의 홉(hop)에 따라 결정적인 수행 시간을 갖는다. 전체 지연은 각 요소(component)에서의 프로세싱 지연, 전송(Transmission) 지연, 그리고 전파(Propagation) 지연에 의해서 결정되기 때문이다. 따라서, 망의 정보를 알고 있다면 핸드오버 수행 시간을 예측할 수 있다. 망

의 정보는 이동 단말이 알 수 없으므로 핸드오버 수행 예상 시간을 망이 계산하여 단말에게 통지할 수 있다. 핸드오버 수행 예상 시간(T_{HE})은 다음과 같이 얻을 수 있다.

가용 자원을 확인하는데 걸리는 예상 시간(T_{RA})

$$T_{RA} = \text{Max}(T_{RA1}, T_{RA2}, \dots, T_{RAn}) \quad (2)$$

경로 재라우팅을 하는데 걸리는 예상시간(T_{PR})

$$T_{PR} = \text{Max}(T_{PR1}, T_{PR2}, \dots, T_{PRn}) \quad (3)$$

핸드오버 수행 예상 시간(T_{HE})은 다음 값을 갖는다.

$$T_{HE} = T_{RA} + T_{PR} \quad (4)$$

T_{RA} 는 적합한 핸드오버 PA를 찾기 위해서는 각 PA의 자원 상태를 확인해야 하므로 최대 수행 예상 시간을 취한다. T_{PR} 은 T_{RA} 와 같이 이동 단말이 어디로 핸드오버 할지 알 수 없기 때문에 최악의 경우로 최대 예상 수행 시간을 취한다.

망이 자원 가용성 확인 절차 수행 시점은 다음과 같다.

$$T_{HE} \geq T_{HR} \quad (5)$$

이동 단말이 핸드오버를 요구하는 시점은 다음과 같다.

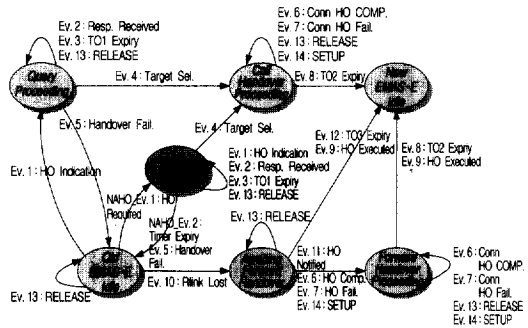
$$T_{PR} \geq T_{HR} \quad (6)$$

핸드오버 수행 시 망이 이동 단말의 핸드오버 요구 시점을 예측하여 자원 확인 절차를 선행하기 때문에 이동 단말의 핸드오버 요구는 망이 경로 재설정을 하는 최악의 경우인 시간에 이루어지는 경우 최소의 핸드오버 수행 시간이 된다.

3.3 호환성 유지를 위한 핸드오버 FSM

본 논문에서의 기법과 ATM-Forum에서 고려중인 핸드오버 절차와의 호환성을 위해서는 old EMAS-E의 핸드오버 FSM(Finite State Machine)에 변경된 FSM이 필요하다. (그림 5)는 ATM-Forum의 핸드오버 제어와 호환성을 위한 핸드오버 FSM을 나타낸다. 추가된 Pre-Query Proceeding 상태는 ATM-Forum의 Query Proceeding 상태와 같다. 이 상태의 차이점은 old EMAS-E Idle 상태에서 NAHO_Event.1(Handover Required from RAS)이 발생시 이 상태로 천이된다. 이 상태에서 자원

확인 절차를 수행 후 후보 기지국을 선택하기 위한 Event.1(BW_HO_REQUEST from MT)가 발생시 다음 상태인 Call Handover Proceeding 상태로 천이하게 된다. Event.1이 발생하지 않는 경우, 선행되어진 자원 확인 절차는 무시되고 NAHO_Event.2가 발생하여 초기 상태인 old EMAS-E Idle 상태로 천이하게 된다.



