

이동 컴퓨팅 환경에서의 예측 가입 기법을 이용한 효율적인 멀티캐스팅

(An Effective Multicasting using Pre-join Technique in
Mobile Computing Environments)

류 기 선[†] 김 중 배^{**} 엄 영 익^{***}

(Ki-seon Ryu) (Joong-Bae Kim) (Young Ik Eom)

요 약 이동 컴퓨팅 기술에 멀티캐스팅 기법을 적용하게 되는 경우, 고정 네트워크에서 멀티캐스트 수행 시 발생하지 않는 여러 문제점들이 발생하게 되는데, 그 중 하나로 이동 호스트가 새로운 셀로 진입할 때 해당 셀에 같은 멀티캐스트 그룹의 멤버가 존재하지 않는다면 호스트가 멀티캐스트 그룹에 새로 가입할 때 발생하는 참가 지연(join delay)과 접합 지연(graft delay)을 추가적으로 겪게 된다. 뿐만 아니라, 낮은 대역폭과 에러율이 높은 전송 매체의 특성으로 인한 잦은 수신 확인과 패킷 재전송은 많은 부가 트래픽을 발생시킨다. 본 논문에서는 이동 지원국의 신호세기에 따라 이동 호스트가 이동하게 될 셀의 이동 지원국이 미리 멀티캐스트 그룹에 가입하는 예측 가입 기법과 송신자와 이동 지원국, 이동 지원국과 이동 호스트 사이의 수신 확인을 별개로 수행하는 다단계 수신 확인 전략을 제안한다. 이 기법은 주변에 멀티캐스트 그룹의 멤버가 존재하지 않는 셀이 많아지고 이동 호스트의 이동성이 적을수록 좋은 효율을 보인다.

Abstract Applied with multicast transmission techniques in mobile computing environments, a mobile host will experience join and graft delay, happened when a host wants to join a multicast group in the fixed network, if there are no same multicast group member in the new cell the mobile host enters. Due to low bandwidth and higher error rate, there happens many additional traffic. In this paper, we propose a pre-join technique which new mobile support station joins the multicast group in advance based on signal strength hint in the current cell. We use the multiple level acknowledgement strategy that executes acknowledgment separately between the fixed part and the wireless transmission path. Using our strategy, it is an efficient technique in case there are more cells that has no multicast group members and less mobile host movements.

1. 서 론

PDA와 랩탑과 같은 휴대용 컴퓨터의 등장과 무선 네트워크 기술의 급속한 발전은 무선 컴퓨팅 환경의 등장을 가져왔다. 이러한 무선 컴퓨팅 환경에 사용자의 이동시에도 지속적인 네트워크 연결을 제공해 주는 시스

템을 이동 컴퓨팅 시스템(mobile computing system)이라고 한다[1].

이동 컴퓨팅 시스템에서 위치에 관계없이 지속적인 네트워킹 연결을 갖는 호스트를 이동 호스트(MH : Mobile Host)라 하며, 이 이동 호스트의 지속적인 연결을 관리하는 정적인 호스트를 이동 지원국(MSS : Mobile Support Station)이라 한다. 또한, MSS가 관할할 수 있는 무선 네트워크 영역을 셀(cell)이라 하며, MH가 셀들을 옮겨감에 따라 이 MH들을 관리하는 MSS가 바뀌게 된다. 이 과정에서 MH가 새로운 셀로 등록하는 경우 또는 어떤 MSS도 관할하지 않는 영역에 속하게 되는 경우에 지연을 겪게 되는데 이를 핸드오프(handoff)라 한다. 이러한 MH의 동적인 특성은 기

[†] 학생회원 : 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부
ksryu@ece.skku.ac.kr

^{**} 비회원 : 한국전자통신연구원 전자상거래연구부 연구원
jjkim@etri.re.kr

^{***} 종신회원 : 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부 교수
yicom@ece.skku.ac.kr

논문접수 : 1999년 2월 5일

심사완료 : 1999년 11월 2일

존 컴퓨팅 환경에 많은 변화를 가져오게 되었는데, 예를 들어, 기존의 패킷 라우팅은 호스트가 이동하지 않는다는 가정 하에서 설계되었기 때문에, 주소체계, 라우팅 기법 등의 재설계가 요구된다. 또한, 분산 데이터 관리 측면에서 좀 더 효율적인 서비스 시간의 개선을 위해 분산 화일 시스템의 개선이 뒷받침 될 필요가 있으며, 다른 셀로 이동한 MH의 위치를 파악하기 위한 위치 관리(location management) 기법 등도 요구된다.

이러한 이동 컴퓨팅 환경 하에서 발생하는 문제들의 근본적인 원인은 크게 두 가지 정도로 나누어 볼 수 있는데, 그것이 바로 낮은 대역폭과 부족한 전력이라고 할 수 있다. 그 중 낮은 대역폭과 높은 전송 에러율은 패킷의 잦은 분실을 가져오고, 이 패킷들의 전송 확인을 위한 수신 확인 패킷은 또 다른 대역폭과 배터리의 소비뿐만 아니라 시간상의 지연을 야기 시킨다.

데이터를 메모리 복사를 통해 지정된 참가자들에게 한번에 전달하는 것을 멀티캐스트라 한다[2][3]. 멀티캐스트를 이동 컴퓨팅 환경에 적용할 경우 특정 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 통해 각 MSS에 전달 된 패킷은 MSS에서 메모리 복사되어 IGMP[2][3] 등의 내부 멀티캐스트 프로토콜에 의해 최종적으로 MH에 전달이 된다. 이 때, 잦은 패킷의 분실에 대비하기 위해 수신확인 과정을 거치게 되는데, 매번 이 과정을 송신자와 수행한다면 수신 확인 폭주 문제를 야기하게 될 것이다. 또한, MH의 핸드오프 시 새로운 셀에 같은 멀티캐스트 그룹에 속한 MH가 존재하지 않을 때 그룹에 참가하고 MSS를 멀티캐스트 패킷 전달 경로에 포함시키는 데 있어서 많은 지연을 겪게될 것이다[3].

