

로컬 브로드캐스트를 이용한 이동 IP 멀티캐스트 프로토콜

정회원 차용주*, 김화종*

Mobile IP Multicast Protocol using Local Broadcast

Yongjoo Tcha*, Hwa-Jong Kim* *Regular Members*

요약

이동 인터넷 환경에서 이동 멀티캐스트를 제공하기 위해서 기존의 Mobile IP 프로토콜과 멀티캐스트 프로토콜을 그대로 조합하여 사용할 경우, 멀티캐스트 데이터그램은 특정 노드의 IP 주소가 아닌 그룹 주소를 사용하고 있기 때문에 Mobile IP에서 처리할 수 없는 라우팅 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 IETF에서는 원격지 등록(remote subscription) 방식과 양방향 터널링(bi-directional tunneling) 방식을 제안하였다. 그러나 원격지 등록 방식은 멀티캐스트 트리를 재구성하는데 발생하는 시간지연이 크기 때문에 심각한 멀티캐스트 데이터그램의 손실이 발생할 수 있으며, 양방향 터널링 방식에서는 멀티캐스트 경로가 최적화되지 못하는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이동 노드가 외부 네트워크로 이동시 빠르게 멀티캐스트 데이터그램을 수신할 수 있고 멀티캐스트 경로를 최적화할 수 있는 Mobile IP Multicast using Local Broadcast(MIMLB) 프로토콜을 제안하였다. 제안한 MIMLB 프로토콜은 터널링을 이용하여 신속하게 멀티캐스트 데이터그램을 수신하도록 하였고, 멀티캐스트 데이터그램의 중복 문제를 해결하였으며, 멀티캐스트 트리 경로의 최적화를 위하여 로컬 브로드캐스트 기법을 도입하였다.

제안된 프로토콜의 성능을 시뮬레이션을 통해 확인하였으며, 기존 프로토콜에 비해 이동 노드가 외부 네트워크로 이동시 부가되는 경로의 길이가 줄었고, 라우팅 경로가 최적화 되었음을 확인하였다.

ABSTRACT

In mobile Internet environment, providing multicast requires much more complex mechanism comparing with the unicast Mobile IP routing protocol. This is because multicast datagrams are sent to a group address that do not belong to a specific network. The IETF Mobile IP suggested two approaches for mobile multicasting, namely remote subscription and bi-directional tunneling. In remote subscription, a mobile node may join a group via a local multicast router on the visited subnet. Therefore remote subscription may cause much datagram loss while reconstructing the delivery tree. In bi-directional tunneling, a mobile node may join a group via a bi-directional tunnel to its home agent. Bi-directional tunneling may suffer from inefficient routing.

In this paper, we proposed a new mobile multicasting protocol, Mobile IP Multicast using Local Broadcast(MIMLB) which can receive multicast datagrams as fast as possible and optimize routing path for multicast delivery. The MIMLB protocol uses bi-directional tunneling to receive multicast datagrams. And the MIMLB protocol can resolve datagram duplicated problem and optimize routing path by using local broadcast.

Simulation results show that MIMLB reduces delivery path length and optimizes multicast routing path when a mobile node moves into a foreign network.

* 강원대학교 전자공학과 컴퓨터통신망연구실(yjtcha@vcn.kangwon.ac.kr)

논문번호 : 010254-0921, 접수일자 : 2001년 9월 21일

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구과제(98-0102-10-01-3) 지원으로 수행되었습니다.

I. 서론

초기의 인터넷은 노드들의 위치가 고정되어 있다는 가정 하에 만들어졌으나, 이제는 노트북, Personal Digital Assistant(PDA), 핸드헬드 PC와 같은 이동형 컴퓨터의 보급으로 인해 많은 컴퓨터들이 고정되지 않은 상태로 네트워크에 접속되고 있다. 그런데 인터넷 라우팅은 목적지 노드의 IP 주소에 의존하기 때문에 어떤 노드의 접속 위치가 달라지게 되면 이 노드와 관련된 모든 라우팅 정보가 바뀌어야 한다는 문제점이 있다. Mobile IP는 이러한 문제점을 해결하는 일종의 라우팅 프로토콜로써, 1996년 Internet Engineering Task Force(IETF)에서 RFC 2002로 표준화되었다^[1].

한편, 인터넷 멀티캐스트는 한번의 패킷전송으로 같은 그룹에 속한 다수의 수신자에게 동일한 패킷을 전달하는 방식을 말한다. 멀티캐스트는 목적지 수만큼 같은 패킷을 복사하여 전송하지 않아도 되게 함으로서 송신측의 프로세싱 부하를 줄이고 네트워크 대역 낭비를 줄이는 이점을 가진다. 그러나 멀티캐스트는 네트워크 내에 부가적인 지능을 요구하며, 많은 양의 상태정보가 필요하고, 복잡한 라우팅 알고리즘을 요구한다^[2,3].

이동형 네트워크에서 멀티캐스트를 지원하기 위한 프로토콜로서 만일 현재 표준화되어 있는 Mobile IP 프로토콜과 멀티캐스트 프로토콜을 그대로 적용하여 사용할 경우, 멀티캐스트 데이터그램이 특정 네트워크의 IP 주소가 아닌 그룹 주소를 사용하기 때문에 Mobile IP에서 처리할 수 없는 라우팅 문제가 발생할 수 있다. 또한, 이동 노드가 외부 네트워크로 이동하는 경우 그 네트워크에 멀티캐스트를 지원하는 라우터가 없을 때에 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 IETF에서 양방향 터널링(Bi-directional tunneling)과 원격지 등록(Remote subscription) 두 가지 접근 방식을 제안하고 있으며^[4], 현재 이를 기반으로 제안된 이동 멀티캐스트 프로토콜로는 Mobile Multicast(MoM)^[5], Range-Based Mobile Multicast(RBMoM)^[6], Multicast by Multicast Agent(MMA)^[7] 등이 있다.