(그림 5) ATM-Forum과 호환성을 위한 old EMAS-E에서의 핸드오버 FSM

(*NAHO : 본 논문에서 제안된 방식의 기법에 대한 명명임, Network Assisted Handover)

4. 성능 분석

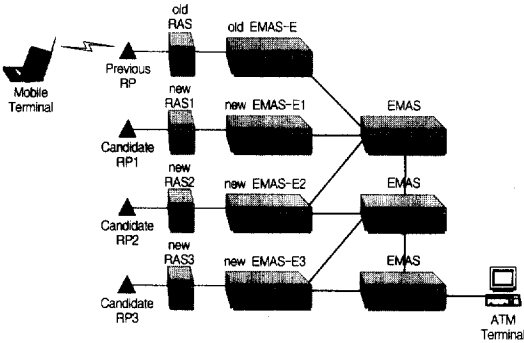
4.1 시뮬레이션 구조

(그림 6)은 시뮬레이션을 위한 망 구성을 나타낸다. 핸드오버 할 PA는 3개이고, 현재 연결을 위한 자원 요구량에 따라 이중 적합한 PA를 망이 선택한다. COS는 선택된 PA로의 도달 가능한 현재 경로 상의 EMAS를 동적으로 선택한다. 각 스위치(EMAS)에서의 신호 메시지의 처리 시간은 신호 메시지의 길이가 결정적(deterministic)함으로 M/D/1 모델을 고려하였다[20-21].

각각의 component들 사이의 셀 지연은 세 개의 지연 요소인 대기 지연(queueing delay), 전송 지연(transmission delay), 그리고 전파 지연(propagation delay)을 고려하였다. MAC 프로토콜에 의존적인 공중 인터페이스(Air Interface)의 대기 지연은 시뮬레이션 무시된다. 라디오 링크가 25Mbps로 동작한다고 할 때 셀 전송 지연은 16.96 sec이다. 이동 단말과 EMAS-E 사이의 전송 지연과 전파 지연 시간은 무시한다. 이것은 셀의 커버리지가 작기 때문에 무시 가능하며 성능 분석에 있어서 큰 영향을 미치지 않으므로 가능하다.

두 ATM 스위치간 거리는 1km라 가정한다. 신호의 속도가 2×10^8 m/sec라 하면 두 ATM 스위치간 전파

시간은 5 sec가 된다. 신호 메시지의 길이가 결정적 이므로 신호 처리 시간은 100~300 sec라고 가정한다. COS를 결정하기 위한 처리 지연은 무시하지만 이를 위한 신호 메시지 처리 시간은 고려한다. 이동 단말이 핸드오버를 요구하는 시점을 판단하기 위한 기준인 신호 수준의 변화는 기지국에서 1 mm 멀어지는데 신호 수준 1 unit가 감소한다고 가정하였다. 이것은 핸드오버 요구 시점의 위치를 알아보기 위해 거리 당 신호 수준을 매핑한 것이다.

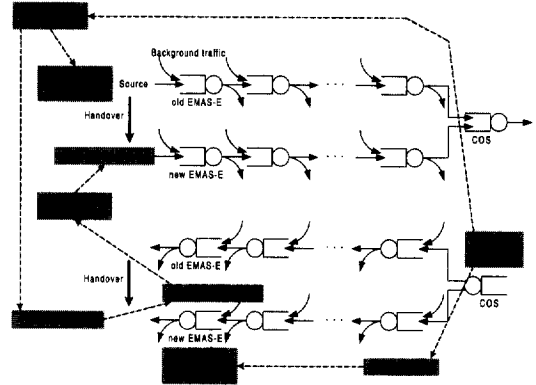


(그림 6) 시뮬레이션 망 모델

4.2 시뮬레이션 환경과 파라미터

단말의 이동성에 기반한 핸드오버기법의 성능 분석을 위한 논리적인 구조는 (그림 7)과 같은 구조이다. 이 망 구조에서, old EMAS-E와 COS 사이의 홉 수, new EMAS-E와 COS사이의 홉 수 그리고 망의 load의 변화에 따라서 이동 단말이 the old EMAS-E에서 new EMAS-E로의 핸드오버가 일어나는 시나리오이다. 핸드오버 수행시의 경로 재설정 과정은 동적 COS 탐색 기법이 적용되고 이때의 COS 선택은 기존의 경로에서 new EMAS-E로 도달 가능한 EMAS를 선택하였다. 새로운 경로를 설정하고 old EMAS-E로 경로 재설정 완료 메시지를 전송하고 COS는 이동 단말로의 cell을 새로운 경로로 스위칭 한다. HO_RELEASE 메시지를 받은 이동 단말은 상향 링크 셀 전송을 버퍼링 한다. 또한, new EMAS-E도 이동 단말로 전송되는 하향링크의 셀을 버퍼링 한다. New EMAS-E에서 버퍼링된 셀은 단말로부터 CONN_ACTIVE메시지 수신 후 각 연결(connection)에 대하여 CONN_ACTIVE 메시지를 응답 후 하향링크를 위한 셀이 이동 단말로 전송된다. 이동 단말에서 버퍼링된 상향링크 셀은 New

EMAS-E로부터 CONN_ACTIVE 메시지를 수신하면 new EMAS-E를 통하여 목적지로 전송되며, <표 1>은 일부 중요한 시뮬레이션 파라미터와 값을 나타낸다.



