□신기술해설□

이동 컴퓨팅 환경에서 IP 멀티캐스트 기술

원 유 재† 유 관 종†† 강 태 운††† 황 승 구††††

◈ 목 차 ◈

1. 서 론
2. IP 멀티캐스트
3. 이동성 지원 멀티캐스트 프로토콜
4. 결 론

1. 서 론

컴퓨터 및 통신 기술의 발달로 휴대용 컴퓨터 단말의 보급이 급증하고 무선 네트워크의 활용이 일반화 되고 있다. 따라서, 휴대용 컴퓨터 단말이 이동하는 도중에도 유선 네트워크에 위치하는 호스트들과 지속적인 서비스를 제공할 수 있도록 지원하는 프로토콜과 이를 바탕으로 하는 응용들에 관한 연구가 크게 증가하고 있다.

IETF(Internet Engineering Task Force)를 중심으로 이동성을 지원하는 인터넷 프로토콜(Internet Protocol, IP)에 관한 연구가 진행되어 이동 인터넷 프로토콜(Mobile IP)에 관련된 표준안이 제안되었다[15,16,17]. 이동 인터넷 프로토콜은 단말이 이동하여 서브 네트워크가 변경되더라도 사용자에게 투명하게 연속적인 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다.

† 정회원 : 한국전자통신연구원 선임연구원
†† 정회원 : 충남대학교 컴퓨터과학과 교수
††† 정회원 : 한국전자통신연구원 컴퓨터통신 연구실장
†††† 정회원 : 한국전자통신연구원 멀티미디어연구부 부장

한편, 인터넷 프로토콜 멀티캐스트(Internet Protocol Multicast, IP 멀티캐스트)는 원격 교육, 다자간 영상회의, 주문형 비디오, 원격 공동 작업 등과 같은 일반적인 그룹 통신 서비스로부터 최근에 각광 받고 있는 푸시(Push) 기술을 기반으로 하는 뉴스, 광고, 메일 등의 응용 서비스에 이르기 까지 널리 사용되고 있다. IP 멀티캐스트는 복수의 수신자들에게 데이터를 전송하기 위해서 수신 호스트 수만큼 전송하지 않고 단 한번의 전송에 의하여 데이터를 전달할 수 있도록 하여 네트워크 효율과 컴퓨터의 처리율 측면에서 많은 장점을 제공한다[10]. 그럼에도 불구하고 IP 멀티캐스트에 관해서는 인터넷 프로토콜에 비하여 이동성을 지원하기 위한 연구가 미진한 실정이다.

IP 멀티캐스트에 이동성을 제공하기 위해서는 수신 호스트들이 복수라는 것과 라우팅 경로를 설정하는데 있어서 목적지 주소 대신에 근원지 주소가 사용된다는 것이 인터넷 프로토콜과 다르게 고려되어야 한다. 또한, 멀티캐스트 데이터그램에는 네트워크를 통해 전달 될 수 있는 범위를 나타내는 TTL(Time To Live)이 지정되는 점과 멀티캐스트를 지원하지 않는 서브네트워크가 존재

할 수 있다는 것도 인터넷 프로토콜과는 다르게 고려되어야 할 대상이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IP 멀티캐스트 프로토콜이 이동 컴퓨팅 환경에서 갖는 문제점을 살펴본다. 3장에서는 IP 멀티캐스트에 이동성을 제공하기 위한 기술들을 분석한다. 4장에서는 연구 결과들을 평가 기준에 따라서 비교하고 결론을 맺는다.

2. IP 멀티캐스트

인터넷 멀티캐스트(IP Multicast)는 서브 네트워크에서 호스트 그룹을 관리하는 Internet Group Management Protocol(IGMP)과 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 의하여 동작한다[11, 12]. 호스트들은 멀티캐스트 데이터그램을 수신하고자 할 때 멀티캐스트 주소를 지정하여 호스트 그룹에 가입한다. IP 멀티캐스트는 특정 호스트 그룹에 가입한 서브 네트워크가 서로 연결된 환경에서는 멀티캐스트 라우터가 서로 다른 서브 네트워크로 멀티캐스트 데이터그램을 전달하는 기능을 제공한다. 통신하고자 하는 호스트들 사이에 멀티캐스트 라우터가 존재하지 않는 서브 네트워크가 있으면 멀티캐스트 라우터들을 터널로 연결하여 멀티캐스트 데이터그램을 전달할 수 있다. 멀티캐스트 주소는 네트워크 식별자를 포함하는 유니캐스트 주소와 달리 호스트 그룹의 식별자를 사용한다. 또한, 멀티캐스트 데이터그램에 TTL(Time To Live)을 지정하여 멀티캐스트 데이터그램이 전송될 수 있는 범위를 제한할 수 있다.