본 논문에서는 이동 컴퓨팅 환경 하에서 멀티캐스트 메시지를 전송할 때 MH의 이동성으로 인해 발생하는 지연을 최소화하기 위해 MH가 이동 할 지역을 예측하거나 예측할 수 없을 시 MH가 자주 이동하는 지역의 MSS가 미리 멀티캐스트 그룹에 가입하고 미리 데이터들을 저장해 두는 기법을 소개할 것이다. 또한, 수신 확인 절차를 I-TCP[4][5]에서와 같이 송신자와 MSS, MSS와 MH 구간으로 나누어 수행함으로써 간소화시킬 것이다. 이를 위해, 2절에서는 기존 제안 기법들을 살펴보고, 3절에서는 시스템 모델을 정의하며 각 구성 요소에 미치는 영향에 대해 살펴 볼 것이다. 4절에서는 3절에서 정의한 시스템 모델에서의 자료 구조를 정의하고 각 구성 요소간의 메시지 교환에 의해 수행되는 알고리즘을 제안할 것이다. 5절에서는 이 기법을 예측 참가(pre-join)를 하지 않는 경우와 비교 분석하는 시뮬레이션 결과를 보일 것이며, 6절에서는 결과 분석 및 결론을

기술한다.

2. 기존 제안 기법

Rutgers 대학의 Acharya와 Badrinath는 1994년에 이동 컴퓨팅 환경에서의 멀티캐스트 메시지 전송을 위한 프레임워크를 설계하고 이에 대한 알고리즘 적용 예를 제시하였다[6]. 이 모델의 주요특징은 모든 수신자, 즉, 이동 호스트들이 멀티캐스트 송신자에게 매번 수신 확인을 함으로써 발생하는 수신확인 폭주를 제거하기 위해 MSS가 자신이 관리하고 있는 MH들로부터 모두 수신확인을 받은 경우에 대리적으로 송신자에게 수신 확인을 해 주는데 있다. 또한, 이동 컴퓨팅 환경에서의 멀티캐스트에서는 그림 1과 같은 경우 패킷 손실이나 중복 전송이 발생할 수 있는데, h1이 MSS3의 관할 하에서 MSS1의 셀로 이동하는 경우 메시지 M을 받을 수 없게 되고, h2와 같은 경우는 중복 수신을 하게된다. 이 기법에서는 이와 같은 패킷 손실이나 중복 전송을 방지하기 위한 최소 1회 메시지 전송(at-least-once message delivery) 기법과 최대 1회 메시지 전송(at-most-once message delivery)기법을 통해 정확한 한번만 메시지를 전송(exactly-once message delivery)하는 결과를 얻어내고 있다. 여기서는 구체적인 알고리즘은 생략하기로 한다.

이 기법의 가장 큰 장점으로는 MSS가 모든 MH로부터 수신확인을 받을 때까지 MH가 필요로 하는 데이터를 삭제하지 않으므로, 이전의 MSS나 송신자로부터 데이터를 재전송 받는 추가 지연을 겪지 않는다는 점을 들 수 있다. 하지만, 만일 이 멀티캐스트 그룹에 PIM[2]의 회귀 모드(sparse mode)에서와 같이 멀티캐스트 멤버가 광범위하게 산재해 있다면, 그룹에 속한 MH가 없는, 즉, 수신자가 없는 셀이 많이 나타날 것이며, 특별히 그룹 탈퇴 기법을 제공하고 있지 않으므로 그러한 셀들의 수는 점차 더 늘어날 것이다. 이러한 셀 모두에게 데이터를 전송하게 된다면 불필요한 많은 고정 네트워크 트래픽을 유발하여 전체 네트워크에 피해를 주게 될 것이고, 또한, 모든 MH들에게 수신 확인을 받아야만 버퍼에서 메시지를 삭제하게 되므로 메모리 자원의 낭비를 초래하게 된다. 본 논문에서는 지연을 겪는 패킷의 수를 줄이면서도 고정 네트워크에 가능한 한 적은 트래픽을 발생시키고, 버퍼 관리의 효율성을 가져올 수 있는 기법을 제공한다.

Illinois 대학의 BTLA[7]는 이동성이 많은 지역에서는 기존의 CBT[2][3]나 PIM-SM[2]과 같이 백본 트리를 형성하고, 이동성이 적은 지역에서는 이 기본 트리

의 링크를 따로 확장해 비교적 최적화된 경로를 제공하여 핸드오프 지연과 그룹 참가에 대한 지연을 축소시키는 기법을 제공하고 있지만, 위에서 지적한 패킷 분실이나 중복에 대한 고려는 포함하고 있지 않다.

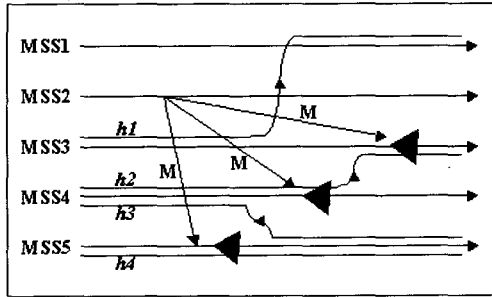


그림 1 패킷의 분실과 중복 전송

이외에도 MSM-IP[8]나 DCM[9]에서는 기존의 Mobile-IP 네트워크나 현재 활발히 연구되고 있는 Cellular IP 네트워크에서 멀티캐스팅을 이용하여 핸드오프 지연을 줄이기 위한 노력이 행해지고 있으며, 기존의 DVMRP[2][3] 멀티캐스트 환경을 이동 컴퓨팅 환경에 적용시키기 위한 연구도 진행되어 왔다[10].

3. 시스템 모델

본 논문에서 고려되는 이동 컴퓨팅 환경의 모델은 그림 2에서와 같이 크게 고정 연결 네트워크와 무선 연결 네트워크로 나눌 수 있다. 1절에서 지적한대로, MH는 고정 네트워크와의 연결을 계속 유지하면서 자유롭게 이동할 수 있는 호스트를 의미한다. 이 MH들에게 데이터를 전달하기 위해서는 전송 패킷의 주소를 변환해 줄 필요가 있게 되는데, 이 역할을 하게 되는 것이 외부 에이전트(FA : Foreign Agent)이며, 표준 IETF 모델에서는 MSS가 그 역할을 담당하고 있다.