(그림 7) 논리적인 핸드오버 큐잉 모델

<표 1> 시뮬레이션에서 사용된 파라미터

구분	설명	값
Mobile source rate (D_R)	CBR	5 Mbps
Background traffic ()	Poisson	10~90% load
Cell service time at ATM switch	O C - 3 C payload	2.82 sec
The number of hops between the old EMAS-E and COS (N_0)	Value of 1 means that EMAS-E and COS are directly connected	1-3
The number of hops between the new EMAS-E and COS (N_N)		1-3
The number of the alternative radio port		1-3
Propagation delay between two adjacent ATM switches (T_{PRO})		5 sec
The distance between two adjacent ATM switches		1 Km
Radio link rate	Overhead ignored	25 Mbps
Signalling processing time (T_{SIG})		100 sec
Diameter of a cell		500 m
Decision time of the alternative radio port	Overhead ignored	
Processing time that require COS discovery function to be executed in switches	Overhead ignored	

본 시뮬레이션 구조에서 HO_RELEASE 메시지를 이동 단말이 받지 못하는 경우 이동 단말은 순방향 핸드

드오버를 요구할 것이다. 따라서, 망은 이동 단말이 순방향 핸드오버를 요청하기 전에 역방향 핸드오버를 신속하게 처리하여야 한다. 핸드오버 지연(Handover Latency)은 BW_HO_REQUEST 메시지를 망으로 전송한 시간부터 망으로부터 HO_RELEASE 메시지를 받을 때까지의 시간이다. 이 핸드오버 지연은 다음과 같다.

$$\text{HandoverLatency} = 2T_{\text{SIG}} + T_{\text{PRO}} + 2(N_0 + N_N)(T_{\text{SIG}} + T_{\text{PRO}})$$

링크 붕괴 기간(Link Disruption Period)는 이동 단말이 핸드오버시에 서비스 중단 시간을 나타낸다. 이것은 상향링크(Uplink)와 하향링크(Downlink)로 구분할 수 있다. 상향링크 붕괴 기간(Disruption_{UP})은 이동 단말이 HO_RELEASE 메시지 수신부터 CONN_ACTIVATE 수신할 때까지의 시간이다. 이 시간동안 이동 단말은 망으로의 전송 셀을 버퍼링 하여야 한다. 하향링크 붕괴 기간(Disruption_{DOWN})은 망이 경로 재설정 되는 시점인 SETUP 메시지 수신 시점에서 이동 단말로부터 CONN_ACTIVATE 메시지를 수신 받을 때까지이다. 하향링크 붕괴 기간 동안에 new EMAS-E는 COS로 부터의 셀을 버퍼링 하여야 한다. SETUP 메시지 이전의 셀들은 기존의 경로를 통해서 이동 단말로 전송되기 때문에 셀의 무결성이 보장된다. 각 상/하향 링크 붕괴 기간은 다음과 같다.

$$\text{DisruptionPeriod}_{\text{DOWN}} = 2T_{\text{SIG}} + 2(N_0 + 2N_N)(T_{\text{SIG}} + T_{\text{PRO}})$$

$$\text{DisruptionPeriod}_{\text{UP}} = 2T_{\text{SIG}}$$

하향링크 데이터 버퍼링 크기(BufferSize_{DOWN})와 상향링크 데이터 버퍼링 크기(BufferSize_{UP})는 다음과 같다.

$$\text{BufferSize}_{\text{DOWN}} = \text{DisruptionPeriod}_{\text{DOWN}} * \text{DataRate}(D_R)$$

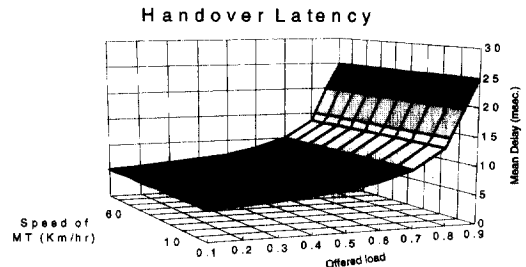
$$\text{BufferSize}_{\text{UP}} = \text{DisruptionPeriod}_{\text{UP}} * \text{DataRate}(D_R)$$

