

무선 ATM 망을 위한 손실없는 멀티캐스트 핸드오프 기법

하 은 용[†]

요 약

미래의 이동 통신망은 ATM 기술을 이용한 B-ISDN 근간망에 WATM 기술을 이용해서 사용자에게 높은 대역의 연결 서비스와 QoS 서비스를 제공할 것이다. 이런 포괄적인 망에서 이동 단말기를 갖는 사용자의 이동성을 지원하면서 ATM 망의 고유 특성인 셀 순서 유지, 셀 중복 방지 등을 만족하면서 셀의 손실을 없애고 동시에 셀 버퍼링으로 인한 버퍼 오버헤드를 최소화할 수 있는 핸드오프 방법이 필요하다. 본 논문은 기존의 핸드오프 방법에 대한 분석을 토대로 멀티캐스트 연결을 이용해서 셀의 손실을 없애고 버퍼 오버헤드를 줄이는 핸드오프 방법을 제안했다. 제안한 방법은 MT가 현재 AP 영역에서 정확하게 수신한 데이터에 대해 각 멤버 AP들에게 통보하면, 멤버 AP가 MT의 핸드오프를 위해 미리 저장해 둔 버퍼 공간들을 해제해서 다른 연결들이 사용할 수 있게 하는 손실없는 핸드오프를 제공한다. 성능 평가결과 제안한 방법은 VCT, 동적 멀티캐스트 핸드오프 방법에 비해 버퍼 오버헤드 면에서 좋은 성능을 보였다.

키워드 : 손실없는 핸드오프, 멀티캐스트 핸드오프, 이동 통신, 무선 ATM

A Lossless Multicast Handoff Method for Wireless ATM Networks

Eun-Yong Ha[†]

ABSTRACT

Future mobile communication networks, which consist of ATM-based B-ISDN backbone networks and wireless ATM networks, will provide user with broadband connection and QoS service. These network systems need the lossless handoff methods which support user mobility, satisfy ATM features such as ATM cell ordering and no ATM cell duplication and minimize buffer requirement for ATM cell buffering. In this paper we suggest a multicast-based handoff method to support lossless connection as well as to minimize buffer overhead. It establishes a dynamic multicast connection between source terminal and wireless member AP (access point)s. When the mobile terminal receives data packet correctly, it notifies the positive acknowledgement of the packet to all member APs. And member APs then release the MT related temporary buffer space for MT's future movement. Therefore member APs can eliminate unnecessary buffer usage and manage the buffer space efficiently. Analysis result shows that our handoff method has better performance in buffer requirement for lossless and seamless connection services over VCT (virtual connection tree) method and other dynamic multicast-based handoff methods.

Key word : lossless handoff, multicast handoff, mobile comunication, wireless ATM

1. 서 론

다양한 이동통신서비스에 대한 사용자의 욕구 증대와 무선 기술의 발전에 따라 현재의 셀룰러 및 개인 휴대 통신은 음성위주의 서비스에서 탈피하여 고속데이터, 동영상 등의 멀티미디어 데이터를 지원할 수 있는 시스템으로 발전하고 있다. 차세대 이동통신망은, IMT-2000/FPLMTS, ATM 기술을 기반으로 광대역 유선 ATM망과 연계해서 사용자의 이동성(user mobility)을 보장하면서 동시에 고정망 서비스와 같은 정도의 연결 서비스를 제공할 수 있는 Wireless ATM망을 근간으로 구축될 것으로 예상된다. 이동 사

용자는 PDA 또는 Handheld PC 등의 이동단말기(MT : Mobile Terminal)를 사용해서 음성, 데이터, 동영상 등의 멀티미디어 데이터 통신 서비스를 받을 수 있을 것이다.

이를 위해 현재 유선에서 사용되고 있는 ATM 기술을 무선까지 확장하고 종단간(end-to-end)에 ATM cell의 연결을 지원하는 Wireless ATM(WATM) 기술에 대한 연구가 세계 각국에서 진행되고 있다. 그 일환으로 ATM Forum에서는 사실망에서의 WATM 규격 작업이 진행되고 있고, ITU-T에서는 무선에서 효율적으로 사용될 수 있는 계층적 ATM cell 구조에 대한 논의가 활발히 진행되고 있다[1].

이러한 무선 ATM 망에서 단말기의 이동성 제공에 필요한 기능을 담당하는 Mobile ATM의 주요 요소 기술로는

※ 이 논문은 1998년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음.

† 정 회 원 : 안양대학교 컴퓨터학과 교수

논문접수 : 2000년 6월 1일, 심사완료 : 2001년 2월 13일

핸드오프 제어(handoff control)과 위치 관리(location management)등이 있다. 광대역 무선 서비스를 위한 이동 ATM망에서 핸드오프 제어 기능은 서비스 중인 연결의 QoS 보장, 핸드오프로 인한 시그널링 트래픽 최소화, ATM cell 버퍼링의 최소화, ATM cell 손실과 중복 방지 및 ATM cell의 순서유지(cell ordering)와 같은 ATM망 고유의 추가적인 요구 사항을 만족해야 한다.

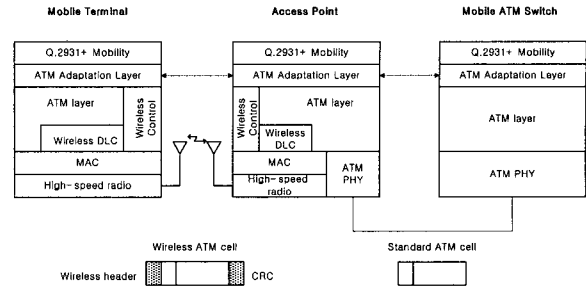
앞으로 이동 ATM망은 셀 크기가 작은 피코/마이크로셀(pico/microcell)로 구성될 것이다. 단말 이동성을 지원하기 위한 핸드오프 기능이 현재의 셀룰라 이동 통신 환경보다 훨씬 중요할 것이다. 왜냐하면, 같은 이동성을 갖는 호의 경우라도 작은 셀 환경에서는 셀간 이동으로 인한 핸드오프 처리 횟수가 상대적으로 증가해서 핸드오프 처리로 인한 망 부하가 증가한다[2]. 또한, 사용자 측면에서 핸드오프 지연(handoff delay)으로 인한 서비스 질이 저하된다. 따라서, 미래의 이동 ATM망에서는 사용자의 위치변화에 따른 연결의 단절을 최소화 하고, 이음매없는 연결서비스(seamless connection service)를 제공할 수 있는 핸드오프 방법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 무선 ATM망에서 멀티미디어 데이터 통신 서비스를 제공하는데 적합한 셀 손실이 없고, 버퍼 요구량을 최소화하고, 셀 순서를 보장하는 멀티캐스트 연결을 이용한 핸드오프 방법을 제시하고 성능을 평가할 것이다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무선 ATM 프로토콜 스택에 대해 설명한다. 3장에서는 기존 핸드오프 방법의 문제점들을 분석 설명한다. 4장에서는 본 논문에서 제안한 positive acknowledgement 핸드오프 방법의 개념과 절차에 대해 설명한다. 5장에서는 제안한 방법을 기존 방법들과 버퍼 오버헤드 측면에서 성능을 평가하고, 마지막으로 결론을 맺겠다.