본 논문에서는 이동 멀티캐스트 환경에서 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있도록 멀티캐스트 트리의 경로를 최적화하고 멀티캐스트 트리 재설정을 신속하게 할 수 있는 MIMLB 프로토콜을 제안하였다. MIMLB 프로토콜은 멀티캐스트 그룹에 가입되

어 있는 이동 노드가 외부 네트워크로 이동 시 그 외부 네트워크에 같은 그룹의 멤버가 있는 경우 별다른 처리과정 없이 멀티캐스트 데이터그램을 수신하지만, 그 외부 네트워크에 같은 그룹 멤버가 없는 경우 신속하게 멀티캐스트 데이터그램을 수신하기 위해 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신한다. 그런데 같은 그룹 멤버가 없는 네트워크로만 연속하여 이동할 경우, 이동한 외부 네트워크 근처에 같은 그룹 멤버가 있음에도 불구하고 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신함으로써 멀티캐스트 라우팅 경로가 불필요하게 길어지게 되는 가능성을 피하기 위하여 로컬 브로드캐스트를 이용한다. 즉, 같은 그룹 멤버가 없는 외부 네트워크로 이동 시 이웃 네트워크로 그룹 가입 메시지를 브로드캐스트하고 이웃 네트워크에 같은 그룹 멤버가 있을 경우 그 네트워크와 멀티캐스트 트리를 구성함으로써 라우팅 경로의 최적화를 이룰 수 있다.

서론에 이어 2장에서는 기존의 이동 멀티캐스트 프로토콜 기술에 대해 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 새로 제안한 MIMLB 프로토콜에 대해 설명하고, 4장에서는 MIMLB의 성능 실험 결과를 보이고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

이동 환경에서의 멀티캐스트는 그룹 멤버들의 이동에 따라 멀티캐스트 데이터그램의 전송경로를 동적으로 설정할 수 있어야 한다. 또한, 멀티캐스트 서비스에 이동성을 지원하기 위해서는 멀티캐스트 송신자가 이동 노드일 경우 이 송신자의 링크가 바뀌어도 그룹 멤버의 연결에는 변화가 없어야 하고, 이동 노드가 그룹의 멤버일 경우 링크를 바꾸어도 단절 없는 통신이 이루어져야 하며, 특히 그 그룹의 멤버가 없는 외부 네트워크로 이동할 경우에도 멀티캐스트 서비스를 단절 없이 받을 수 있어야 한다. 그리고 이동 노드의 물리적인 링크의 변화에 대해서도 멀티캐스트 트리는 가능한 최적으로 유지되어야 한다. 그러나 기존 멀티캐스트 프로토콜과 Mobile IP를 이동 멀티캐스트에 그대로 적용할 경우, 이동 노드가 방문한 외부 네트워크에 멀티캐스트 라우터가 없다면 멀티캐스트 데이터그램을 수신할 수 없으며, 멀티캐스트 데이터그램을 전송하고자 하는 이동 노드가 홈 네트워크를 벗어나서 멀티캐스트 데이터그램을 전송할 경우 그 멀티캐스트 데이터그램이 제거될 수 있다. 이 문제는 Distance

Vector Multicast Routing Protocol(DVMRP) 등과 같은 Broadcast/Prune 방식의 멀티캐스트 프로토콜 일 경우 더욱 심각해진다⁵⁾.

현재 IETF에서는 이동 IP 멀티캐스트를 위해서 외부 네트워크 상에서 등록하는 단순한 원격지 등록 기법과, 양방향 터널링 기법을 제시하고 있다. 원격지 등록 기법은 Foreign Agent(FA) 기반 멀티캐스트로써, 이동 노드가 외부 네트워크로 이동 시 그 외부 네트워크에서 그룹 등록을 처리하므로, 동작 과정이 단순하고 멀티캐스트 데이터그램의 캡슐화를 요구하지 않으며, 최적화된 라우팅 경로를 제공할 수 있고 한 에이전트에서 중복된 멀티캐스트 데이터그램을 수신할 가능성이 희박하다는 장점을 갖는다. 그러나 이동 노드의 움직임이 많을 경우 트리 재구성이 많아지고 멀티캐스트 트리 재구성에 따른 지연이 크며, 이 지연에 따른 멀티캐스트 데이터그램의 손실이 발생할 수 있는 단점이 있다^{5,6,7)}.

양방향 터널링 기법은 Home Agent(HA) 기반 멀티캐스트로써, 이동 노드가 외부 네트워크로 이동 시 별도의 멤버 가입 절차 없이 HA로부터 FA로 유니캐스트 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신하는 방법이다. 이 기법은 그룹 멤버의 이동성을 숨겨주므로 이동에 따른 멀티캐스트 트리 재구성이 요구되지 않기 때문에 이동 노드의 움직임이 많을 경우에 유리하다. 그러나 이 기법은 송신지와 수신지간의 멀티캐스트 경로가 HA를 경유하므로 최적이지 않을 수가 있으며, 같은 멀티캐스트 그룹에 속하면서 같은 HA를 갖는 이동 노드들이 각각 다른 외부 네트워크로 이동할 경우에 HA에서 이동해 있는 외부 네트워크의 수만큼 데이터그램을 복사하여 FA로 터널링 해주어야 하므로 HA에서 데이터그램의 복사가 요구되고, HA는 다르지만 같은 멀티캐스트 그룹의 속한 다수의 이동 노드들이 같은 외부 네트워크 한곳으로 이동해 온 경우 그 외부 네트워크에 각각의 HA로부터 같은 멀티캐스트 데이터그램이 터널링을 통해 다수 수신되는 터널링 집중 현상이 발생하며 같은 멀티캐스트 데이터그램의 중복 수신에 따른 대역폭 낭비가 발생할 수 있는 단점이 있다^{5,6,7)}.

현재 이동형 멀티캐스트 프로토콜로 제안된 방식으로는 MoM, MMA, RBMoM 프로토콜 등이 있다. MoM 프로토콜은 이동 노드가 외부 네트워크로 이동 시 HA로부터 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신하는 양방향 터널링 기법을 사용하는 데, 양방향 터널링 기법의 단점인 터널링 집중 문제

를 해결하기 위해 FA로 하여금 멀티캐스트 데이터그램을 터널링하는 여러 HA중에서 하나의 HA를 주어진 멀티캐스트 그룹의 Designated Multicast Service Provider(DMSP)로 임명하도록 하여, DMSP로 선택된 HA만이 멀티캐스트 데이터그램을 전송하고 나머지 HA들은 멀티캐스트 데이터그램을 전송하지 못하게 함으로서 멀티캐스트 데이터그램의 중복 문제를 해결하였다⁵⁾.