4.3 시뮬레이션 결과

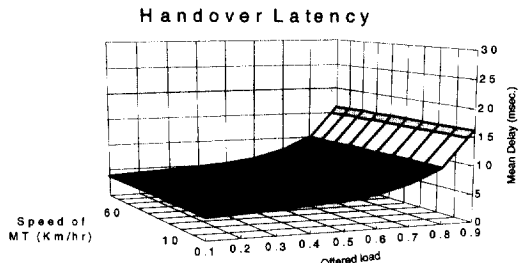
본 절에서는 시뮬레이션 수행 결과와 이에 대한 결과를 제시한다. 앞서 언급된 문제점을 위한 성능 개선 요소로 핸드오버 지연(handover latency), 핸드오버 요구시 셀 커버리지의 남은 거리(Remaining distance within the cell coverage), 핸드오버 실패율(handover blocking probability), 그리고 종단간 셀 전송 지연(End-to-end cell transfer delay) 및 링크의 점유도를 다양한 이동 단말의 이동 속도와 망의 부하에 따라 측정하였다.

4.3.1 망의 부하에 따른 핸드오버 지연

망의 부하가 핸드오버 지연 시간에 미치는 영향을 분석한다. (그림 8)과 (그림 9)는 망의 부하에 따른 평균 핸드오버 지연(mean handover latency)을 보여준다. 핸드오버 지연은 핸드오버 요구 메시지(BW_HO_REQUEST) 전송 시점부터 망으로부터 이동 단말이 핸드오버 완료 메시지(HO_RELEASE)를 받을 때까지의 시간을 나타낸다. 후보 PA의 수는 이동 단말이 단방향으로 이동한다고 할 때 가능한 PA의 수를 고려하여 3으로 고정시켰다. 망의 부하가 증가할수록 각각의 ATM 스위치의 처리량이 증가되기 때문에 핸드오버 지연은 증가하게 된다. 핸드오버 지연은 망의 처리 능력에 따라 결정되는 것이기 때문에 이동 단말의 이동 속도 상관없이 핸드오버 지연은 같은 형상을 나타낸다. 제안된 기법의 경우 핸드오버 요구 발생시 망이 자원 확인이라는 절차를 선행하기 때문에 이에 따른 수행시간의 감소로 인해 ATM-Forum에 비해 핸드오버 지연이 작다. 시뮬레이션 결과로 ATM-Forum의 핸드오버 제어 절차 보다 제안된 핸드오버 절차가 13.2~33.5%의 성능 개선을 보였다.