2. 무선 ATM 망의 프로토콜 스택

무선 ATM이 실현되기 위해서는 기존 유선 ATM망의 프로토콜 체계 하에서 무선 접속과 이동성 지원을 위한 기능이 추가 되어야한다. 무선 ATM에서는 유무선의 전구간에 걸쳐 ATM cell이 기본 전달 단위가 된다. 무선 구간에서는 매체 접근 제어와 데이터 링크 제어에 필요한 header와 trailer가 부착되어 전달된다. 단말기의 이동성 제어를 위해 위치 관리와 핸드오프 제어 등의 기능이 구현되어야 한다. 이를 위해 기존의 Q.2931 등의 UNI (User Network Interface) 및 NNI(Network Node Interface) 시그널링에 대한 이동성 확장이 필요하다. (그림 1)은 무선 ATM망의 기본적인 프로토콜 스택의 예를 보여주고 있다. 현재 개발 중인 무선 ATM 프로토타입 들은 이와 유사한 프로토콜 스택에 따라 구현되어지고 있다[3, 4].



(그림 1) 무선 ATM 프로토콜 스택

MAC 계층은 공유 매체인 무선 채널을 공동으로 이용하기 위한 방법으로, 일정 수준의 QoS를 유지하는 ATM 트래픽 (ABR, VBR, CBR, UBR)을 제공한다. Wireless DLC 계층은 무선 채널의 에러를 줄이고, 셀 손실을 방지하여 중단간 ATM 성능을 개선시키는 기능을 수행한다. 이를 위하여 FEC(forward error correction), 전송 에러 검출 및 재전송 기법 등의 에러 제어 기법을 사용한다. 일반적으로 ATM 헤더에 대해서는 오류 정정 및 검출코드를 사용하고, 페이로드(payload)의 데이터는 오류 검출 코드만을 사용하여 오류 검출시에 재전송하도록 하고 있다. 무선 제어(wireless control)는 무선 자원의 제어 및 물리 계층, MAC, WDLC 계층을 관리한다. 또한 이동 단말기의 등록, 인증, 핸드오프와 같은 Mobile ATM 기능을 위한 무선 제어 메타 시그널링을 제공한다.

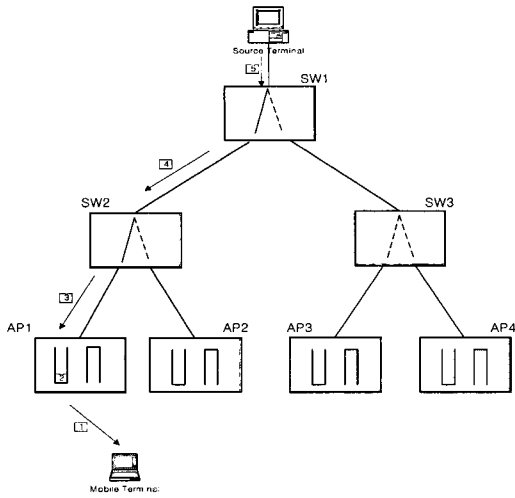
3. 기존 핸드오프 방법 분석

이동 통신망에서 핸드오프란 호(call) 진행 중에 이동 단말(mobile terminal)이 현재 기지국(base station)의 셀 경계 지역을 벗어나거나 무선 환경이 악화될 때, 현재 서비스를 제공해주는 기지국으로부터 새로운 기지국으로 물리적인 채널(유선, 무선)을 변경하여, 서비스 중인 호의 연속성을 보장해 주기 위한 연결 관리 기법 중의 일부분이다.

무선 레벨의 핸드오프는 이전의 접속점(access point)에서 새로운 접속점으로 무선 링크를 전환하는 일련의 과정을 의미한다. 망 레벨의 핸드오프는 무선레벨의 핸드오프를 지원하기 위해 ATM 셀 버퍼링 및 연결 경로를 재설정하는 일련의 과정을 의미한다.

기존의 핸드오프 방법들에 대한 분석을 하기 위해 (그림 2)와 같은 핸드오프 전의 상황을 가정한다. (그림 2)에서 MT는 현재 AP1에 있으면서, 소스 단말로부터 스위치 SW1-SW2-AP1 경로를 통해서 ATM cell을 수신하고 있다.

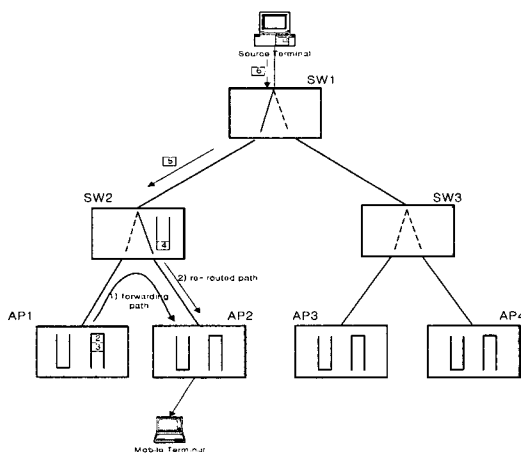
ATM cell 1은 무선 채널 상으로 MT에게 전달된 경우이고, cell 2는 AP1에 저장된 상태로 아직 MT에게 전달되지 못한 경우이고, cell 3은 ATM 스위치 SW2에서 AP1에게 전달 중인 cell이고, cell 4와 cell 5는 ATM 스위치간에 전달 중인 cell이다.