MoM은 중복 멀티캐스트 데이터그램의 수를 감소시킴으로 멀티캐스트 트래픽을 감소시켰으나, 이동 노드가 방문한 외부 네트워크에 상주하고 있는 고정 노드가 그 이동 노드와 같은 멀티캐스트 그룹 멤버일 경우, DMSP로부터의 멀티캐스트 데이터그램과 고정 노드를 위한 멀티캐스트 데이터그램이 따로 존재하므로 멀티캐스트 데이터그램의 중복 문제를 근본적으로 해결할 수는 없다. 그리고 멀티캐스트 데이터그램의 운반이 HA를 경유하므로 멀티캐스트 경로가 최적이지 아닐 수 있는 단점이 있다⁷⁾.

RBMoM은 최단 전송 경로와 멀티캐스트 트리 재구성 빈도간의 타협을 고려한 프로토콜로써, 기존의 Mobile IP에서 Multicast Home Agent(MHA)라는 새로운 엔티티를 추가하여 MHA의 서비스 범위를 두었다⁶⁾. 이동 노드가 MHA 범위 내에서 이동할 경우에는 MHA의 변함없이 MHA로부터 서비스를 받고, 이동 노드가 MHA의 범위 밖으로 벗어나면 핸드오프가 발생하는데, 이때 MHA는 이동한 외부 네트워크 상의 FA가 된다. MHA의 서비스 범위가 무한대이면 HA 기반 멀티캐스트와 동일하며, MHA의 서비스 범위가 0이면 FA 기반 멀티캐스트와 동일하다. RBMoM은 어느 범위를 벗어날 경우 터널링으로 인한 경로 비용 문제를 해결하기 위하여 FA기반의 멀티캐스트를 이용하였고, 트리 재구성의 빈번함을 해결하기 위하여 HA 기반의 멀티캐스트를 함께 이용한 프로토콜이다. RBMoM은 HA 기반의 멀티캐스트와 같은 터널 집중 문제가 발생하는데, MoM과 마찬가지로 DMSP를 사용하였다.

MMA 프로토콜은 데이터의 전송 경로의 길이를 최적화하고, 멀티캐스트 데이터그램의 중복 문제를 해결하기 위해 제안된 프로토콜로써, Multicast Agent(MA)와 Multicast Forwarder(MF)로 구성된다. MA는 이동 노드에 멀티캐스트 서비스를 제공하는데, 각각의 MA는 멀티캐스트 그룹 당 하나의 MF를 가지게 된다. 이동 노드가 네트워크를 이동할 경우, 이동 노드는 새로운 MA로부터 자신의 MF 정보를 전송 받는다. 이때 새로운 MA가 멀티캐스트

트리에 속하면, 그 MA가 MF가 되며, 그 MA와 이동 노드는 MF 정보를 갱신한다. 이 때, 멀티캐스트 데이터그램의 포워딩은 새로운 MA(=MF)가 이동 노드로 직접 전달한다. 그러나 새로운 MA가 멀티캐스트 트리에 속해 있지 않을 경우, 이동 노드의 MF 값이 이동한 네트워크에서 MF값으로 계속 사용되며, 데이터 포워딩은 MF로부터 MA로의 터널링을 통해 이동 노드로 전달한다^[7]. 그러나 MMA 프로토콜은 이동 노드가 같은 그룹 멤버 네트워크를 이동한 이후 지속적으로 같은 그룹 멤버 네트워크에 이동하지 않을 경우 터널링 경로가 길어지며, 이동한 외부 네트워크와 인접한(1~2 홉 거리) 네트워크에 멀티캐스트 그룹 멤버가 있지만 우회해서 멀티캐스트 데이터그램을 수신하여 경로 최적화를 이루지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

III. MIMLB

1. 프로토콜 개요

본 논문에서 제안한 MIMLB는 양방향 터널링 기법을 기반으로 한 프로토콜로서, 양방향 터널링 기법의 단점인 멀티캐스트 데이터그램의 중복 문제를 해결하기 위해 터널 그룹멤버 개념을 도입하였으며, 라우팅 경로 최적화 문제를 해결하기 위하여 로컬 브로드캐스트를 이용한다.

MIMLB 프로토콜의 구성은 Virtual Home Agent (VHA), Multicast Agent with Local Broadcast (MALB)로 이루어진다. VHA는 양방향 터널링 기법의 프로토콜에서 멀티캐스트 데이터그램을 터널링해주는 HA와 같은 기능을 수행하는 에이전트로써, 이동 노드의 HA는 변하지 않는데 비해 VHA는 방문한 외부 네트워크에 따라 변한다. 즉, 이동 노드가 이동한 외부 네트워크에 그 이동 노드와 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 경우에 그 외부 네트워크의 VHA로 그 이동 노드의 VHA는 바뀌게 된다. MALB는 Mobile IP의 HA와 FA 및 멀티캐스트 기능을 수행하는 에이전트로써 서버넷 상에 하나씩 존재하며, 로컬 브로드캐스팅을 통해 인접한 네트워크에 같은 멀티캐스트 그룹 멤버를 발견하여 경로를 최적화하는 역할을 담당한다.