하지만, 본 논문에서 언급하는 멀티캐스팅 기법의 경우 같은 세션의 호스트들은 모두 동일한 멀티캐스트 주소를 사용하므로 MSS는 단지 MH들의 멀티캐스트 가입 및 탈퇴 관리의 역할만을 담당하게 된다. 각각의 MSS들은 MH를 제외한 모델의 다른 네트워크 부분과 모두 고정선으로 연결되어 있고, 이 고정된 네트워크 부분은 고정 네트워크 무리를 형성한다. MH는 항상 이 고정 네트워크 부분의 단말에 위치하여 라우팅의 기능을 담당하지 않으며, MH들간의 통신은 이루어지지 않는다고 가정한다. 일반적으로 무선 환경에서의 패킷 전송이 유선 환경에서보다 더 많은 지연을 겪게 되므로,

이 시스템 모델 하에서는 무선 환경에 대한 더 많은 고려를 필요로 한다.

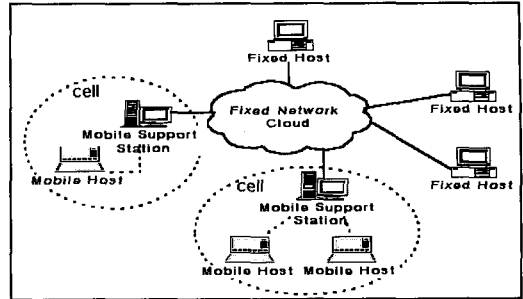


그림 2 이동 컴퓨팅 시스템 구조

4. 예측 참가(pre-join) 기법

4.1 예측 참가

일반적인 멀티캐스트 환경에서의 데이터의 전송은 수신자가 멀티캐스팅의 개시자에게 등록을 하고 이에 대한 적당한 승인 절차를 통해서 경로가 설정된 다음에야 가능하게 된다. 이 경로 설정에서 사용되는 프로토콜로는 DVMRP[2][3], MOSPF[2][3], PIM[2] 등이 있고, 또한 신뢰성 있는 멀티캐스트 데이터 전송을 위해 사용되는 프로토콜로 RMP[13], RAMP[13], RMTP[11][12][13], ReMP[13] 등이 있다. 하지만, 이 프로토콜들을 그대로 무선 환경에 적용할 경우 크게 두 가지 문제가 발생한다. 첫번째로, 만일 MH가 새로 진입하는 셀에 해당 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있는 호스트가 하나도 존재하지 않는다면, 해당 셀에 대하여 멀티캐스트 패킷 송수신을 위한 참가 지연(join delay)과 접합 지연(graft delay)을 겪게 된다. 또한, MH가 핸드오프를 수행하는 경우 약해진 신호세기 등의 영향으로 데이터를 신뢰성 있게 전송 받지 못하는 경우가 발생 할 수 있다.

MSS로부터 발생하는 beacon 신호의 세기가 점점 작아진다는 것은 지형 상의 변화나 MH가 해당 셀에서 멀어지고 있음을 의미한다. 본 논문에서는 후자의 경우만을 고려하기로 한다. 특정 셀에서 멀어진다는 것은 그 셀 이외의 다른 셀에 접근한다는 것을 의미하기도 한다. 무선 네트워크 환경에서 그것은 MSS의 신호세기로 알 수 있는데, 현재 속해 있는 셀에서 멀어질수록 신호가 강해지는 새로운 MSS를 발견할 수 있게 된다. 이는 곧, 새로운 MSS가 관장하는 셀에 접근한다고 판단할 수 있는 근거를 제시해 준다. 만일, 이러한 MSS를 발견할 수 없는 경우에도 MH의 이동 명세를 통해 자주 접근하

는 셀을 파악할 수 있게 된다. MH가 이동할 확률이 높아졌다고 판단되는 경우, 즉, MSS로부터의 beacon 신호세기가 약해진 경우 그 셀(들)에 대해 미리 해당 멀티캐스트 그룹의 메시지를 받을 수 있도록 예측 가입 메시지를 전송하여 MH의 핸드오프 후에도 가능하면 최소한의 지연을 가지고 메시지를 전송 받을 수 있게 해 줄 수 있다.

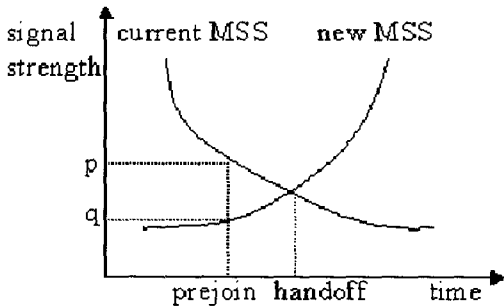


그림 3 예측 참가 시점

그림 3은 언제 예측 참가를 시작할 것인가를 판단할 수 있는 근거를 제시해 준다. 현재 MSS로부터의 신호세기가 점점 약해져서 p 이하로 떨어지면 예측 참가를 시작하게 되는데 주변의 MSS들의 신호세기를 측정해 q 이상의 신호세기를 나타내는 MSS에게로의 예측참가를 진행하고 q 이상의 신호세기를 나타내는 MSS가 없을 경우는 이동 호스트의 이동 명세를 통해 예측 참가를 진행하게 된다.

MH의 핸드오프 후 만일 그 셀이 이미 멀티캐스트 그룹에 속해 있는 셀이고 이미 기존의 자신이 관할하던 멤버들로부터 수신 확인을 받아서 새로 진입한 MH가 필요로 하는 메시지를 삭제했다면, 새로 진입한 MH는 그 메시지에 대해서 재전송 요구를 하게 되고 이에 많은 재전송 처리 시간이 소요될 것이다. 이를 위해, 본 논문에서는 I-TCP[4][5]에서와 같이 MSS가 수신 확인을 처리한 후 이 MSS들 사이에 버퍼 관리를 통해 패킷 순서화를 지키게 된다. 송신자로부터 MSS에 도달한 패킷은 MSS의 버퍼에 저장되게 되고, 이 버퍼가 찰 때까지 패킷을 수신 할 수 있다. 만일 버퍼가 가득 차게 되면 MSS는 송신자에게 패킷 송신을 잠시 중지 할 것을 요청하고 버퍼가 다시 공간을 확보하게 될 때 송신자에게 송신을 재개 할 것을 요구하게 된다. 패킷을 전송 받은 MSS는 관할 셀에 속한 멤버들로부터 수신 확인을 받아야만 이 메시지를 삭제한다. 만일 MH가 이동

하는 도중이거나 이미 다른 셀로 이동을 마친 경우 이 MH를 관할하던 MSS는 수신 확인을 받을 수 없게 되는데, 이러한 경우 새로이 해당 MH를 관할하는 MSS가 자신의 셀로 MH가 이동했음을 이전의 MSS에게 알려 이 MH를 위해 삭제하지 않았던 메시지를 삭제할 수 있게 해준다. 이와 같은 버퍼 관리 기법을 통한 패킷 순서화 알고리즘과 예측 참가 시나리오를 다음 절에서 소개할 것이다.