(그림 8) 기존 방식의 평균 핸드오버 지연



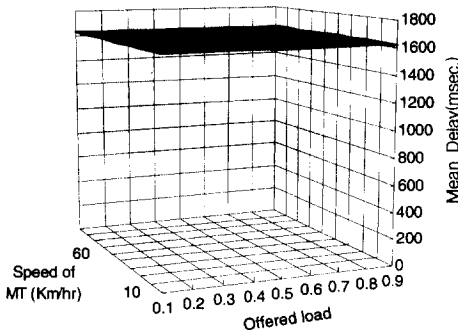
(그림 9) 제안된 방식의 평균 핸드오버 지연

4.3.2 이동 단말의 속도에 따른 서비스 셀 커버리지의 잔여 거리

잔여 거리(Remaining distance)는 핸드오버 요구 시

점에서의 현재 셀 커버리지의 잔여 거리를 나타낸다. 핸드오버 수행 없이 현재 셀 커버리지를 벗어나는 경우 현재 서비스중인 연결은 모두 단절(drop)된다. 때문에 연관된 셀의 커버리지를 벗어나기 전에 역방향 핸드오버가 수행되어야 한다. 역방향 핸드오버가 실패한 경우 현재 서비스중인 연결을 복구하기 위해 순방향 핸드오버가 수행되어야 하는 끊임없는 서비스가 가능하다. (그림 10)은 ATM-Forum의 핸드오버 요구시의 현재 셀 커버리지의 잔여 거리를 나타낸다. 기존의 핸드오버 요구는 기지국으로 부터의 신호 수준이 특정 값 이하가 되는 경우 핸드오버 요구 메시지를 망으로 전송한다. 때문에 그림에서와 같이 이동 단말의 속도와 망의 로드와 관계 없이 역방향 핸드오버가 충분히 수행될 수 있는 시간에서 핸드오버 요구를 해야 한다. 신호 수준의 변화는 이동 단말이 1mm 이동 시 신호 수준은 1씩 감소하는 것을 가정하였다. 즉, 그림의 Unit는 mm이다. 무시된 시뮬레이션 파라미터로 인하여 실제 통신 환경에서는 시뮬레이션 결과 값보다는 큰 값을 갖을 것이라 예상된다. 기존의 방식은 망의 부하와 이동 단말의 속도에 상관없이 망이 역방향 핸드오버를 수행하기에 충분한 위치에서 핸드오버를 요구하기 때문에 핸드오버 요구 후 새로운 인근 셀 커버리지로 이동하지 않는 경우(현재 셀 커버리지의 끝 부분에 존재 하는 경우)에도 핸드오버가 수행 되어진다. 이로 인해 역방향 핸드오버가 수행되어 인근의 셀로부터 서비스를 받아 한다. 즉, 현재의 위치가 기존의 셀 임에도 불구하고 인근의 셀로부터 서비스를 받게 된다.

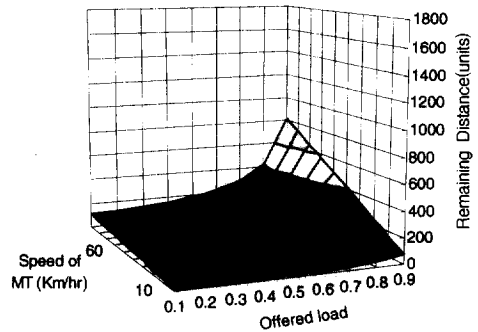
Remaining Distance within the cell coverage



(그림 10) 핸드오버 요구 시 기존 방식의 셀 커버리지 잔여 거리

(그림 11)은 제안된 방식의 결과이다. 이 결과에서 망의 부하와 이동 단말의 속도가 증가 함에 따라서 결과 값도 증가하고 있다. 망의 부하가 증가하는 경우 핸드오버 지연이 증가 되기 때문에 이를 고려하여 핸드오버 요구 시점은 빨라야 한다. 또, 이동 단말의 속도가 증가 할수록 동일 시간에 현재 셀의 커버리지를 벗어나는 속도가 빠르기 때문에 이 경우에도 핸드오버 요구 시점이 빨리 해야 한다. 제안된 방법은 단말의 이동속도와 망의 부하에 따라서 현재 셀 커버리지의 적절한 위치에서 핸드오버를 요구하는 것을 보여 주고 있다. 선택된 위치는 단말의 속도와 망의 부하를 고려한 위치이므로 이 위치에서 핸드오버 요구를 하지 않는 경우 현재 서비스의 중단을 초래한다. 제안된 방식이 ATM-Forum의 핸드오버 지연보다 작기 때문에 최대 결과 값 또한 작게 나타났다.

Remaining Distance within the cell coverage

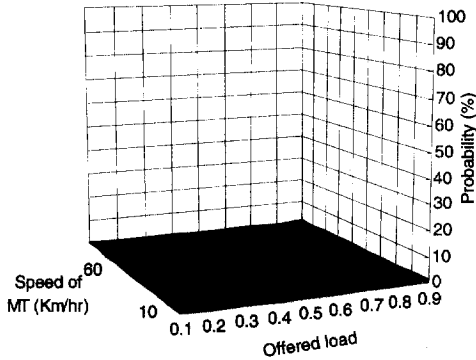


(그림 11) 핸드오버 요구 시 제안된 방식의 셀 커버리지 잔여 거리

4.3.3 링크 연결 실패 확률

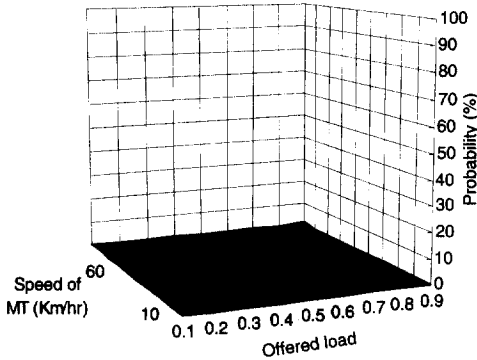
(그림 12)는 링크 연결 실패 확률(Handover Blocking Probability)을 나타내고 있다. 이것은 이동 단말이 현재의 셀 커버리지를 벗어나기 때문에 역방향 핸드오버 수행에 대한 메시지를 망으로부터 받을 수 없음을 가리킨다. 이 경우 링크 loss가 발생하여 이동 단말은 순방향 핸드오버를 망으로 요구하게 된다. (그림 12)는 ATM-Forum의 방안에 핸드오버에 충분한 신호 수준 값을 설정하여 핸드오버 요구하였을 때의 핸드오버 단절 확률 결과를 나타낸다. 역방향 핸드오버를 수행하기에 충분한 신호 수준 값을 설정하였기 때문에 0%가 나타났다.