MIMLB 프로토콜에서 이동 노드가 이동한 외부 네트워크에 이동 노드와 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 경우에는 별다른 처리과정 없이 멀티캐스트 데이터그램을 수신하지만, 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 없는 경우에는 HA 및 VHA 중에서 적

합한 터널링 경로를 선택하도록 함으로서 경로를 최적화 할 수 있도록 하였다. 그러나 이 터널링 경로도 최적이지 아닐 수 있으므로 로컬 브로드캐스트를 통해 경로 최적화 하는 과정을 추가하였다. 그림 1에서 27번 네트워크가 이동 노드의 HA(또는 VHA)인데, 현재 이동 노드가 12번 네트워크로 이동하는 경우 27번 네트워크로부터 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신하게 된다. 즉, 9번 네트워크와 19번 네트워크와 같이 인접한 거리(1~2 홉 거리)에 같은 그룹의 멤버가 있는 경우에도 우회해서 멀티캐스트 데이터그램을 수신하므로 경로 최적화를 이루지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

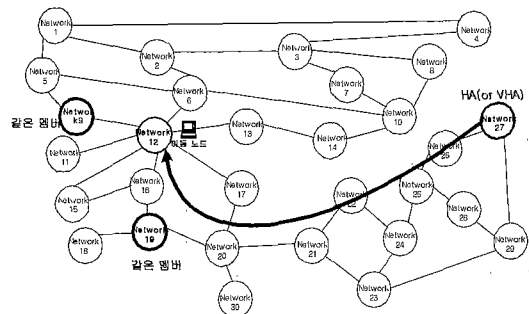


그림 1. 긴 터널링으로 인한 경로비용 문제

이 문제를 해결하기 위하여 MIMLB에서는 터널링 요청과 동시에 인접 네트워크로 멀티캐스트 가입 메시지를 브로드캐스트하여 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 라우터를 이웃 네트워크에서 발견하게 되면 이웃 네트워크와 멀티캐스트 트리를 구성함으로써 빠른 트리 재구성과 라우팅 경로의 최적화를 이루도록 한다. 그림 2에 로컬 브로드캐스트 동작을 나타냈는데, HA 및 VHA로 터널링을 요청함과 동시에 로컬 브로드캐스트를 통해 인접한 네트워크에 자신과 같은 멀티캐스트 그룹이 있는가를 확인한다. 이 브로드캐스트 범위는 TTL 값으로 결정하는데 보통 1~2 정도로 하여 빠른 트리 재설정이 이루어지도록 하였다.

그림 2에서는 이동 노드가 같은 그룹 멤버가 없는 12번 네트워크로 이동한 후 로컬 브로드캐스트를 통해 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 라우터인 9번 네트워크를 발견한 후 그 네트워크와 멀티캐스트 트리를 구성하고 자신의 VHA 값을 9번 네트워크로 변경하고 27번 네트워크로부터의 터널링 경로를 제거하는 과정을 보이고 있다.

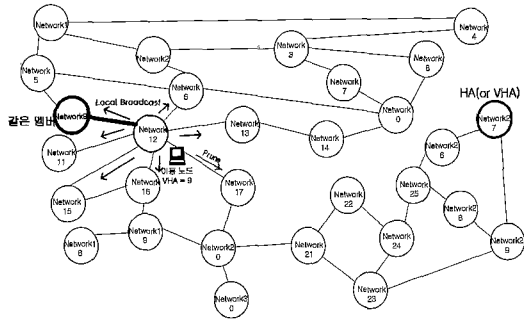


그림 2. 로컬 브로드캐스트를 이용한 경로 최적화

2. 프로토콜 구조

MIMLB에서 새로 추가된 엔티티는 VHA와 MALB이다. VHA는 이름 그대로 가상 HA로서 HA 역할을 담당한다. 즉, 양방향 터널링 기법에서는 이동 노드가 외부 네트워크로 이동시 HA로 터널링을 요청하여 멀티캐스트 데이터그램을 수신하는데, 같은 그룹 멤버가 있는 외부 네트워크에서 인접한 다른 외부 네트워크에 이동하였을 때 새로 이동한 외부 네트워크에 같은 그룹 멤버가 존재하지 않을 경우 HA로 터널링을 요청하는 것보다는 직전의 외부 네트워크로 터널링을 요청하는 것이 더 효과적이므로 경로 최적화를 위하여 VHA를 추가하였다. VHA는 이동 노드가 자신과 같은 그룹 멤버가 존재하지 않는 외부 네트워크로 이동할 경우 이동 노드로 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 전달해주는 역할을 담당한다.

MALB는 Mobile IP의 HA와 FA의 기능을 수행함과 동시에 서브넷 상에서 자신의 홈 네트워크에 속한 노드들에 대해 IGMP querier의 역할을 수행하여 멀티캐스트 그룹 멤버의 가입/탈퇴를 위해 트리 구성/제거를 수행한다. 그리고 외부 네트워크에 속한 이동 노드가 이동해온 경우 이동 노드의 그룹 ID와 자신의 그룹 ID를 비교하여 자신의 그룹 ID와 같은 경우 이동 노드의 VHA값을 자신의 IP주소로 갱신해주어 직접 이동 노드로 멀티캐스트 데이터그램을 전달해준다. 그러나 이동 노드의 그룹 ID가 자신의 그룹 ID와 일치하지 않을 경우 자신의 Tunneled Group ID와 비교하여 일치할 경우 현재의 터널링 경로 비용과 이동 노드로부터의 새로운 터널링 경로 비용과 비교하여 더 적합한 경로를 선택하고 다른 경로는 제거한다. 그리고 이동해온 이동 노드와 자신의 그룹 ID와 Tunneled Group ID가 일치하지 않을 경우, 자신의 이동 노드의 HA와 VHA로 터널링을 요청하여 터널링을 통해 멀티캐

트 데이터그램을 수신하며, 이때 경로 최적화를 위하여 로컬 브로드캐스팅을 통해 인접한 네트워크에 같은 그룹 멤버가 있는지를 찾는다. 인접한 네트워크에 같은 그룹멤버가 있는 경우 이동 노드의 터널링 경로는 제거하고 인접한 네트워크로부터의 경로를 구축한다.

이동 노드는 자신의 HA주소뿐만 아니라 멀티캐스트 그룹에 대한 VHA를 보유하고 있으며 이 값은 이동한 네트워크 환경에 따라 변한다. 즉, 이동 노드의 HA값은 변할 수 없지만 VHA 값은 이동한 네트워크에 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 경우 그 네트워크 주소로 바뀌게 된다.