4.2 알고리즘

4.2.1 개요

이 알고리즘이 수행되는 절차는 그림 4에서와 같다.

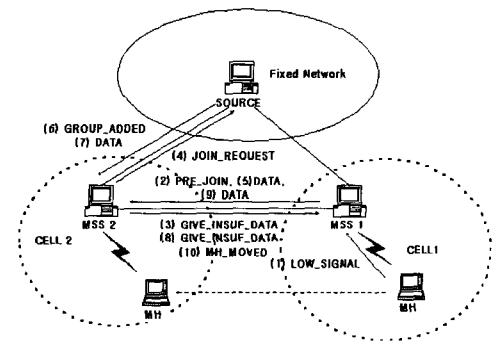


그림 4 예측 참가의 개괄적 과정

MH가 MSS-1의 영향력 안에서 점점 멀어져서 임계치 이상의 beacon 신호세기를 받지 못하게 되면, MH는 LOW_SIGNAL 메시지를 MSS-1에게 보내 자신이 핸드오프 할 가능성이 높아졌음을 알려준다(과정 1). 이때, MSS-2의 신호를 임계치(MSS-1의 임계치와는 다른) 이상의 신호로 감지하게 되면 MSS-2의 식별자를 그렇지 않다면 MH의 이동 명세(편의상 여기서는 MSS-2가 이동 명세에 포함된다고 가정한다)를 사용할 것을 함께 전달한다. 이 메시지를 전달받은 MSS-1은 MSS-2에게 MH가 그 쪽 셀로 이동할 가능성이 있으므로 만일 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않다면 미리 가입해서 MH가 Cell-2로 진입했을 때 참가 및 접합 지연을 최소화하도록 PRE_JOIN 메시지를 전송한다(과정 2).

PRE_JOIN 메시지를 받은 MSS-2는 만일, 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않다면, 송신자에게 멀티캐스트 그룹 가입을 신청하고 MSS-1에게 버퍼에 있는 데이터 중 MH가 수신하지 못한 데이터들을 전송하길 요구하는 GIVE_INSUF_DATA 메시지를 전송한다(과정 3, 4). 만일 이미 해당 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있다면 버퍼에 저장되는 데이터들을 MH가 수신하거나

MH가 다른 셀로 이동했다는 메시지를 받을 때까지 삭제하지 않는다. 버퍼에 있는 데이터를 전송할 것을 요구 받은 MSS-1은 현재 버퍼에 있는 데이터 중 MH로부터 수신 확인 패킷을 받지 못한 데이터들을 MSS-2에게 전송한다(과정 5). 과정 4와 과정 5의 사이나 혹은 그 후에 송신자로부터 가입이 처리되고(과정 6) 첫번째 데이터 패킷이 도달하게 되면(과정 7) 버퍼에 있는 데이터의 순서 번호(sequence number)와 비교해서 부족한 데이터들을 MSS-1에게 추가 요구하게 되고(과정 8), MSS-1은 추가 데이터 분을 MSS-2에게 전송하게 된다(과정 9).

MH가 Cell-2로 이동을 끝마치게 되면 MSS-2는 MSS-1 혹은, MSS-2를 제외한 나머지 이동 명세의 MSS들에게 MH가 자신의 관할 하에 들어왔음을 알려 주고, 만일 예측 참가하고 있는 MSS가 있다면 예측 참가를 해제(MH_MOVED)할 것을 알린다(과정 10). 만일, MH가 Cell-2로 진입하지 않고, Cell-1이나 기타 다른 셀로 이동했을 경우 MSS-2는 MSS-1으로부터

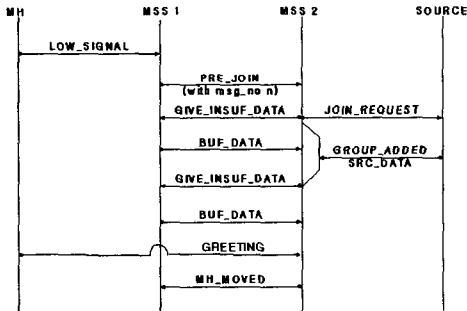


그림 5 Cell-2에 멀티캐스트 멤버가 존재하지 않을 때의 메시지 흐름도

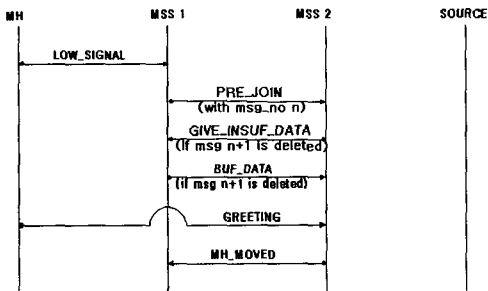


그림 6 Cell-2에 멀티캐스트 멤버가 이미 존재하는 경우의 메시지 흐름도

STOP_PRE_JOIN 메시지를 받게 되고 MSS-2는 이제까지 MH를 위해 할당했던 버퍼가 불필요하게 되었다면 이를 삭제한다. 그림 5와 그림 6은 이러한 예측 참가의 과정을 나타낸다.

4.2.2 세부 알고리즘

1) MSS의 버퍼 자료구조

MH와 MSS 사이 그리고, MSS와 송신자와의 전송 지연의 차이로 인해 MSS는 메시지들을 저장할 버퍼를 취하게 되는 데 그 자료구조는 그림 7에서와 같다.