(그림 2) 핸드오프 전의 연결 상태

3.1 점대점 핸드오프

만약 (그림 3)과 같이 MT가 AP2로 이동하는 경우, 즉, AP2 영역에서 AP2를 통해 핸드오프 요구를 하는 경우, MT는 이전 AP1에 대한 정보와 자신이 정확히 수신한 최종 cell의 순차번호 정보를 AP2에게 제공할 것이다. AP2는 AP1에 저장된 cell 2와 cell 3을 전달받기 위해 AP2와 AP1 간의 SW2를 경유하는 전달경로(forwarding path)를 설정해서 cell 2와 cell 3을 전달받고, 데이터 경로를 SW2에서 AP2로 재설정해서 cell4부터는 SW2-AP2 경로로 전달되도록 핸드오프 처리를 해야한다. 이와 같이 점대점 연결을 이용하면 transit한 cell 2, 3이 중계 경로를 통해서 전달되고, 새 경로가 설정될 때까지 SW2에서 cell 4 이후의 cell들을 임시 저장돼야 하므로 ATM 스위치의 버퍼 오버헤드가 초래된다. 물론 필요한 버퍼량은 AP1과 AP2간의 중계 경로를 미리 설정해 놓느냐(forwarding PVC), 아니면 중계 요구가 있을 때 동적으로 연결을 설정하느냐(forwarding SVC)에 따라 지연 시간이 다를 수 있다. 하지만, 중계와 재설

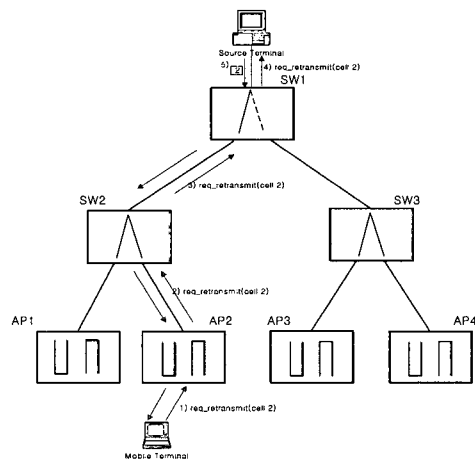


(그림 3) 점대점 핸드오프

정 지연으로 인해 ATM cell의 order를 유지하기 위해서는 SW2와 같이 내부의 ATM망에서 버퍼링을 해야하는 단점이 있다[5-7].

3.2 VCT(virtual connection tree) 핸드오프

Acampora는 점대점 연결의 핸드오프 지연을 줄이기 위해서 (그림 4)와 같이 연결 설정 초기에 현재 AP를 중심으로 MT가 이동 가능한 인접한 AP들을 VCT(virtual connection tree)로 멀티캐스트 연결 트리를 구성한다[8]. 예를 들면, (그림 4)처럼 {AP1, AP2, AP3, AP4}로 VCT를 구성하고, 소스 단말부터 각 멤버 AP까지 VCI/VPI를 미리 할당해 놓고, 이 정보를 MT에게 알린다. MT가 인접 AP로 이동하면, 새 AP의 beacon signal상의 AP id를 분별하고, 새 AP에서 자신에게 미리 할당된 VCI/VPI 연결을 이용해서 소스 단말과 데이터 전송을 재개한다. 따라서, VCT 방식은 연결을 재설정하는데 걸리는 시간 지연을 멀티캐스트 연결을 이용해서 없앴다. 하지만, 데이터 흐름 면에서 볼 때, (그림 4)에서와 같이 MT가 현재 위치한 AP에게만 데이터가 전송된다. MT가 AP2로 이동했을 때, MT는 소스 단말에게 cell 2부터 재전송 요구(req_retransmit)를 해서 ATM cell 순서를 유지한다. 결국, re-routing delay는 제거했지만 부가적으로 end-to-end delay가 과생되었다. 또, 멀티캐스트 그룹 구성이 연결 설정 초기에 결정되는 정적 방식이므로, 만약 VCT에 속해 있지 않는 AP로 MT가 이동할 경우에 새롭게 VCT를 구성해야하는 단점도 있다.

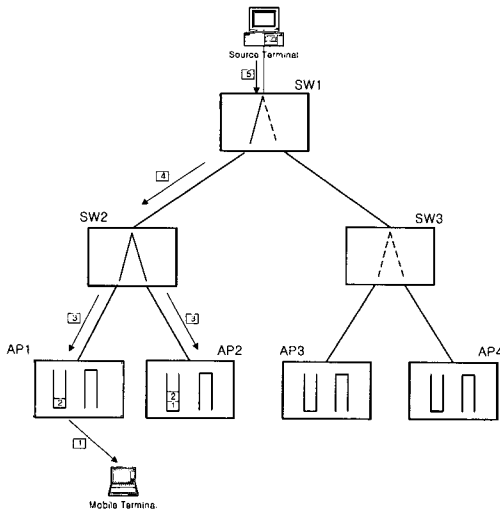


(그림 4) VCT 핸드오프

3.3 동적 멀티캐스트 연결 핸드오프

VCT방법을 보완해서 동적 멀티캐스트 핸드오프 방법은 (그림 5)와 같이 MT의 이동 방향에 인접한 AP들로 멀티캐스트 그룹에 조인/탈퇴(join/leave) 하는 방식으로 동적 멀티캐스트 그룹을 구성한다[9-11]. 예를 들면, {AP1, AP2}를 그룹으로 구성하고, 소스 단말은 모든 멤버 AP들에게

데이터를 전송한다. 각 AP는 MT의 이동을 대비해서 데이터를 저장해 두었다가 MT가 이동해서 핸드오프를 요구하면 저장해 두었던 데이터를 즉시 MT에게 전달한다. (그림 5)에서 cell 1과 cell 2는 인접 AP2에서도 저장이 되고, MT가 AP2로 이동해서 핸드오프 요구(ho_req)를 하면 저장된 cell 2번부터 전송함으로써 연속적인 연결 서비스를 제공할 수 있다. 이 방법은 re-routing delay 제거와 transit data forwarding delay가 제거되는 장점이 있다. 하지만, AP들이 MT의 이동을 대비해서 모든 데이터를 저장해 두어야 하므로 요구되는 버퍼 공간이 큰 단점이 있다.