Handover Blocking Probability



(그림 12) 역방향 핸드오버 수행에 충분한 신호 수준 값을 사용할 때 ATM-Forum의 링크 연결 실패 확률

Handover Blocking Probability



(그림 13) 제안된 방식의 링크 연결 실패 확률

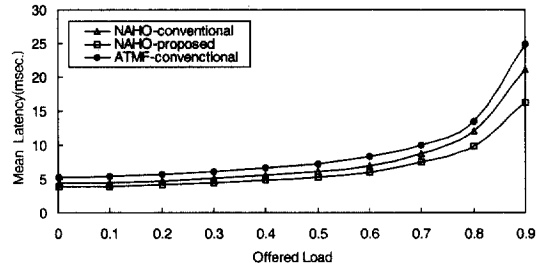
(그림 13)은 제안된 방식의 링크 연결(핸드오버) 실패 확률의 결과이다. 제안된 방식에서는 단말의 이동 속도와 망의 부하에 따라서 신호 수준 값이 가변적으로 설정되기 때문에 핸드오버 실패가 발생하지 않는다. 이것은 핸드오버 시에 발생할 수 있는 순방향 핸드오버 요구 가능성을 줄여준다. 제안된 방식을 이용하여 시뮬레이션한 결과 load가 0.9일 때 핸드오버 실패 확률은 1%의 결과를 나타냈다. 이것은 경로 재설정 예상 시간을 좀더 정확히 예측하는 경우 0%의 결과를 얻을 수 있을 것이다.

4.3.4 경로 최적화에 따른 핸드오버 지연

핸드오버 지연의 결과를 가지고 제안된 핸드오버 제

어 방식과 경로 최적화 방법의 성능 분석이 가능하다. (그림 14)에서 Dash line(circle)은 ATM-Forum의 핸드오버 제어 기법에 기존의 경로 최적화 방법을 이용하였을 때의 핸드오버 지연을 나타내며 Dot-dash line(triangle)은 제안한 핸드오버 제어 기법에 기존의 경로 최적화 방법을 이용하였을 때의 핸드오버 지연이다. 끝으로 line(rectangle)은 제안된 핸드오버 제어 기법과 제안된 경로 최적화 방법을 이용하였을 때의 핸드오버 지연을 나타낸다. 기존의 경로 최적화 방법을 사용하고 제안된 핸드오버 제어 기법을 사용하는 경우 15.1%~15.9%의 성능이 개선되었으며 같은 핸드오버 기법을 사용하고 제안된 경로 최적화 기법을 사용하는 경우 13.2~23.1%의 성능이 개선되었다. 또한, 제안된 핸드오버 제어 기법과 제안된 경로 최적화 방법을 사용하는 경우 27.1~34.8%의 성능이 개선되었다.

Difference Handover Latency

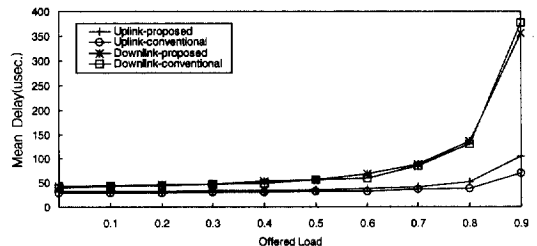


(그림 14) 경로 최적화에 따른 핸드오버 지연

4.3.5 경로 최적화에 따른 종단간 셀 전송 지연

(그림 15)는 종단간 셀 전송 지연을 나타낸다. 이 결과는 기존의 경로 최적화 기법과 제안된 경로 최적화 기법의 성능을 나타낸다. 하향링크의 경우 기존의 기법과 제안된 기법의 성능의 큰 차이를 보이지 않고 있

End-to-end Transmission Delay



(그림 15) 경로 최적화에 따른 종단간 셀 전송 지연

다. 이것은 제안된 경로 최적화 기법에서 하향링크의 경우 두 번의 COS 탐색시 new EMAS-E에서만 버퍼링이 이루어지기 때문이다. 반면에 상향링크의 경우 망의 부하가 커질수록 종단간 전송 지연이 9.3~33.2% 증가되는 현상을 보인다.