*msg_len*는 도달하는 메시지의 길이로서 버퍼 상에 존재하는 메시지들의 이 값들의 합이 바로 전체 버퍼 사용량을 나타낸다. *msg*는 실제 데이터 메시지이고, *ref_count*는 이 데이터를 필요로 하는 구성 요소들의 수를 나타낸다. 만일 현재 셀에 그룹에 속해 있는 멤버들의 수가 5이고, 예측 참가를 하고 있는 MSS의 수가 2라면 그 메시지의 *ref_count*는 7이 된다. 만일, 현재 버퍼 상에 있는 메시지의 *msg_len*의 총합이 그 MSS의 버퍼 크기를 초과하게 되면, MSS는 송신자에게 SEND_PAUSE 메시지를 전달해 잠시 전송을 중단시키고, 수신 확인으로 인해 일정량의 버퍼가 가용한 경우 SEND_RESUME 메시지를 통해 다시 데이터를 전송을 재개할 것을 요구한다.

```

struct_buf {
    u_int  msg_len;
    char*  msg;
    u_int  ref_count;
} buf[];
    
```

그림 7 MSS 상의 버퍼의 자료 구조

2) New Cell이 가입상태이면서 MH에게 전달할 메시지가 삭제된 경우

이 상태는 MH가 이동 할 가능성이 있는 셀이 이미 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지만 MH가 Cell-1에서 받지 못한 데이터를 Cell-2에서는 모든 멤버들의 수신 확인으로 이미 삭제한 경우를 나타낸다(그림 8).

현재까지 받은 데이터의 순서번호가 k ($0 < i < j < k$)라 하고 MH가 현재까지 수신한 메시지는 i 까지의 데이터라 하자. 그리고, MSS-2에서 수신 확인으로 삭제된 데이터는 j 까지의 데이터이다. 신호세기의 약화로 MSS-1은 PRE_JOIN을 시도하게 되고, 이 때 현재 MH가 현재까지 받은 메시지 순서번호 i 를 함께 건네주게 된다. MSS-2는 현재 $i+1$ 부터 j 까지의 메시지가 이

미 삭제되었음을 확인하고, MSS-1에게 $i+1$ 부터 j 까지의 메시지를 요구하는 동시에 자신의 셀에 특정 멀티캐스트 그룹의 멤버가 얼마나 예측 참가하고 있는 지를 나타내는 PRE_JOIN_CNT를 증가시킨다. 또한, 현재 버퍼에 있는 데이터의 ref_count를 증가시켜 MH의 이동에 대비해 삭제하지 않도록 한다. MSS-1은 데이터를 MSS-2에게 전달하면서 이 데이터들의 수신 확인이 도달할 때까지 ref_count를 1만큼 증가시키고 대기한다. 데이터를 건네 받은 MSS-2는 이 데이터들에 대해 ref_count를 증가시키고 수신 확인 메시지를 MSS-1에게 전달하게 되면, MSS-1은 증가 시켰던 ref_count를 다시 감소시키게 된다. MH가 Cell-2로 이동해 GREETING 메시지를 전달하면 MSS-2는 현재 자신의 셀에 속해있는 멤버의 수를 나타내는 JOIN_CNT를 증가시키고 이전에 증가시켰던 PRE_JOIN_CNT를 감소시킨 후, MH_MOVED를 MSS-1에게 전달해 해당 MH가 자신의 관할 하에 있음을 알린다. 이 메시지를 받은 MSS-1은 MH가 빠져나갔으므로 JOIN_CNT를 1만큼 감소시키고 MSS-2 이외에 예측 참가에 참여하고 있던 MSS들에게 STOP_PRE_JOIN 메시지를 전달해 MH를 위한 동작을 중지할 것을 요청한다.

CNT는 증가, PRE_JOIN_CNT는 감소시킨 후 MH_MOVED 메시지를 MSS-1에게 전송한다. MSS-1 역시 앞의 경우와 마찬가지로 JOIN_CNT를 1만큼 감소시키고 MSS-2 이외의 예측 참가를 하고 있는 MSS들에게 예측 참가를 중지시킨다(그림 9).

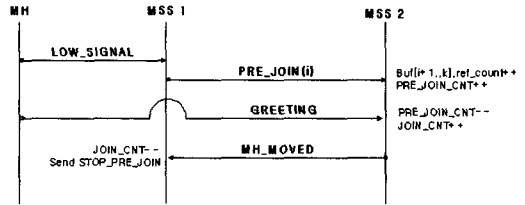


그림 9 New Cell이 가입 중이고 MH에게 전달할 메시지가 삭제되지 않은 경우

4) New Cell이 비가입 상태인 경우

그림 10은 Cell-2가 아직 멀티캐스트 그룹의 멤버를 가지고 있지 않아서 송신자에게 예측 참가를 요청하는 과정이 포함된 경우의 메시지 흐름도이다. 이 경우 역시 PRE_JOIN시 현재까지 수신한 메시지 번호인 i 를 넘겨주게 되는데, 여기서 MSS-2는 아직 멀티캐스트 그룹에 포함되지 않았기 때문에 송신자에게 멀티캐스트 그룹 가입을 요청하고, $i+1$ 이후의 모든 데이터를 MSS-1에게 요구하고 PRE_JOIN_CNT를 증가시킨다. 이 요청을 받은 MSS-1은 현재까지 받은 데이터인 k 번 데이터까지를 차례대로 MSS-2에게 송신하고 MSS-1과 MSS-2는 이들 데이터에 대해 ref_count를 증가시킨다. 이들 데이터에 대한 수신확인을 받으면 MSS-1은 이들 데이터에 대해서 ref_count를 다시 감소시키게 된다. 이러한 과정 중에 이전에 요청한 멀티캐스트 그룹 가입

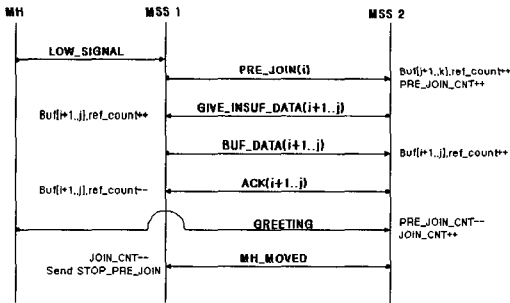


그림 8 New Cell이 가입 중이고 MH에게 전달할 메시지가 삭제된 경우

3) New Cell이 가입상태이면서 MH에게 전달할 메시지가 삭제되지 않은 경우

이 경우에는 이미 새로운 셀의 MSS가 멀티캐스트 그룹에 가입상태이고 아직 MH에게 전달할 메시지를 삭제하지 않았으므로 많은 지연을 겪지 않게 된다. i 의 순서번호로 예측 참가를 신청하게 되면, MSS-2에서는 이 i 번 이후의 메시지가 아직 삭제되지 않았으므로 단지 $i+1$ 이후의 메시지들의 ref_count와 PRE_JOIN_CNT를 증가시킨다. MH가 Cell-2에 진입해 GREETING 메시지를 보내오게 되면 앞의 경우와 마찬가지로 JOIN_