(그림 5) 동적 멀티캐스트 핸드오프

3.4 핸드오프 시간 예측을 통한 핸드오프

핸드오프 시간 예측 방법은 다수의 AP들을 관리하는 지역 서버(region server)가 고정된 물리적 구조물에 배치 환경에 대한 신호 전파 모델을 구축한다. 시간의 흐름에 따른 MT의 위치 변동 데이터를 수집해서 MT의 이동 방향과 속도를 예측해서 예상 이동선 상의 AP들로 멀티캐스트 그룹을 구성한다. 현재 MT의 위치에서 각 멤버 AP까지의 거리를 고려한 차등 데이터 버퍼링을 적용해서 AP에서의 버퍼 요구량을 줄이는 핸드오프 방법이다[12]. 이 방법은 예측이 틀렸을 경우, VCT 방법과 같이 ATM cell의 재전송 요구를 해야하기 때문에 end-to-end delay가 발생할 수 있다.

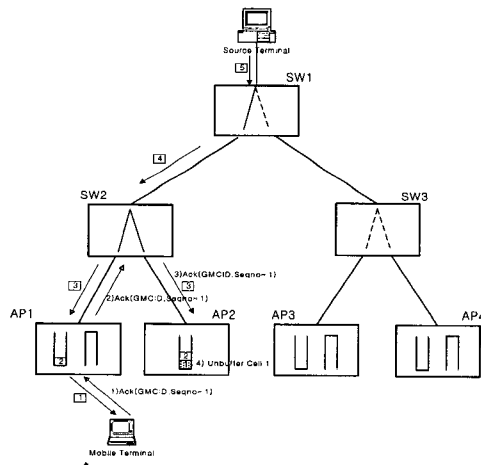
4. Positive Acknowledgement 핸드오프

핸드오프 예상 시간 예측을 통한 AP에서의 차등 버퍼링 방법은 예측이 잘못되었을 때, 점대점 핸드오프 방법처럼 중간에 전송되지 않은 패킷을 받기 위해 소스 단말기에게 재전송요구를 해야한다. 결국 연결의 중단간 지연(end-to-end delay)이 발생해서 이음매 없는(seamless) 전송 서비스

를 제공하는데 어려움이 있다.

재전송 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 MT의 현재 AP를 중심으로 해서 동적 멀티캐스트 연결을 구성한다. 소스 단말기로부터 전송된 패킷은 멀티캐스트가 필요한 경우에만 멤버 AP에게 부분 멀티캐스트 한다. MT는 수신된 패킷에 대한 positive ack를 멤버 AP들에게 전달한다. 멤버 AP는 MT가 성공적으로 수신한 패킷 번호 이전의 저장된 패킷 버퍼 공간을 해제한다. 따라서, 멀티캐스트로 인한 버퍼 공간의 소비를 줄일 수 있고, ATM cell의 전달 순서를 보장하고, cell 손실없는 연결을 제공할 수 있다.

(그림 6)과 같이 현재 MT가 AP1에 있는 경우에, 인접 AP2도 cell 1, 2를 저장한다. MT가 cell 1을 성공적으로 수신한 경우, MT가 GMCID(global multicast connection identifier)와 ATM cell의 sequence number를 RM(resource management) cell을 이용해서 cell 1에 대한 positive ack를 SW2에게 보낸다. SW2는 소스 단말과 AP2에게 ack를 전달해서 AP2가 sequence number 이전의 ATM cell에 대한 버퍼를 해제함으로써 멀티캐스트로 인한 버퍼 오버헤드를 줄일 수 있다.

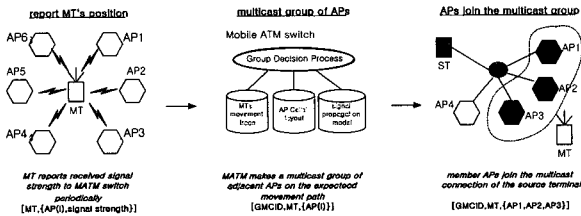


(그림 6) Positive Acknowledgement를 이용한 핸드오프

4.1 멀티캐스트 그룹 구성

멀티캐스트 그룹 구성은 MT의 이동에 따라 동적으로 MT의 현재 위치와 이동 방향을 고려해서 AP들의 배치 정보를 토대로 이동 방향선 상의 인접 AP로써 구성된다. 멀티캐스트 그룹을 동적으로 구성하기 위해 MT는 AP들이 주기적으로 보내는 beacon 신호의 세기를 측정해서 AP의 번호와 신호세기를 멀티캐스트 그룹을 관리하는 서버에게 보고한다. 서버는 이 정보를 토대로 그룹을 구성하게 된다. (그림 7)과 같은 그룹 구성 예를 들면, MT는 인접 AP1, AP2, AP3 들로부터 beacon 신호를 받고, 이를 현재 AP를 통해 그룹 관리 서버에게 보고한다. 그룹 관리 서버는 멀티캐스트 연결 번호(GMCID), MT 번호, 멤버 AP번호들로 그

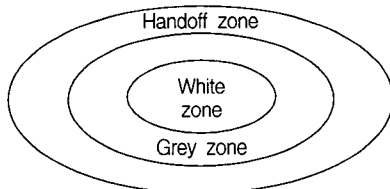
룹을 구성해서 멤버 AP들에게 가입 혹은 탈퇴하기를 명령한다. 여기서는 {MT, GMCID, {AP1,AP2,AP3}}로 그룹을 구성함을 보였다. 이 그룹은 MT의 이동에 따라 계속 변화하게 된다.



(그림 7) 멀티캐스트 그룹 구성

4.2 신호 세기에 따른 MT의 위치

(그림 8)은 AP가 관리하는 마이크로/피코셀 내에서의 MT 위치의 분류를 설명한다. 첫 번째는 MT가 현재 AP의 전파 신호를 양호하게 받을 수 있는 위치에 있는 경우(white zone), 두 번째는 현재 AP의 신호와 인접 AP의 신호를 동시에 받을 수 있는 위치로 인접 AP로 핸드오프가 일어날 가능성이 있는 위치에 있는 경우(grey zone), 세 번째로는 현재 AP의 신호보다 인접 AP의 신호의 세기가 더 양호해서 핸드오프를 해야하는 위치에 있는 경우(handoff zone)가 있다. 따라서 제안한 핸드오프 방법은 MT의 현재 상태에 따라 패킷의 전송, Positive Ack, 멀티캐스트 그룹의 재구성, 패킷 멀티캐스트 등의 절차를 수행한다.