2.1 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

인터넷 프로토콜에서 멀티캐스트 데이터그램은 그룹에 속한 모든 호스트들을 연결하는 스패닝 트리(spanning tree)를 통하여 송신 호스트로부터 수신 호스트들에게 전달되며, 트리를 구성하는 방법은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 의해서 결정된다. 라우팅 프로토콜은 멤버들의 분포와 네트워크 대역폭의 가용성에 따라서 Dense-mode 멀티캐스트 라우팅 프로토콜과 Sparse-mode 멀티캐스트 라우팅 프로토콜로 구별된다.

Dense-mode 라우팅 프로토콜은 멤버 호스트들이 전체 네트워크에 골고루 분포되어 있고 대역폭이 풍부한 네트워크 환경임을 가정한다. 따라서, 다른 라우터들에게 멀티캐스트 데이터그램을 전달하기 위한 방법으로 범람(flooding) 시키는 기법을 기본으로 사용한다. Dense-mode 라우팅 프로토콜은 Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP), Multicast Open Shortest Path First (MOSPF), Protocol-Independent Multicast-Dense Mode (PIM-DM) 등이 있다[13,14,18].

Sparse-mode 라우팅 프로토콜은 멤버 호스트들이 전체 네트워크에 고루 분포되어 있지 않으며 지역적으로 원거리에 위치하고 대역폭이 풍부하지 않다는 것을 가정하는 라우팅 프로토콜이다. 따라서, 다른 라우터들에게 멀티캐스트 데이터그램을 전달하기 위한 방법으로 대역폭의 낭비를 초래하는 범람 기법을 사용하지 않고 라우터들을 멀티캐스트 트리로 구성하여 트리에 포함된 라우터들에게 선택적으로 전달하는 기법을 사용한다. Sparse-mode 라우팅 프로토콜은 그룹을 형성하는 멤버 호스트들이 하나의 멀티캐스트 트리를 공유하는 특징이 있으며, Core Based Trees(CBT), Protocol-Independent Multicast-Sparse Mode(PIM-DM) 등이 이에 속한다[15,18]. 이상에서 살펴본 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들은 호스트들이 유선 네트워크에 고정되어 있는 것을 가정하고 있다.

2.2 이동 컴퓨팅 환경에서의 IP 멀티캐스트

이동 컴퓨팅 환경에서 이동 호스트들이 상위 계

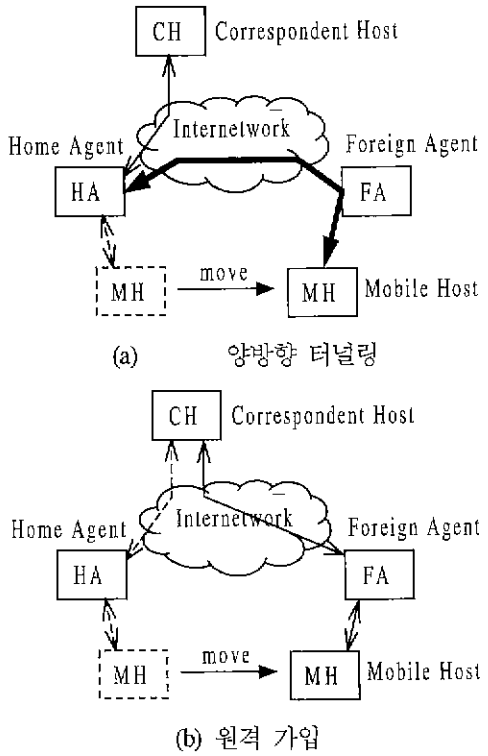
층의 응용에게 서비스를 제공하고 있는 도중에 네트워크 주소가 변경되는 다른 네트워크로 이동하면 멤버 호스트들의 위치, TTL의 증가, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜, 정착한 네트워크의 특성에 따라서 멀티캐스트 데이터그램을 지속적으로 수신하지 못하거나 멤버 호스트들에게 멀티캐스트 데이터그램을 전달하지 못하는 경우가 발생할 수 있다[2, 8, 9].