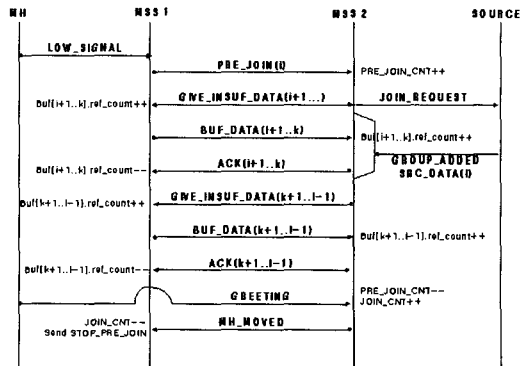


그림 10 New Cell이 비가입 상태인 경우

요청에 대한 확인과 함께 송신자로부터 l 번째($l > k$) 데이터가 도달하게 된다. MSS-2는 $k+1$ 부터 $l-1$ 사이의 데이터가 없으므로 이들 데이터를 MSS-1에게 요청하고 MSS-1과 MSS-2는 이전과 같은 방식으로 *ref_count*를 조정하게 된다. MH가 이러한 과정 중에 Cell-2에 진입하게 되면 위 두 가지 방식대로 그룹 관리를 처리하게 된다.

5. 성능 평가

본 연구에서는 이산사건 시뮬레이터인 DEVS-Scheme[14]을 이용하여 MSS가 멀티캐스트 그룹에 미리 가입되어 있는 경우와 가입되어 있지 않은 두 가지 경우에 대해 제안기법과 예측 참가를 수행하지 않고 단단계 데이터 전달을 한 경우에 대해 성능 평가를 수행하였다. 관측은 700초 동안 이루어졌으며 유선 및 무선에서의 전송 시간은 실험적 관측에 의해 송신자와 MSS 사이는 평균 14ms, MSS와 MH사이는 16ms, MSS사이에서는 4.15ms 정도로 가정하였다.

한 셀에 머무르는 시간은 전체 관측 시간을 핸드오프 수로 나눈 시간의 지수 분포(exponential distributions)로 가정하였다. 예측 가입을 하는 시점의 신호세기에 대한 확실한 근거가 아직 제시되지 않았기 때문에 셀에 머무르는 시간의 확률로써 정의하였다. 예를 들면, 전체 신호세기를 1로 봤을 때 신호세기 0.7에 대한 기준은 MH가 특정 셀에 머무르는 시간의 70%가 지나는 시점으로 가정하였다. 송신자가 송신할 패킷이 없어 지연되는 경우는 배제하였으며, MSS의 버퍼는 송신 데이터 20개까지를 저장할 수 있으며 이를 넘을 땐 송신자에게 패킷 송신을 중지시키고, 15이하로 떨어졌을 때 다시 송신 재개를 요구한다. 본 성능 평가는 모든 MSS가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않을 때와 전체 MSS 중 50%정도의 MSS가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있는 두 가지 경우에 대해 진행되었다.

5.1 모든 MSS가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 경우

다음의 경우는 MH가 이동하게 될 모든 셀들에 아직 멀티캐스트 그룹 멤버가 없어서 핸드오프를 수행할 때마다 접합 지연과 참가 지연을 겪는 경우를 나타낸다. 예측 참가를 수행하는 경우와 수행하지 않는 경우로 나누어 테스트하였고, 또한 예측 참가를 시작하는 시점을 3단계로 나누어 진행하였다. 주어진 기간동안 전체 MH로의 전송 패킷 중 지연을 겪는 패킷의 수, MSS가 수신한 패킷의 수, MH가 전송 받은 패킷의 수 세 가지 항목에 대하여 조사하였다.

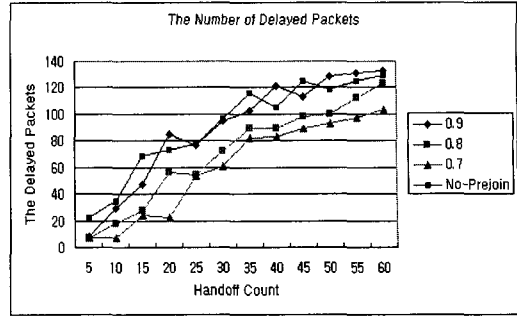


그림 11 모든 MSS가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 경우 지연된 패킷의 수

그림 11은 아직 어떤 셀도 멀티캐스트 데이터를 받고 있지 않은 경우에 예측참가 임계값 각각에 대해 주어진 기간동안 전체 전송 패킷 중에 지연을 겪는 패킷의 수를 나타낸다. 지연을 겪는 패킷의 수는 다음과 같이 산출된다.

- Δs : 송신자와 MSS 사이에 걸리는 전송지연
- Δm : MSS 사이에서 걸리는 전송지연
- Δh : MSS와 MH 사이의 무선링크 전송지연
- t_{hoff} : 핸드오프 발생시간
- t_{pre} : 예측참가 시작시간
- t_{join} : 그룹참가 시점
- Δh_{hoff} : 예측참가 시작시점부터 핸드오프까지의 기간 ($=t_{hoff} - t_{pre}$)
- $\Delta join$: 핸드오프와 그룹참가 사이의 기간
- l : 예측참가 시작시의 MSS상에 저장되어 있는 패킷의 수
- l' : 핸드오프 시점의 MSS상에 저장되어 있는 패킷의 수
- m : Δh_{hoff} 동안 송신자로부터 MSS로 전송되는 패킷의 수
 $m = \Delta h_{hoff} / (\Delta s \times 2)$
- n : Δh_{hoff} 동안 MSS로부터 MH로 전송되는 패킷의 수
 $n = \Delta h_{hoff} / (\Delta h \times 2)$

그러므로, $l' = l + m + n$

Δh_{hoff} 동안 새로운 MSS는 현재의 MSS로부터 부족한 패킷을 받아오게 되는데, 그 패킷의 수 p 는 다음과 같다.