(그림 8) MT의 위치

4.3 Positive Ack 절차

MT는 현재 AP를 통해 패킷을 전달받는다. 패킷 수신이 올바르게 됐을 때, MT는 uplink를 통해 패킷의 수신을 통보한다(ACK). 이 통보 메시지는 멀티캐스트 연결 번호, positive ack packet 순차 번호로 구성된다. 이 메시지는 down link 연결을 통해서 멤버 AP들에게 멀티캐스트된다. 각 멤버 AP들은 해당 멀티캐스트 연결과 관련해서 버퍼링한 패킷에 대해 ack된 순차번호까지의 패킷 버퍼를 해제해서 버퍼 부족으로 인한 문제 발생을 감소시킨다.

앞에서 설명했듯이 제안하는 멀티캐스트 핸드오프 방법은 MT의 위치에 따라 멤버 AP들에게 패킷의 전송을 제어하고, AP에 핸드오프를 위해 임시 저장된 패킷을 해제한다. MT의 위치에 따른 패킷 전송 제어와 버퍼 해제 제어에 대

해 설명하겠다.

4.3.1 white zone인 경우

(그림 8)과 같이 MT가 현재 AP가 관리하는 마이크로/피코셀 내에서 라디오 채널의 신호가 양호해서 패킷 송수신이 안전하게 진행될 수 있는 위치에 있다고 하자. 이 경우 소스 단말기로부터 패킷이 모든 멤버 AP들에게 멀티캐스트 전송될 필요가 없다. 즉, 패킷은 MT의 현재 AP에게만 전송된다. 다른 멤버 AP들은 MT의 핸드오프를 대비해서 미리 저장한 패킷들을 해제해서 버퍼 공간을 확보한다. MT가 white zone에 있을 때 각 부분에서의 처리는 다음과 같다.

- MT의 STOP_MULT 메시지 전송
 - if MT is in white zone of current AP cell area then
 - send STOP_MULT mesg to upper link
 - endif
- MATM 스위치에서 처리
 - if receiving STOP_MULT mesg then
 - GMCID <- extract from STOP_MULT mesg
 - send CLEAR_BUFFER mesg to down link
 - endif
- 멤버 AP의 CLEAR_BUFFER 메시지 처리
 - if receiving CLEAR_BUFFER mesg then
 - GMCID <- extract from CLEAR_BUFFER mesg
 - release buffer space for GMCID
 - endif

4.3.2 grey zone인 경우

MT가 현재 AP의 신호가 약해져서 조만간 인접 AP로의 핸드오프 발생 가능성이 있는 grey zone에 위치하는 경우에 MT는 멀티캐스트 그룹 관리 서버에게 자신의 상황을 보고해서 패킷이 인접 AP들에게 멀티캐스트 될 수 있도록 한다(RESUME_MULT). 이 메시지는 멤버 AP들에게 전달돼서 이후 MT의 GMCID를 포함하는 패킷들이 각 멤버 AP의 버퍼에 저장된다. 각 부분에서의 처리는 다음과 같다.

- MT의 RESUME_MULT 메시지 전송
 - if MT is in grey zone of current AP cell area then
 - send RESUME_MULT mesg to upper link
 - send positive ACK mesg to member APs
 - endif
- MATM 스위치에서의 처리
 - if receiving RESUME_MULT mesg then
 - GMCID <- extract from RESUME_MULT mesg
 - send START_BUFFER mesg and GMCID

```

related packets to member APs
endif

```

• 멤버 AP에서의 처리

```

if receiving START_BUFFER mesg then
    GMCID <- extract from START_BUFFER mesg
    save GMCID related packets into buffer
    space for handoff
endif

```

4.3.3 인접 AP로 핸드오프 할 경우

MT가 grey zone을 벗어나 인접 AP로의 핸드오프를 요구해야 하는 경우에 MT는 새로운 AP에게 핸드오프 요구 메시지를 보낸다(HO_REQUEST). 이 메시지는 {GMCID, LAST_SEQ_NO, HO_REQUEST code}로 구성된다. 핸드오프 요구를 수신한 새로운 AP는 이미 MT를 위해 수신 저장한 패킷 중에서 마지막 순차 번호 이후의 패킷들을 MT에게 전송한다. 또한 MT의 위치를 멀티캐스트 그룹 관리 서버에게 통보함으로써 핸드오프 처리를 완료한다. 이렇게 함으로써 기존의 연결 확장 방법에서의 패킷 데이터를 중계하는 부담을 제거했다. VCT 방법의 문제인 소스 호스트가 정상적으로 수신한 마지막 순차 번호 이후의 패킷부터 재전송하는데 소요되는 중단간 지연을 없애서 연속적인 데이터 흐름을 보장할 수 있게 되었다. 각 부분에서의 처리는 다음과 같다.

• MT의 새 AP에게 핸드오프 요구 메시지 전송

```

if MT move into new AP area then
    send HO_REQUEST{MTID, GMCID, LAST_SEQ_NO } mesg to new AP
endif
receive packets with greater than LAST_SEQ_NO
sequence number

```

• new AP의 핸드오프 요구 처리

```

if receiving HO_REQUEST from MT then
    LAST_SEQ_NO <- extract from HO_REQUEST mesg
    send saved packets with after LAST_SEQ_NO to MT
    notify Multicast Group Manager of MT's handoff
endif

```

• Multicast Group Manager의 핸드오프 처리

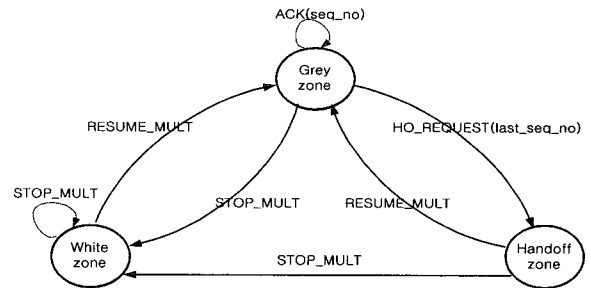
```

if receiving MT's handoff notification then
    update MT's multicast connection
    notify to all member APs

```

```
endif
```

이상에서 설명한 핸드오프 절차에 대해 MT의 상태 전이도는 (그림 9)와 같다.