5. 결 론

본 논문에서 제안된 이동성을 가진 단말을 위한 링크 연결 기법은 old EMAS-E가 망의 부하에 대한 정보를 이동 단말에게 제공한다. 이동 단말은 망의 부하와 이동 단말의 이동성에 고려하여 가변적인 신호 수준에 따라 연결(핸드오버)을 요구하는 방식이다. 망으로부터 받은 정보를 가지고 이동 단말은 이동 단말의 이동성을 고려하여 핸드오버 요구를 old EMAS-E에게 요청하는 것이다. old EMAS-E는 이동 단말의 핸드오버 요구 시점을 예측하여 핸드오버 요구 전에 이동 단말을 위한 자원 확인 절차를 수행한다. 동시에 old EMAS가 자원 확인 절차 중에 이동 단말이 후보 타겟 라디오 포트들의 목록을 핸드오버 요구 메시지에 포함하여 전송함으로써 old EMAS가 적절한 타겟 라디오 포트를 선택할 수 있도록 한다. 때문에, 자원 확인 절차 수행 시간을 감소시킨다. 이후 old EMAS-E는 선택되어진 타겟 라디오 포트를 관리하는 new EMAS-E에게 COS와 경로 재설정을 수행하여 핸드오버 지연 시간을 줄인다. 또한, 핸드오버 수행 중에 COS 결정시 old EMAS-E와 new EMAS-E의 최근접 스위치를 선택하여 경로 재설정하여 핸드오버를 완료한다. 핸드오버 완료 후 경로 최적화를 통해 종단간 최적의 경로를 유지한다.

반면에 기존의 방식에서는 망의 부하와 이동 단말의 이동성을 고려하지 않고 고정적인 신호 수준에 의해 핸드오버를 요구한다. 핸드오버 요구 메시지를 받은 old EMAS-E는 메시지 내의 후보 라디오 포트들의 목록에 포함되어 있는 라디오 포트를 제어하는 모든 new EMAS-E들에게 이 라디오 포트들의 자원 가용성 확인 절차를 수행한다. 자원 확인 절차에 대한 결과를 가지고, old EMAS는 가장 적절한 라디오 포트를 결정하고 COS와 new EMAS-E와의 경로 최적화를 통해 경로 재설정 절차를 수행한다. 본 논문에서 제안하고

있는 이동성을 가진 단말을 위한 링크 연결 기법은 기존의 방식과 비교하여 핸드오버 지연 시간은 26.8~33.5%가 감소되고; 버퍼 점유도는 11.1~47.6% 감소하는 성능 개선 효과를 보여 주었다.

참 고 문 헌

- [1] K. Pahlavantp, "Wideband Local Access : Wireless LAN and Wireless ATM," IEEE Communication Magazine, Vol.35, pp.34-40, Nov. 1997.
- [2] S. F. Bush, "A control and Management Network for Wireless ATM System," Journal of Wireless Networks, Vol.1, No.6, Aug. 1997.
- [3] Fan Jiang and T. Kakola, "Wireless ATM : Hand-over Issues," Proc. of PIMRC '98, pp.272-277, 1998.
- [4] Bala Rajagopaln, "Draft Draft Baseline Text for Wireless ATM Capability set 1 Specification," ATM Forum BTM-WATM-01.12, Sep. 1999.
- [5] Home Page of the RACE II Project MBS(R2067), <http://www.comnets.rwth-aachen.de/project/mbs>
- [6] Manuel Disnis et al., "SAMBA : a Step to Bring MBS to the People," <http://hostria.cet.pt/samba/General/GeneralDocuments.htm>
- [7] Magic WAND, <http://www.tik.ee.ethz.ch/~wand>
- [8] MEDIAN, <http://www.imst.de/mobile/median/media.html>
- [9] AWACS, <http://www.uk.infowin.org/ACTS/ANAL/PROJECTS>
- [10] BRAN, <http://www.etsi.fr/bran>
- [11] ORL Radio ATM, <http://www.cam-orl.co.uk/radio>
- [12] Kristian Rauhala, "Draft Wireless ATM Future Capability Sets Specification," ATM Forum LTD-WATM-FCS-01.01, Jul. 1998.
- [13] J. N. Yoon, J. K. Choi, and N. H. Park, "Simple Backward Handover Signaling Procedure of Wireless ATM LAN with Mobility," Proc. of ICT'99, pp.177-181, Jun. 1999.
- [14] K. Ushiki, M. Fukazawa, "A New Handover Method for Next Generation Mobile Communication Systems," Proc. of GLOBECOM'98, pp.2560-2565,

Nov. 1998.