$$p = (\Delta h_{hoff} - (\Delta h + \Delta m \times 2)) / (\Delta m \times 2) - (n - (\Delta h + (\Delta m \times 2)) / (\Delta h \times 2))$$

그룹에 새로운 MSS가 가입되는 시점은 핸드오프 이전과 이후 두가지로 나눌 수 있다. 우선, 핸드오프가 그

를 가입시점보다 이른 경우 핸드오프 시점부터 가입시점까지 전달되는 패킷들은 지연을 겪게 되는데 그 패킷의 수 q 는 다음과 같다.

$$\Delta_{join} = t_{join} \times t_{h\text{off}}$$

$$q = \Delta_{join} / (\Delta m \times 2)$$

그러므로, 전체 지연을 겪게 되는 패킷의 수 r 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r = l' - p + q$$

그룹 가입시점이 핸드오프시점보다 이른 경우는 그룹 가입 시점부터 핸드오프 때까지의 패킷들은 지연을 겪게 되지 않는다. 그 패킷의 수 q 를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta_{join} = t_{h\text{off}} - t_{join}$$

$$q = \Delta_{join} / (\Delta s \times 2)$$

그러므로 핸드오프 전에 미리 받아 놓 수 있는 패킷의 수 s 와 지연을 겪는 패킷의 수 r 은 다음과 같이 표현된다.

$$s = \min(p+q, l')$$

$$r = l' - s$$

대체적으로 예측 참가 기간이 길고 핸드오프가 빈번해질수록 지연을 겪는 패킷의 수가 줄어들음을 보여주고 있다. 그러나, 예측 참가 임계치가 0.9인 경우는 핸드오프 수가 18, 0.8인 경우는 35정도에서 예측 참가를 하지 않는 경우와 그래프가 만나는 것을 볼 수 있는데 이는 핸드오프수의 증가로 한 셀에서 머무르는 시간이 작아지고 그로 인해 예측 참가를 수행하는 충분한 시간을 확보하지 못했기 때문이다. 이는 핸드오프가 빈번해지거나 예측참가 시점이 너무 늦으면 지연 패킷 감소에 본 기법이 큰 효과를 나타내지 않음을 보여준다. 그래프에는 표현되어 있지 않지만 예측 참가 임계치가 0.7 이하일 경우 0.7의 경우와 유사한 결과를 보이는 것으로 나타났다. 이는 MSS의 필요 이상의 패킷 버퍼링이 패킷 수신율과 관련하여 효과적이지 못할 뿐 아니라, 이로 인한 MSS의 버퍼 오버플로우로 인해 송신자의 패킷 전송이 중지되는 경우가 더 빈번해지기 때문인 것으로 분석된다.

그림 12는 위와 같은 상황에서 주어진 기간동안 실제 MSS가 수신한 패킷 수의 변화를 나타낸다. 단단계 송수신을 하게 되므로 예측 가입을 통한다면 거의 변화가 없을 것으로 생각할 수 있지만, 핸드오프 수의 증가와

이로 인한 패킷의 지연은 MSS의 버퍼를 더 빠른 시간에 가득차게 만들어 송신자에게 패킷 전송 중지를 자주 요청하게 되므로 수신패킷의 수는 줄어든다. 역시 핸드오프 수가 증가하거나 예측참가 시간이 작아질수록 본 기법은 많은 효과를 볼 수 없음을 보여주고 있다.

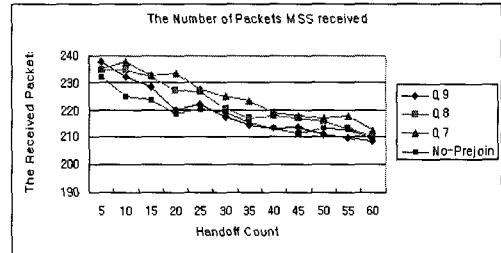


그림 12 모든 MSS가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 경우 MSS가 수신한 패킷의 수

그림 13은 같은 환경에서 주어진 기간동안 MH가 수신하는 패킷 수의 변화를 보여준다. 역시 신호세기 0.7의 경우에 대체적으로 가장 많은 패킷을 수신함을 보여주고 있다. 위의 두 가지 경우와 마찬가지로의 영향을 받고 있다.

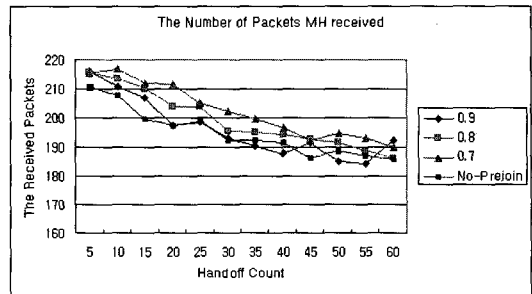


그림 13 모든 MSS가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 경우 MH가 수신한 패킷의 수

5.2 전체 MSS 들 중에 50%가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있는 경우

본 절에서는 전체 MSS들 중에 50% 정도가 이미 멀티캐스트 그룹에 가입을 하고 있어서 이 MSS들이 관할하는 셀들에 진입할 때는 MH가 지연을 겪지 않거나 또는 그룹에 가입은 되어 있으나 이미 메시지가 삭제되어 약간의 지연을 더 겪는 경우에 관해서 지연패킷의 수를 중심으로 관찰하였다.

그림 14는 새로 진입하는 셀의 MSS가 이미 멀티캐

스트 데이터를 받고 있을 확률이 50% 정도인 상황에서의 주어진 기간동안의 지연 패킷 수를 보여주고 있다. 역시 임계치 값이 작을수록 핸드오프 수가 적을수록 좋은 결과를 나타내고 있지만, 예상대로 신호세기 임계치에 따른 효율성을 판단 할 수 없는 핸드오프 수가 이전의 예에 비해 훨씬 작음(임계치 0.8과 0.9는 핸드오프 수 23에서부터, 40이후에는 모든 기법에서 성능의 우열을 가리기 어렵다)을 보여주고 있다. 이는 예측 가입이 비가입 셀이 많을수록 효율적임을 보여준다. MSS의 수신 패킷 수와 MH의 수신 패킷 수는 전에 지적한대로 지연 패킷의 수에 의존하므로 이 예에서는 생략하기로 한다.