(그림 9) MT의 상태 전이도

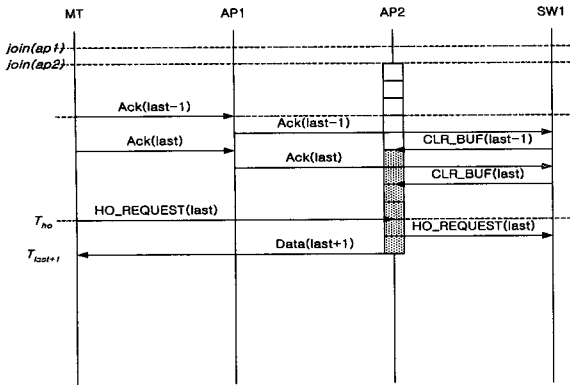
5. 성능 평가

본 절에서는 제안한 positive ack를 이용한 멀티캐스트 핸드오프 방법에 대해 소스 단말에서 MT 방향으로의 데이터 흐름도를 통해서 핸드오프로 인한 중간 노드에서의 버퍼 오버헤드를 분석하겠다.

5.1 제안한 방법

(그림 10)은 제안한 방법의 핸드오프 처리 절차를 나타낸다. MT는 이전 AP1에서 하방향의 데이터를 정확히 수신하면 AP1을 통해 상방향으로 Ack(seq_no) 메시지를 보낸다. 이 메시지는 중간 교차 스위치(SW1)에서 핸드오프를 위해 저장한 데이터 중에서 seq_no 이하의 번호를 갖는 데이터를 해제하도록 멤버 AP2에게 CLEAR_BUFFER(seq_no) 메시지를 전달한다. 이 과정은 MT가 AP1에서 데이터를 정확히 수신하는 동안에 계속된다. MT가 AP1의 영역을 벗어나서 인접 AP2 영역으로 진입했을 때, MT는 라디오 링크를 설립하고 AP2에게 핸드오프 요구(HO_REQUEST)를 한다. 이때 HO_REQUEST에는 MT가 수신한 마지막 순차 번호(last)가 포함된다. AP2는 MT의 핸드오프를 위해 멀티캐스트 연결을 통해 이미 last+1 번의 데이터들을 저장했기 때문에 바로 last+1 번부터 데이터를 MT에게 전달한다. 그리고, 상방향으로 MT가 AP2로 핸드오프 했음을 멀티캐스트 그룹 관리자에게 알린다. 이 처리과정에서 AP2의 버퍼 오버헤드는 하방향으로 버퍼링 지연 시간 동안에 현재 호(call)의 대역폭을 곱한 값으로 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{버퍼링 지연 시간} &= \text{라디오 링크 설립 시간} \\
 &+ \text{HO_REQUEST 메시지 전송시간} \\
 &+ \text{HO_REQUEST 메시지 처리시간} \\
 &+ (\text{last}+1) \text{ 번째 데이터 전송시간} \\
 \text{버퍼 오버헤드} &= \text{호의 대역폭} * \text{버퍼링 지연 시간} \quad (1)
 \end{aligned}$$

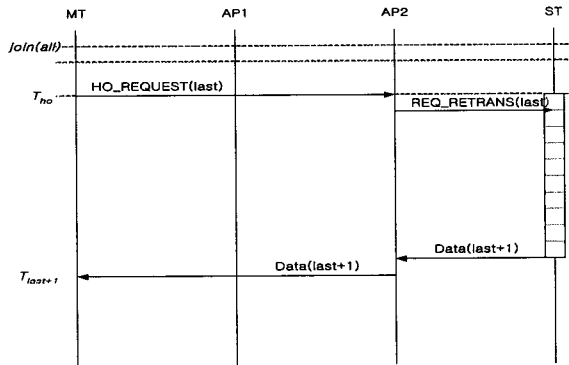


(그림 10) positive ack 핸드오프 절차

5.2 VCT 방법

(그림 11)은 VCT 방법의 핸드오프 처리 절차를 나타낸다. MT가 AP1의 영역을 벗어나서 인접 AP2 영역으로 진입했을 때, MT는 라디오 링크를 설립하고 AP2에게 핸드오프 요구(HO_REQUEST)를 한다. 이때 HO_REQUEST에는 MT가 수신한 마지막 순차 번호(last)가 포함된다. AP2는 멀티캐스트 그룹 관리자에게 MT의 이동을 알린다. 그리고 AP2는 소스 단말(ST)에게 last 이후의 데이터 재전송을 요구 메시지 REQ_RETRANS(last)를 보낸다. ST는 last 이후의 순차 번호를 갖는 데이터를 재전송한다(Data(last+1)). 이 처리과정에서 ST의 버퍼 오버헤드는 재전송 요구가 도착하기까지의 종단간 지연시간에 현재 호(call)의 대역폭을 곱한 값으로 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{버퍼링 지연 시간} &= \text{라디오 링크 설립 시간} \\ &+ \text{HO_REQUEST 메시지 전송시간} \\ &+ \text{HO_REQUEST 메시지 처리시간} \\ &+ \text{REQ_RETRANS 메시지 전송시간} \\ &+ \text{REQ_RETRANS 메시지 처리시간} \\ &+ (\text{last}+1) \text{ 번째 데이터 전송시간} \\ \text{버퍼 오버헤드} &= \text{호의 대역폭} * \text{버퍼링 지연 시간} \quad (2) \end{aligned}$$