그림 3은 MALB에서 보유하는 멀티캐스트 정보 테이블인데 Group ID는 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 경우 그 그룹 주소 및 그 멀티캐스트 데이터그램을 수신하는 이동 노드의 IP 주소 목록, 그리고 터널링 해주어야 하는 FA 목록을 보유해야 한다. 여기에서 VHA는 MALB 자신의 IP 주소이다. 그리고 MALB에 이동해온 이동 노드가 터널링을 통하여 멀티캐스트 데이터그램을 수신하는 경우에는 Tunneled Group ID에 정보를 저장하게 되는데, 그 그룹의 주소 및 터널링을 통해 그 멀티캐스트 데이터그램을 수신하는 이동 노드의 IP 주소 목록, 터널링을 해주는 VHA의 IP 주소와 이 멀티캐스트 데이터그램의 송신지 IP 및 TTL 값을 저장한다. 이 송신지 IP 주소 및 TTL 값은 터널링 경로의 최적화를 위하여 사용한다. Tunneled Group ID 정보는 멀티캐스트 데이터그램의 중복 문제를 해결하고 터널 경로의 최적화를 위하여 사용한다.

Group ID.	Member List	VHA	FA List
...			
Tunneled Group ID	Member List	VHA	(s, TTL)
...			

그림 3. MALB의 멀티캐스트 정보 테이블 항목

그림 4는 이동 노드가 보유하고 있는 멀티캐스트 정보 테이블을 나타내는데, 현재 이동 노드가 가입하고 있는 그룹 주소 및 VHA IP 주소를 보유하고 있으며, 홈 네트워크 상에서의 VHA 주소는 HA 주소가 되고, 이동 노드가 같은 그룹 멤버가 있는 네트워크로 이동할 경우에는 그 네트워크의 MALB의

IP 주소가 VHA가 되며, 같은 그룹 멤버가 없는 네트워크로 이동할 경우에는 현재 이동 노드의 VHA로부터 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신하게 된다. 그런데 이동한 네트워크에서 이미 터널링을 통해 같은 그룹 멤버의 멀티캐스트 데이터그램을 수신할 경우, 현재의 터널링 경로와 이동 노드의 HA 및 VHA의 경로를 비교하여 더 적합한 경로를 선택한다. 이때 터널링의 중단은 MALB가 된다.

Group ID.	VHA

그림 4. 이동 노드의 멀티캐스트 정보 테이블 항목

3. 프로토콜 동작

이동 노드가 어떤 외부 네트워크로 이동했을 때 그 외부 네트워크에 같은 Group ID가 있는 경우 이동 노드는 VHA값을 그 외부 네트워크의 MALB 주소로 갱신하고 별다른 절차 없이 멀티캐스트 데이터그램을 수신한다. 그러나 같은 Group ID가 없는 경우, Tunneled Group ID를 확인하여, 같은 Tunneled Group ID가 있는 경우, 터널링 집중으로 인한 데이터그램의 중복을 방지하기 위해 그림 5와 같이 현재 자신의 VHA로부터의 (s, TTL) 값과 이동 노드의 HA 및 VHA로부터의 (s, TTL) 값을 비교하여 같은 송신지에 대하여 자신의 TTL값이 크면 이동 노드의 HA 또는 VHA로부터의 터널링 경로를 제거하고, 이동 노드의 TTL 값이 크면 MALB 자신의 VHA와 (s, TTL) 값을 갱신하고 이동 노드로부터 터널링되어온 경로로 터널링 경로를 변경한다. MALB에서 거리계산에 의해 최적의 경로를 선택하지 않고 터널링을 요청하는 이유는 이동 노드의 VHA가 이동 노드가 떠남으로서 멀티캐스트 트리상에서 제거되어 있을 수 있기 때문이다. 이 터널링 경로는 적합한 경로를 가진 이동 노드가 다른 네트워크로 이동해 갈 경우 발생하는 경로 재구성 문제를 방지하기 위하여 그 이동 노드가 이동해 갈 경우에도 터널링 경로를 유지한다. 즉, 터널링 경로는 더 적합한 터널링 경로가 추가될 경우와 로컬 브로드캐스트를 통해 인접한 네트워크로부터 멀티캐스트 트리를 구성한 경우, 그리고 네트워크 상에 더 이상 그룹 멤버가 존재하지 않는 경우를 제외하고는 제거되지 않는다.

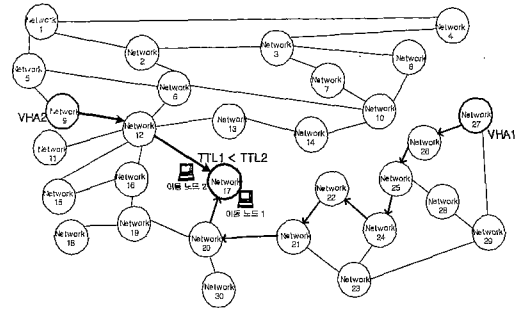


그림 5. TTL 값을 이용한 터널 경로 최적화 및 멀티캐스트 데이터그램의 중복 문제 해결 방안

이동 노드가 어떤 외부 네트워크로 이동했을 때 멀티캐스트 그룹 멤버가 없는 경우에 외부 네트워크 상의 MALB는 이동 노드의 HA 또는 VHA값을 자신의 VHA값으로 갱신하고 VHA로 터널링을 요청한다. 또한 MALB는 적합한 터널링 경로를 유지함과 동시에 멀티캐스트 경로의 최적화를 위하여 인접 네트워크로 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는지를 확인하기 위한 메시지를 브로드캐스트하여 멀티캐스트 트리 상의 네트워크를 찾는다. 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 네트워크를 발견하면 그 네트워크의 MALB 주소를 자신의 VHA값으로 갱신하여 터널링 경로를 변경한 후, 그 네트워크와 멀티캐스트 트리를 구성하고 터널링 경로를 제거하고 자신의 VHA값을 자신의 주소로 갱신함으로써 터널링을 중단한다.