- [15] G. P. Pollini, "Trends in Handover Design," IEEE Communications Magazine, pp.82-90, Mar. 1996.
- [16] N. H. Park, G. H. Cho and S. H. Kim, "Rerouting Scheme based on Mobile Host's Moving Locality in Connection-Oriented Mobile Communications Network," The 4th Momuc MOMUC'97, pp.104-107, Sep. 1997.
- [17] K. I. Lee, N. H. Park and S. H. Kim, "Locality-Based Route Optimization in Mobile IP," The 4th Momuc MOMUC'97, pp.92-95, Sep. 1997.
- [18] 강충구, 조유제, 김용진, "무선 ATM 망 표준화 동향 및 요소 기술 분석", Review Telecommunications, 제7권 제4호, pp.407-432, 1997.
- [19] 김용진, 조유제, 강충구, "무선 ATM 기술 개론", 제13호, 한국전자통신연구원, 1998.
- [20] 박남훈, 김영선, 최준균, 김상하, "무선 ATM LAN 시스템에서 이동 단말에 의한 핸드오버 제어 기법", 한국정보처리학회 논문지, 제7권 제4호, pp.1236-1245, 2000.
- [21] Hyoung-Goo Jeon, Soo-Kun Kwon, and Chang-Eon Kang, "A Call Control Schemes for Soft Hand-off in CDMA Cellular Systems," IEEE International Conference on Communications, ATLANTA, Georgia, USA, pp.999-1003, 7-11 JUNE 1998.



박 남 훈

e-mail : nhpark@etri.re.kr
 1983년 전남대학교 계산통계학과 (이학사)
 1987년 중앙대학교 컴퓨터공학과 (이학석사)
 1999년 충남대학교 컴퓨터공학과 (이학박사)

1995년 정보처리기술사(P.E)
 1989년~현재 한국전자통신연구원 기술기획실 기술조사팀장(책임연구원)
 관심분야 : 유무선 통신망, 컴퓨터 네트워크, 이동 통신망, 광대역 통신망, 컴퓨터 통신, 신호 프로토콜 구조, 차세대 인터넷, 지능망/망관리



권 오 준

e-mail : ojkwon@hyomin.donggeui.ac.kr
 1986년 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1993년 충남대학교 컴퓨터공학과 (이학석사)
 1998년 포항공과대학 지능정보처리(공학박사)

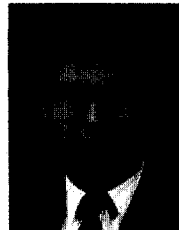
1986년~2000년 한국전자통신연구원 기술조사팀(책임연구원)
 2000년~현재 부산동의대학교 전자통계학과 재직
 관심분야 : 컴퓨터통신, 차세대 인터넷, 정보통신 서비스 및 정보 보호, 전자 교환 응용, 지능정보 처리



김 영 선

e-mail : sunkim@etri.re.kr
 1980년 고려대학교 전자공학과 (공학사)
 1982년 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
 1991년 고려대학교 전자공학과 (공학박사)

1994년~1996년 전북대학교 컴퓨터공학과 겸임교수
 1982년~현재 한국전자통신연구원 기획관리부 기술기획실 실장(책임연구원)
 관심분야 : 컴퓨터 통신, 컴퓨터 네트워크, ATM 교환기, 유무선 통신망, 차세대 인터넷, 통신망 구조, 초고속 통신망



김 상 하

e-mail : shkim@cclab.chungnam.ac.kr
 1980년 서울대학교 화학과 (이학사)
 1984년 University of Houston (이학석사)
 1989년 University of Houston (전산학 박사)

1989년 HNSX Supercomputers Inc.(자문위원)
 1992년 KIST/SERI(선임연구원)
 1992년~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 부교수(학과장) 재직
 관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 분산 시스템/알고리즘, 광대역/신호 통신망, 컴퓨터 통신, 이동 통신망, 지능망/망관리, 차세대 인터넷, 유무선 통신망