호스트가 다른 네트워크로 이동하였을 때에 정착한 네트워크에 같은 그룹의 구성원이 없는 경우에는 이전의 네트워크에서와 같이 그룹의 구성원들로부터 데이터그램을 수신할 수 없다. 이것은 호스트가 다른 네트워크로 이동할 때마다 정착한 네트워크에서 응용에 투명하게 호스트 그룹에 가입(Join)할 수 있는 핸드오버 절차가 추가되어야 하는 것을 의미한다. 새롭게 호스트 그룹에 가입하더라도 TTL 값이 증가하는 네트워크로 이동한 경우에는 데이터그램을 올바르게 송수신할 수 없다. 이동하기 전의 네트워크에서와 같이 데이터그램을 수신하기 위해서는 이동한 네트워크 까지 데이터그램이 도달할 수 있도록 하는 방법이 제공되어야 한다. 정착한 네트워크가 멀티캐스트 기능을 지원하지 않는 경우에도 이동 호스트는 데이터그램을 송수신할 수 없게 된다.

또한, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 따라서 라우터가 멀티캐스트 데이터그램을 다른 네트워크로 전송하지 않는 경우가 발생할 수 있다. 그 이유는 RPM(Reverse Path Multicasting) 기법을 사용하는 DVMRP와 PIM-DM에서는 라우터들이 멀티캐스트 데이터그램을 수신하였을 때에 송신자로부터 최적의 경로로 도착한 멀티캐스트 데이터그램에 대해서만 다른 라우터에게 전송하고, OSPF(Open Shortest Path First)를 확장한 MOSPF에서는 라우터들이 수신 호스트에게 최적의 경로를 제공하는 라우터들에게만 멀티캐스트 데이터그램을 전송하므로, 이동 호스트의 위치가 변경됨에 따라서 최적의 경로가 변경되어 라우터가 멀티캐스트 데이터그램을 무시하는 현상이 발생하기 때문이다. 공유 트리(shared tree)를 사용하는 Sparse-mode 라우팅 프로토콜은 호스트의 이동에 따라서 트리를 변경하거나 트리를 재구성해야 하므로 호스트가 이동하는 동안 데이터그램의 손실을 최소화 시킬 필요가 있다.

3. 이동성 지원 멀티캐스트 프로토콜

3.1 IETF Mobile IP Multicast



(그림 1) 양방향 터널링과 원격 가입

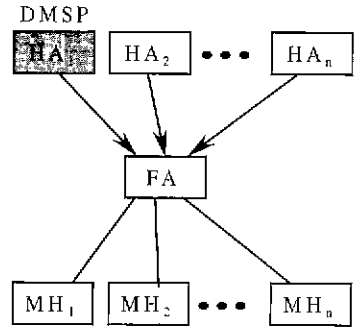
IETF Mobile IP[15]는 인터넷 프로토콜의 이동성 뿐만 아니라 멀티캐스트 데이터그램의 라우팅을 위한 기법도 간략하게 제안하고 있다. IETF

Mobile IP Multicast에서는 이동성을 지원하기 위하여 양방향 터널링(Bidirectional tunneled multicast)과 원격 가입(Remote subscription)을 선택 사항으로 권고한다. 양방향 터널링에 의한 방법은 MH(Mobile Host)가 HA(Home Agent)와 양방향 터널을 설정하여 IGMP 메시지를 포함한 모든 데이터그램을 HA를 경유하여 송수신하는 방법으로 HA가 멀티캐스트 라우터임을 가정한다(그림 1-a). 원격 가입은 데이터그램에 대한 최적의 경로를 제공하기 위하여 이동할 때마다 멀티캐스트 그룹에 가입하여 HA를 경유하지 않고 직접 데이터그램을 송수신하는 방법이다(그림 1-b). 이 방법은 이동한 네트워크에 멀티캐스트 라우터가 존재하는 경우에 가능하며, 멀티캐스트 데이터그램을 송신할 때 멀티캐스트 라우팅 프로토콜과의 독립성을 유지하기 위하여 반드시 care-of-address를 멀티캐스트 데이터그램의 근원지 주소로 사용해야 한다.