그림 6은 멀티캐스트 그룹의 멤버인 이동 노드가 어떤 외부 네트워크에 도착했을 때 그 외부 네트워크에 있는 MALB에서 이루어지는 동작으로, 이동 노드의 Group ID와 VHA 값을 읽은 후 이동 노드의 Group ID가 MALB 자신의 멀티캐스트 정보 테이블에 있다면 그 이동 노드의 IP 주소를 Group ID의 멤버 목록에 추가하고 이동 노드의 VHA 값을 MALB의 VHA 값으로 갱신한다. 이동 노드의 Group ID가 MALB의 Group ID에는 없지만 Tunneled Group ID에 있다면, MALB는 이동 노드의 VHA와 HA에 터널링을 요청하여 멀티캐스트 데이터그램을 수신한 후 TTL 값을 구해 현재 터널링 경로의 TTL 값과 비교한다. 현재 터널링 경로의 TTL 값이 크다면 이동 노드의 VHA 값을 MALB의 VHA 값으로 갱신하고 이동 노드의 HA 및 VHA로부터의 터널링 경로를 제거한다. 이동 노드의 VHA(또는 HA)로부터의 터널링 경로의 TTL 값이 크다면 MALB의 VHA 값과 모든 Member List

의 VHA 값을 이동 노드의 VHA(또는 HA) 값으로 갱신하고 현재 터널링 경로를 제거한다. 만약 이동 노드의 Group ID가 MALB의 멀티캐스트 정보 테이블에 없다면 이동 노드의 Group ID에 대해 새로운 Tunneled Group ID 엔트리를 생성하고 이동 노드의 VHA와 HA로 터널링을 요청하며 이웃 MALB로 가입 메시지를 브로드캐스트 한다. HA와 VHA로부터 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신한 후 HA로부터의 TTL 값이 큰 경우에는 VHA로부터의 터널링 경로를 제거하고 MALB 및 이동 노드의 VHA 값을 이동 노드의 HA 값으로 갱신한다. VHA로부터의 TTL 값이 큰 경우에는 HA로부터의 터널링 경로를 제거한다. 그리고 이웃 MALB로부터 Join Ack. 메시지를 수신하게 되면 이웃 네트워크와 멀티캐스트 트리를 구성하고 이동 노드의 Group ID에 대해 새로운 Group ID 엔트리를 생성하여 이동 노드의 VHA 값을 MALB 주소로 갱신하고 터널링 경로를 제거하고 Tunneled Group ID 엔트리를 삭제한다.

```

IF(Registration Request Message is received from a MN) {
  Take the information from the MN(Group ID, VHA);
  IF(Group ID is already registered in Multicast Information Table) {
    Add the MN to the Group ID Member List;
    Notify new VHA to the MN;
  } ELSE IF(Tunneled Group ID is already registered in Multicast Information Table) {
    Send Forwarding Request Message to the MN's VHA and HA;
    IF(TTL from the current path is larger than TTL from the MN's) {
      Add the MN to the Tunneled Group ID Member List;
      Notify new VHA to the MN;
      Send Forwarding Stop Message to MN's VHA(or HA);
    } ELSE {
      Add the MN to the Tunneled Group ID Member List;
      Notify new VHA to all Member List except the MN;
      Update VHA of MALB with new VHA;
      Send Forwarding Stop Message to old VHA;
    }
  } ELSE {
    Make new Tunneled Group entry;
    Add the MN to Member List;
    Set up VHA of MALB with VHA of the MN;
    Send Forwarding Request Message to new VHA and HA;
    Broadcast Join Message to all neighbor agent;
    IF(TTL from the HA is larger than TTL from the VHA) {
      Notify new VHA to the MN;
      Update VHA of MALB with MN's HA;
      Send Forwarding Stop Message to MN's VHA;
    } ELSE {
      Send Forwarding Stop Message to MN's HA;
    }
  }
  IF(Join Ack. is received from neighbor agent) {
    Build Multicast Tree to the neighbor agent;
    Make new Group entry;
    Update VHA of MALB with the its own IP address;
    Notify new VHA to the MN;
    Send Forwarding Stop Message to old VHA;
    Delete Tunneled Group entry;
  }
}
    
```

그림 6. 멀티캐스트 그룹 멤버인 이동 노드가 외부 네트워크에 도착했을 때 MALB의 동작

그림 7은 멀티캐스트 데이터그램이 도착했을 때 MALB의 동작으로서 수신한 멀티캐스트 데이터그

램을 Member List에 있는 모든 노드들에게 전송하고 FA List에 있는 FA에게 터널링해준다.

```

IF(Group entry exists in Multicast Information Table) {
  Transmit the Multicast datagram to all nodes of Member List;
  Transmit the Multicast datagram to all FA in the FA List through tunnels;
}
    
```

그림 7. 멀티캐스트 데이터그램 도착 시 MALB의 동작

그림 8은 이동 노드가 그 외부 네트워크를 떠날 경우의 MALB의 동작으로서 MN이 가입되어 있는 그룹 엔트리의 Member List에서 MN을 제거한 후 제거된 그룹 엔트리에 더 이상의 그룹 멤버가 없을 경우, 그룹 엔트리의 VHA 값이 MALB 자신의 주소이면 Prune 메시지를 전송하여 멀티캐스트 트리를 제거하고, VHA 값이 MALB 자신의 주소가 아니면 VHA로부터의 터널링 경로를 제거하고 멀티캐스트 정보 테이블로부터 그룹 엔트리를 삭제한다.

```

IF(a MN leaves from a MALB) :
  Delete MN form Member List in all group entries joined by the MN;
  IF(Group member doesn't exist in group entry anymore) {
    IF(VHA equals to itself) {
      Send Prune message;
    } ELSE {
      Send Forwarding Stop Message to VHA;
    }
  }
  Delete group entry from Multicast Information Table;
}
    
```

그림 8. 이동 노드가 네트워크를 떠날 때 MALB의 동작

그림 9는 다른 MALB로부터 제어 메시지를 수신할 경우 MALB의 동작으로 Forwarding Stop 메시지를 수신한 경우 FA List로부터 그 FA를 삭제하여 FA로 송신하는 터널링 경로를 제거하고 그룹 엔트리에 더 이상의 그룹 멤버가 없다면 Prune 메시지를 전송하여 멀티캐스트 트리를 제거한다. Forwarding Request 메시지를 수신한 경우에는 그룹 엔트리의 FA List에 추가한다.

```

IF(Forwarding Stop message is received) {
  Delete the agent from FA List in group entry;
  IF(Group member doesn't exists in group entry anymore)
    Send Prune message;
}
IF(Forwarding Request message is received)
  Add the agent to FA List in the group entry;
}
    
```

그림 9. 다른 MALB로부터 제어 메시지를 수신할 경우에 MALB 동작

IV. 성능 측정

MIMLB의 성능 측정을 위한 시뮬레이션 네트워크는 그림 10과 같이 100개의 서로 다른 서브넷으로 구성되었으며, 멀티캐스트는 라테부 포인트(RP) 기반의 공유 트리 구조를 기반으로 한 Protocol Independent Multicast Sparse Mode(PIM-SM) 프로토콜로 동작한다고 가정하였다. 멀티캐스트 그룹은 1개가 있고 송신지는 1번 네트워크, RP는 30번 네트워크의 MALB이고, 그룹 멤버들은 랜덤하게 분포하고 있다고 가정하였다.