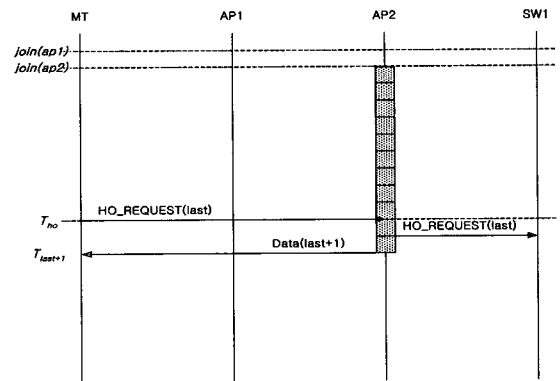


(그림 11) VCT 핸드오프 절차

5.3 동적 멀티캐스트 방법

(그림 12)는 동적 멀티캐스트 방법의 핸드오프 처리 절차를 나타낸다. MT가 AP1 영역에 있을 때, 동적 멀티캐스트 연결이 (그림 12)와 같이 AP2가 멤버로 구성되었을 때 시간을 join(ap2)라 하자. AP2는 MT의 핸드오프를 위해 이 시간 이후의 데이터를 저장해둔다. MT가 AP1을 벗어나서 인접 AP2 영역으로 진입했을 때, MT는 라디오 링크를 설립하고 AP2에게 핸드오프 요구(HO_REQUEST)를 한다. 이때 HO_REQUEST에는 MT가 수신한 마지막 순차 번호(last)가 포함된다. AP2는 멀티캐스트 그룹 관리자에게 MT의 이동을 알리고, AP2에 이미 저장된 last+1 번부터 데이터를 MT에게 전송한다. 이 처리과정에서 AP2의 버퍼 오버헤드는 멀티캐스트에 조인한 시간부터 MT가 핸드오프 요구한 시간에 호(call)의 대역폭을 곱한 값으로 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{버퍼 유지 시간} &= (\text{HO_REQUEST 발생 시간} - \text{멤버에 조인한 시간}) \\ &+ \text{라디오 링크 설립 시간} \\ &+ \text{HO_REQUEST 메시지 전송시간} \\ &+ \text{HO_REQUEST 메시지 처리시간} \\ &+ (\text{last}+1) \text{ 번째 데이터 전송시간} \\ \text{버퍼 오버헤드} &= \text{호의 대역폭} * \text{버퍼 유지 시간} \quad (3) \end{aligned}$$



(그림 12) 동적 멀티캐스트 핸드오프 절차

5.4 성능 비교 예

앞에서 살펴본 세 가지 방법들의 성능을 비교 분석하기 위해서 망 관련 인자들과 연결 관련 인자들을 다음과 같이 정한다.

- Bfx : 고정망(ATM 백본망)의 전송 속도(1Gbps)
- Bwl : 무선 채널의 전송 속도(2Mbps)
- BW : 현재 호(call)의 대역폭(64kbps)
- Sctrl : 제어 메시지의 크기(53bytes = 1cell)
- Sdata : 데이터의 최대크기(8192bytes)
- Tproc : AP 또는 중간 스위치에서 제어메시지 처리 시간(3ms)

- Twl : 무선 채널 설정 시간(20ms)
- Rap : AP 셀 반경(50m)
- Vmt : MT의 이동 속도(5m/sec)
- Dcall : 평균 호 지속 시간(300sec)
- Dmt : 평균 MT의 AP에서 체류 시간(10sec)
- HOP : 노드간 홉 수
- Tjoin : AP2가 멀티캐스트 연결에 조인한 시간부터 핸드오프 요구 전까지 시간

각각의 방법에 대한 핸드오프 지연과 버퍼 오버헤드를 구하면 다음과 같다.

• positive 핸드오프 방법

- 지연시간(Tdelay) = $Twl + Sctrl/Bwl + Tproc + Sdata/Bwl$
 $= 20ms + 53 * 8 / 2000 + 3ms + 8192 * 8 / 2000$
 $= 55.212 \text{ ms}$
- 버퍼 오버헤드 = $Tdelay * Bw$
 $= 55.212ms * 64kbps = 3533bits$
 $= 441.696 \text{ bytes} = 8.33 \text{ cells}$

• VCT 핸드오프 방법

- 지연시간(Tdelay) = $Twl + Sctrl/Bwl + Tproc$
 $+ (Sctrl/Bfx + Tproc) * HOP$
 $+ (Sdata/Bfx + Tproc) * HOP$
 $+ Sdata/Bwl$
 $= 20ms + 53 * 8 / 2000 + 3ms$
 $+ (53 * 8 / 10 * 6 + 3ms) * HOP$
 $+ (8192 * 8 / 10 * 6 + 3ms) * HOP$
 $+ 8192 * 8 / 2000$
 $= 55.98ms + (3.000424 + 3.0655) * HOP$

예를 들면, SW1-ST의 경로의 홉수가 2인 경우에는

- 버퍼 오버헤드 = $Tdelay * Bw$
 $= (55.98ms + 12.1318ms) * 64kbps = 4359bits$
 $= 544.89bytes$
 $= 10.281cells$

• 동적 멀티캐스트 핸드오프 방법

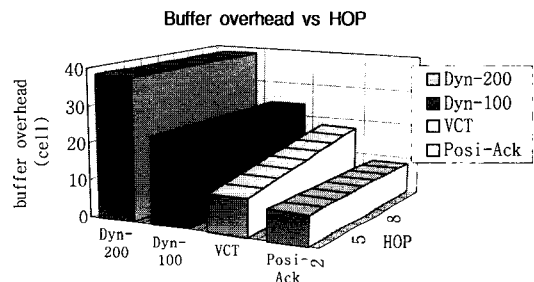
이 방법은 MT가 현재 AP1에 체류하는 시간 동안 다음 AP2를 멀티캐스트 연결에 조인시키는 시간에 따라 지연시간의 변동이 있다.

- 지연 시간(Tdelay) = $Twl + (Sctrl/Bwl) + Tproc + (Sdata/Bwl)$
 $+ Tjoin$
 $= 20ms + 53 * 8 / 2000 + 3ms + 8192 * 8 / 2000$
 $+ Tjoin$
 $= 55.212ms + Tjoin$

예를 들면 100 ms 전에 조인을 한 경우의 지연 시간은 155.212ms이므로

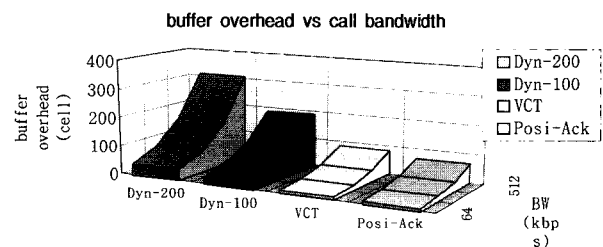
- 버퍼 오버헤드 = $155.212ms * 64kbps = 9934bits$
 $= 1241.696bytes = 23.428cells$