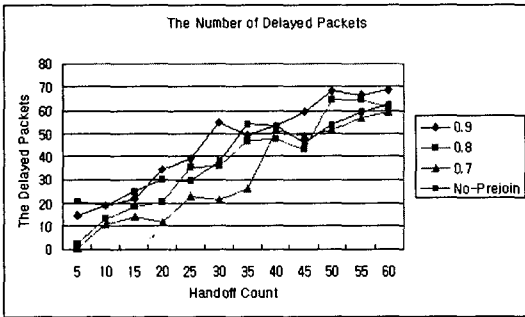


그림 14 50%의 MSS가 그룹에 가입된 상태에서 지연된 패킷의 수

6. 결론

본 논문에서는 이동 컴퓨팅 환경에서 멀티캐스팅을 수행함에 있어서 다단계 전송과 예측 참가로 패킷 전송 지연을 줄일 수 있음을 보여주었다. 이 과정을 통하여 핸드오프가 빈번하지 않고 셀 체류시간이 예측참가에 충분하도록 길게 주어진다면 더욱 효율적인 패킷 전송을 수행할 수 있음을 알 수 있었다. 또한, 주변 셀이 멀티캐스트 데이터를 수신하고 있지 않는 경우가 많을수록 패킷 수신율과 관련하여 더욱 효율적인 결과를 나타내고, 다단계 패킷 수신 확인 기법을 사용함으로써 패킷간의 순서화를 지키면서도 상당히 좋은 패킷 전송 성능을 이끌어 낼 수 있었다. 하지만, 너무 이른 예측 참가는 불필요한 트래픽의 증가를 초래할 수도 있고, MSS가 상대적으로 적은 시간 안에 버퍼 오버플로우를 일으킴으로써 송신자의 빈번한 송신 중지를 발생시킬 수 있다. 또한, 핸드오프가 빈번하거나 셀 체류시간이 적은 환경에서는 이 기법은 큰 성능을 나타내지 못하고 있는

데, 이런 상황에서도 적응성 있는 새로운 기법이 요구되어진다. 또한, 가장 효율적인 예측 참가 임계치를 찾아내기 위한 신호세기에 관한 연구도 필요할 것이다. 아울러, 송신자와 MSS들 사이의 효율적이며 신뢰성 있는 멀티캐스트를 위해 RMTP[11][12][13], SRM[11][13] 등의 기존 프로토콜의 적용 및 확장이 요구된다.

참고 문헌

- [1] E. Pitoura and B. Bhargava, "Dealing with Mobility: Issues and Research Challenges," Technical Report, Purdue University, Nov. 1993.
- [2] D. Kosiur, IP Multicasting : The Complete Guide to Interactive Corporate Networks, John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- [3] C. Semeria, "IP Multicast Routing : Theory and Protocols," 3 Tech, Jan. 1996.
- [4] A. V. Bakre and B. R. Badrinath, "I-TCP: Indirect TCP for Mobile Hosts," Proc. of the 15th Intl. Conf. On Distributed Computing Systems, May 1995.
- [5] T. Imielinski and H. F. Korth, Mobile Computing, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [6] A. Acharya and B. R. Badrinath, "A Framework for Delivering Multicast Messages in Networks with Mobile Hosts," Technical Report, Rutgers University, 1996.
- [7] T. E. Kim and V. Bhargavan, "A Multicast Routing Algorithm for Mobile Computing Environments," Technical Report, Illinois University, 1998.
- [8] J. Mysore and V. Bhargavan, "A New Multicasting-based Architecture for Internet Host Mobility," Technical Report, Illinois University, 1996.
- [9] L. Blazevic and J. L. Boudec, "Distributed Core Multicast (DCM) : a routing protocol for many small groups with application to mobile IP telephony," Internet-draft, 1999.
- [10] A. Acharya, A. Bakre, and B. R. Badrinath, "IP Multicast Extensions for Mobile Internetworking," Technical Report, Rutgers University, 1996.
- [11] C. Mets, "Reliable Multicast : When Many Must Absolutely Positively Receive It," IEEE Internet Computing, Jul. 1998.
- [12] J. C. Lin and S. Paul, "RMTP: A Reliable Multicast Transport Protocol," Proceedings of IEEE INFOCOM'96, Mar. 1996.
- [13] J. Son, Y. Won, S. Oh, and K. Lim, "The Performance of a Reliable Multipeer Protocol(ReMP)," The 1998 Conference on Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation, Jan. 1998.
- [14] B. P. Zeigler, Object-Oriented Simulation with

- Hierarchical Modular Models, Academic Press, 1990.
- [15] K. Keeton, B. A. Mah, S. Seshan, R. H. Katz, and D. Ferrari, "Providing Connection-Oriented Network Services to Mobile Hosts," Proc. of the USENIX Symposium on Mobile and Location-Independent Computing, Aug. 1993.
- [16] W. Richard Stevens, TCP/IP Illustrated Volume I, Addison Wesley, 1994.
- [17] G. P. Pollini, "Handover Rates in Cellular Systems: Towards a Closed Form Approximation," IEEE GLOBECOM'97, 1997.



류 기 선

1998년 2월 성균관대학교 정보공학과 졸업(학사). 2000년 2월 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과(석사). 관심분야는 이동 컴퓨팅, 분산 시스템, 멀티캐스팅



김 중 배

1986년 고려대학교 공과대학 산업공학과 학사. 1988년 한국과학기술원 산업공학과 석사. 1998년 ~ 현재 한국과학기술원 산업공학과 박사과정. 1988년 ~ 1991년 대한항공(주) 시스템부. 1991년 ~ 현재 한국전자통신연구원 전자상거래연구부 선임연구원. 관심분야는 시스템 프로그램, 인터넷 정보검색, 최적화 이론 및 컴퓨터 알고리즘



엄 영 익

1983년 서울대학교 계산통계학과 졸업(학사). 1985년 서울대학교 대학원 전산과학전공(석사). 1991년 서울대학교 대학원 전산과학전공(박사). 1983년 ~ 1986년 서울대학교 도서관 전산화준비실. 1986년 ~ 1993년 단국대학교 전자계산학과 부교수. 1993년 ~ 현재 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수. 관심분야는 분산 시스템, 이동 컴퓨팅, 분산 객체 시스템, 운영체제