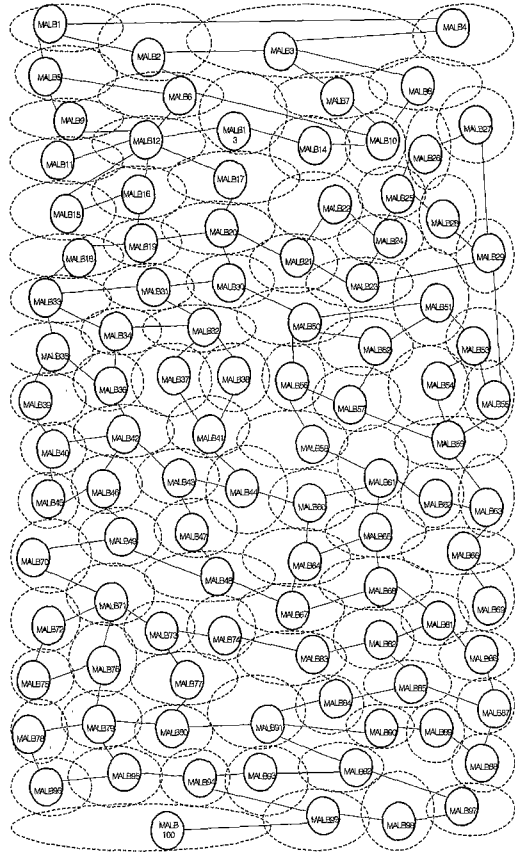


그림 10. 시뮬레이션 네트워크 구성도

이동 노드가 외부 네트워크로 이동할 때 멀티캐스트 데이터그램을 수신하기 위하여 새롭게 추가된 경로의 평균 길이를 그림 11에 보였다. 그림 11에서 그룹 멤버 수의 증가에 따라 경로 길이가 달라지는 것을 보였는데, 경로 길이란 홉 수를 말하며, 이동에 따라 추가되는 경로 길이가 짧을수록 멀티캐스트 전송 경로가 짧은 것을 나타낸다.

그림에 나타난 바와 같이, 제한한 MIMLB의 멀티캐스트 전송 경로가 MMA, RBMoM, MoM보다

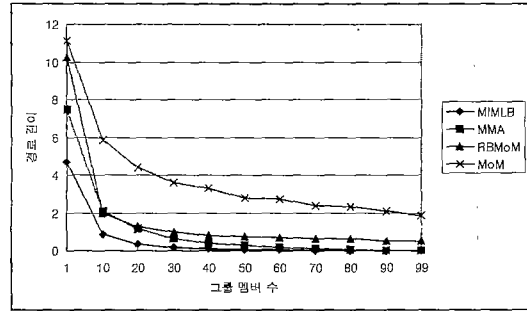


그림 11. 송신지 1, RP 30일 때 그룹 멤버 수에 따른 이동 노드의 평균 경로 길이

감소한 것을 알 수 있다. 이동에 따라 추가되는 경로 길이가 짧을수록, 양방향 터널링 기법을 이용하는 MIMLB, MMA, MoM 프로토콜에서는 멀티캐스트 데이터그램을 VHA(또는 MF, 또는 HA)를 통해 우회해서 전송하는 터널링 경로 길이가 줄어드는 것을 나타내지만, RBMoM에서 이동 노드가 MHA 범위 밖으로 이동 시 이용하는 원격지 등록 기법의 경우에는 재구성하여야 할 트리 경로의 홉 수가 적어지는 것을 나타낸다. 이때, 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신하는데 추가되는 지연이 멀티캐스트 트리를 구성하여 멀티캐스트 데이터그램을 수신하는데 추가되는 지연보다 훨씬 짧다^[5].

또한, MIMLB, MMA, RBMoM에서는 이동한 외부 네트워크 상에 같은 그룹 멤버가 있는 경우 추가적인 그룹 가입 절차 없이 외부 네트워크에서 멀티캐스트 데이터그램을 수신하는 처리과정을 갖고 있기 때문에, 그룹 멤버수가 증가할수록 같은 그룹 멤버가 있는 외부 네트워크로 이동할 확률이 높아 지므로 그룹 멤버 수의 증가에 따라 새로 추가되는 경로 길이가 줄어드는 것을 알 수 있다. 그러나 MoM에서 경로 길이가 감소한 것은 DMSP에 의해 이동한 외부 네트워크 상에 같은 그룹 멤버가 터널링을 통해 수신하고 있는 경우 추가적인 절차 없이 멀티캐스트 데이터그램을 수신할 수 있기 때문이다.

로컬 브로드캐스트를 도입한 효과를 알아보기 위해 멀티캐스트 그룹 멤버에 가입한 멤버 수에 따라 이동 노드가 외부 네트워크로 이동 시 새로 추가된 경로의 평균 길이를 그림 12에 보였다. 로컬 브로드캐스트를 이용한 경우 평균 35%정도 경로 길이가 감소한 결과를 얻었다.