(그림 13)은 HOP 수와 Tjoin시간의 변화에 따른 각 방법의 버퍼 오버헤드에 대한 결과 그래프이다. 그래프에서 보듯이 제안한 positive ack 방법은 HOP 수와 Tjoin 값의 변화도 일정한 버퍼 오버헤드를 보이므로 예비 가능한 시스템을 설계하는데 장점이 있다. VCT 방법은 중계 경로를 통한 중계 지연이 HOP 수가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보인다. 결국 VCT 방법은 AP2-ST간의 경로의 HOP 수를 최소한으로 줄여서 멀티캐스트 VCT 연결을 구성하는 것이 버퍼 오버헤드를 줄이는 데 중요한 영향을 미친다. 동적 멀티캐스트 방법은 Tjoin시간이 핸드오프 바로 직전에 이루어지는 것이 최적의 버퍼 오버헤드를 제공하고, Tjoin이 길수록 버퍼 오버헤드가 증가하는 경향이 있다. Dyn-100은 Tjoin 값이 100ms인 경우이고, Dyn-200은 Tjoin 값이 200ms인 경우이다. 이 방법의 low bound는 positive ack 방법이다. 제안한 positive ack 방법은 VCT 방법에 비해 약 53%에서 19% 정도 버퍼 오버헤드 감소를 보이고 있다. dyn-100, dyn-200 방법에 비하면 약 80%에서 65% 정도의 버퍼 오버헤드 감소를 보이고 있다.



(그림 13) HOP 변화에 따른 버퍼 오버헤드

(그림 14)는 MT의 call 대역폭을 64 kbps, 128 kbps, 256 kbps, 512 kbps로 변화시키고, HOP 수는 2로 고정시키고 각 방법의 버퍼 오버헤드에 대한 결과 그래프이다. 그래프에서 보듯이 제안한 방법이 다른 방법에 비해서 좋은 성능을 보이고 있음을 알 수 있다. 호의 대역폭이 증가하면 필요한 버퍼 오버헤드도 역시 직선적으로 증가함을 보이고 있다. positive ack 방법은 VCT 방법에 비해 약 19% 정도의 버퍼 오버헤드 감소가 있고, Dyn-100, dyn-200에 비하면 약 80%에서 65%의 버퍼 오버헤드 감소를 얻을 수 있을 정도로 좋은 성능을 보인다.



(그림 14) call bandwidth 변동에 따른 버퍼 오버헤드

6. 결 론

미래의 이동 통신망은 ATM 기술을 이용한 B-ISDN 근간망에 WATM 기술을 이용해서 사용자에게 높은 대역의 연결 서비스와 QoS 서비스를 제공할 것이다. 이런 포괄적인 망에서 이동 단말기를 갖는 사용자의 이동성을 지원하면서 ATM 망의 고유 특성인 셀 순서 유지, 셀 중복 방지를 만족하면서 셀의 손실을 없애고 동시에 셀 버퍼링으로 인한 버퍼 오버헤드를 최소화할 수 있는 핸드오프 방법이 필요하다. 본 논문은 기존의 핸드오프 방법에 대한 분석을 토대로 멀티캐스트 연결을 이용해서 셀의 손실을 없애고 버퍼 오버헤드를 줄이는 핸드오프 방법을 제안했다. 제안한 방법은 MT가 현재 AP 영역에서 정확하게 수신한 데이터에 대해 각 멤버 AP들에게 통보함으로써 멤버 AP가 MT의 핸드오프를 위해 미리 저장해 둔 버퍼 공간들을 해제해서 다른 연결들이 사용할 수 있게 하는 손실없는 핸드오프를 제공한다. 버퍼 오버헤드 측면에서 성능 평가결과 제안한 방법은 VCT, 동적 멀티캐스트 핸드오프 방법에 비해 멀티캐스트 연결의 구성에 따라 약 19%에서 80% 정도의 성능 향상을 보였다.

향후 데이터 애플리케이션 방법들에 따른 제안한 방법에 대한 성능 평가와 버퍼 오버헤드의 감소가 새로운 호 또는 핸드오프 호의 블록킹에 어떤 영향을 주는지 분석할 것이다. 또한 둘 이상의 여러 사용자 단말이 연결되는 그룹 이동 통신에서의 제안한 방법을 적용하는 것을 연구할 것이다.

참 고 문 헌

[1] ATM Forum, Baseline Text of WATM WG, BTD-WATM-01.07, April 1998.
 [2] S. Nanda, Teletraffic Models for Urban and Suburban Microcells : Cell sizes and handoff rates, IEEE Transaction on Vehicular Technology, November 1993.
 [3] ATM Forum, ATM User-Network-Interface(UNI) Signaling Specification Version 4.0, af-sig-0061.000, July 1996.
 [4] ATM Forum, ATM Private Network-Network-Interface Specification Version 1.0(PNNI 1.0), af-pnni-0055.000, March 1996.

[5] G. P. Pollini and K. S. Meier-Hellstern, Efficient Routing of Information Between Interconnected Cellular Mobile Switching Centers, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.3, No.6, pp.765-774, December 1995.
 [6] K. Keeton, B. A. Mah, S. Sehan, R. H. Karz, and D. Ferrari, Providing Connection-oriented Network Services to Mobile Hosts, Proceedings of the USENIX Symposium, August 1993.
 [7] I. F. Akyildiz, J. S. M. Ho, and M. Ulema, Performance Analysis of the Anchor Radio System Handover Method for Personal Access Communications System, Proceedings of IEEE INFOCOM96, pp.1397-1404, 1996.
 [8] A. S. Acampora and M. Naghshineh, An Architecture and Methodology for Mobile-Executed Handoff in Cellular ATM Networks, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.12, No.8, pp.1365-1375, October 1994.
 [9] R. Ghai and S. Singh, An Architecture and Communication Protocol for Picocellular Networks, IEEE Personal Communications, pp.36-46, Third Quarter, 1994.
 [10] C. W. Sung and W. S. Wong, User Speed Estimation and Dynamic Channel Allocation in Hierarchical Cellular System, Proceedings of IEEE VTC94, pp.91-95, 1994.
 [11] M. D. Austin and G. L. Stuber, Direction Biased Handoff Algorithms for Urban Microcells, Proceedings of IEEE VTC94, pp.101-105, 1994.
 [12] Eun-Yong Ha, A Multicast-based Handoff Method for Picocellular Networks, Ph.D. Thesis, 1997, Seoul National University.



하 은 용

E-mail : eyha@aycc.anyang.ac.kr

1986년 서울대학교 컴퓨터공학과(공학사)

1988년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과
(공학석사)

1997년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과
(공학박사)

1997년~현재 안양대학교 컴퓨터학과 조교수
 관심분야 : Internet protocols, 고속 통신 프로토콜, 이동통신망, 무선 ATM망