그림 13에는 멀티캐스트 그룹 멤버 수에 따라 이동 노드가 외부 네트워크로 이동 시 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 네트워크로 이동할 확률, 터널

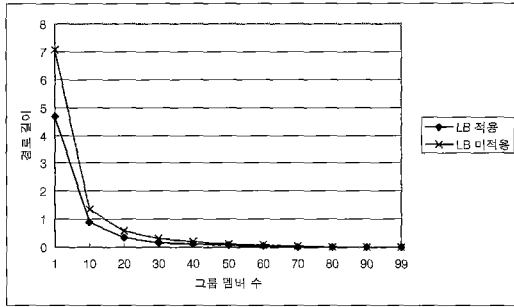


그림 12. 송신지 1, RP 30일 때 그룹 멤버 수에 따른 Local Broadcast(LB) 사용에 따른 이동 노드의 평균 경로 길이 비교

을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신할 확률, 그리고 로컬 브로드캐스트를 통해 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 네트워크를 발견할 확률을 보였다. 그림에서 보인바와 같이 그룹 멤버 가입자 수가 증가할수록 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 네트워크로 이동할 확률은 높아지고 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신할 확률은 줄어들었으며 로컬 브로드캐스트를 통해 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 네트워크를 발견할 확률은 최대 25%로 나타났다. 예를 들어 그룹 멤버 수가 30일 때 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 네트워크로 이동할 확률은 63%이고 로컬 브로드캐스트를 통해 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 네트워크를 발견할 확률은 24%, 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 네트워크를 발견하지 못해서 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터그램을 수신할 확률은 13%이다.

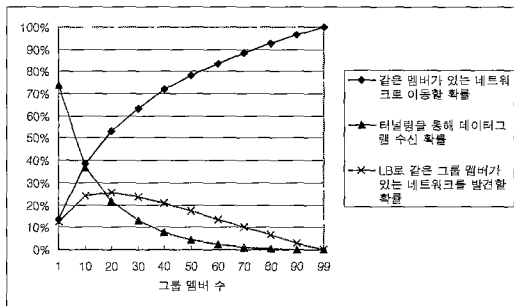


그림 13. 그룹 멤버수에 따른 외부 네트워크로 이동 시 로컬 브로드캐스트 효과

결과적으로 그룹 멤버 수가 30일 때 24% 정도 로컬 브로드캐스트를 통해 같은 멀티캐스트 그룹 멤버가 있는 네트워크를 발견하였고, 그만큼 터널링을 줄일 수 있었으며, 이는 MALB에서 멀티캐스트

데이터그램의 복사를 줄이는 효과를 나타낸다.

V. 결론

본 논문에서는 멀티캐스트에 이동성을 지원하기 위해 기존의 Mobile IP와 멀티캐스트 프로토콜을 그대로 적용할 때 발생할 수 있는 문제점을 해결하고 멀티캐스트 라우팅 경로를 최적화할 수 있는 방안으로서 MIMLB를 제안하였다. MIMLB 프로토콜은 양방향 터널링 기법을 기반으로 한 이동 멀티캐스트 프로토콜로서, 멀티캐스트 그룹 멤버인 이동 노드가 외부 네트워크로 이동 시 멀티캐스트 트리 재구성을 신속하게 하고 멀티캐스트 경로를 최적화하여 이동이 빈번하게 발생하는 환경에서 고속의 멀티미디어 서비스 제공에 유리하다.

MIMLB에서는 이동 노드가 이동한 외부 네트워크에 이동 노드와 같은 멤버가 있는 경우에는 외부 네트워크에서 멀티캐스트 데이터그램을 수신하지만, 같은 멤버가 없는 경우에는 HA 또는 VHA로부터 터널링을 이용하는데, 멀티캐스트 라우팅 경로의 최적화를 위하여 로컬 브로드캐스트 기법을 이용하였다. 로컬 브로드캐스트를 통해 로컬 브로드캐스트를 사용하지 않을 때보다 35% 정도 멀티캐스트 경로 길이를 줄일 수 있었으며, 이동 노드와 같은 그룹 멤버가 있는 이웃 네트워크를 로컬 브로드캐스트를 통해 발견할 확률이 최대 25%정도 되는데 그만큼 터널링을 줄일 수 있었으며 MALB에서 멀티캐스트 데이터그램의 복사를 줄일 수 있었다. 또한, MIMLB프로토콜은 기존 Mobile IP 프로토콜과 멀티캐스트 프로토콜을 이용하여 단순한 동작 과정을 갖도록 구현하였기 때문에 현재 인터넷 환경에 쉽게 적용할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] C. Perkins, "IP Mobility Support", *RFC-2002*, October 1996.
- [2] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting", *RFC-1112*, August 1989.
- [3] Kevin C. Almeroth, "The Evolution of Multicast: From the Mbone to Interdomain Multicast to Internet2 Deployment", *IEEE Network*, pp.10-20, January/February 2000.
- [4] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4, revised", *INTERNET DRAFT draft-ietf-*

mobileip-rfc2002-bis-07.txt, August 2001.

- [5] V. Chikarmane, et al., "Multicast Support for mobile hosts using Mobile IP: Design issues and proposed architecture", *Mobile Networks and Application*, pp.365-379, 1998.
- [6] Chunhung Richard Lin, and Kai-Min Wang, "Mobile Multicast Support in IP Networks", *IEEE INFOCOM 2000*, pp.1664-1672, 2000.
- [7] Hee-Sook Shin, and Young-Joo Suh, "Multicast Routing Protocol in Mobile Networks", *ICC2000*, pp. 1416-1420. June 2000.
- [8] D. Waitzman, C. Partridge, and S. Deering. "Distance Vector Multicast Routing Protocol," *RFC-1075*, 1988.
- [9] D. Estrin, et al., "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification", *RFC-2362*, June 1998.
- [10] M.H. MacDougall, *Simulating Computer Systems Techniques and Tools*, The MIT Press, 1987.

김 화 종(Hwa-Jong Kim)

종신회원



1982년 2월: 서울대학교 전자공학과 졸업

1984년 2월: KAIST 전기 및 전자공학과 석사

1988년 8월: KAIST 전기 및 전자공학과 박사

1992년~1993년 UC Berkeley 방문연구원

1995년~1999년: 강원대학교 전자계산소장

1999년~2000년: Univ. of Washington 방문교수

2000년~현재: 강원대학교 정보통신연구소장

현재: 강원대학교 전기전자정보통신공학부 교수

<주관심 분야> 네트워크 프로그래밍, 분산 네트워크

차 용 주(Yongjoo Tcha)

정회원



1989년 2월: 강원대학교 전자공학과 졸업

1992년 2월: 강원대학교 전자공학과 석사

1997년 3월~현재: 강원대학교 전자공학과 박사과정

1992년 3월~현재: 한국통신 연구개발본부 선임보연구원

<주관심 분야> Mobile 멀티캐스트, 차세대 인터넷