3.2 Mobile Multicast: MoM

MoM(Mobile Multicast)은 IETF Mobile IP 멀티캐스트에서와 같이 터널을 사용하면서 MH들의 이동에 따라서 발생할 수 있는 터널 집중 현상(Tunnel Convergence Problem)을 해결한다[7,8]. 서로 다른 네트워크에 분산되어 있던 MH들이 한 네트워크로 이동하면 복수의 HA들로부터 하나의 FA(Foreign Agent)로 터널의 끝점이 집중된다. 이 결과로 FA는 복수의 HA들로부터 데이터그램을 수신하여 MH들에게 전달하므로 FA는 물론 MH들도 중복된 데이터그램을 수신하게 된다.

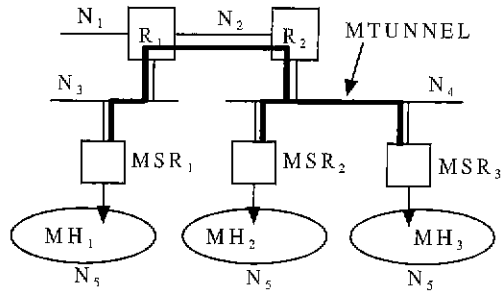
MoM은 터널 집중 현상을 방지하기 위하여 FA가 멀티캐스트 그룹마다 하나의 DMSP(Designated Multicast Service Provider)를 지정하도록 한다. DMSP는 FA에게 데이터그램을 전송할 책임을 갖는 HA이다. 따라서, FA는 같은 멀티캐스트 그룹에 가입한 복수의 MH들에게 서비스를 제공해야 하는 경우에 한 HA만 DMSP로 지정함으로써 복수의 HA들로부터 데이터그램을 중복하여 수신하지 않도록 제어한다.



(그림 2) 터널 집중 현상

3.3 Acharya의 Mobile IP Multicast

Acharya가 제안한 이동 IP 멀티캐스트는 Columbia 대학에서 제안한 Mobile IP를 기본으로 하고 있다[2]. Columbia 대학의 Mobile IP는 네트워크를 캠퍼스 단위로 나누고 캠퍼스 마다 MH들을 위하여 하나의 가상의 서브네트워크를 할당한다[4]. 따라서, 한 캠퍼스 내에서는 MSR(Mobility Support Router)들의 무선 인터페이스는 공통된 서브네트워크 주소를 공유하고 다른 캠퍼스로 이동한 경우에만 임시 주소를 할당 받는 특징을 갖는다. (그림 3)은 3개의 셀을 갖는 하나의 캠퍼스 네트워크를 나타내지만 MH들은 위치한 셀에 무관하게 네트워크 식별자 N5를 갖는다.



(그림 3) 네트워크 구성 예

Acharya는 멀티캐스트 데이터그램을 송수신하기 위하여 멀티캐스트 터널(Multicast Tunnel, MTUNNEL)을 정의하였다. MTUNNEL은 유니캐스트 터널과는 달리 캠퍼스 내의 모든 MSR들을 그룹의 구성원으로 하는 특별한 멀티캐스트 호스트 그룹이다. 모든 멀티캐스트 데이터그램과 IGMP 메시지는 MTUNNEL을 통하여 로컬 MSR과 원격의 MSR들을 경유하여 MH들에게 전달된다.

MH가 데이터그램을 송신하면 MH를 관리하는 로컬 MSR이 수신하여 IP-within-IP 기법에 의해서 encapsulation한 다음 MTUNNEL에 범람 시킨다. 송신 MSR이 아닌 모든 MSR들은 MTUNNEL에서 데이터그램을 수신하여 decapsulation한 다음 자신이 관리하고 있는 MH중에서 데이터그램에 지정된 멀티캐스트 그룹에 가입한 MH가 있으면 무선 인터페이스를 통하여 MH에 전달하고 그렇지 않으면 무시한다.

MH가 다른 캠퍼스로 이동하여 데이터그램을 송신하는 경우는 MH와 자신의 캠퍼스에 있는 임의의 MSR을 터널로 연결하여 데이터그램을 송신한다. 이때, 데이터그램의 근원지 주소는 MH의 홈 주소를 사용한다. MSR이 다른 캠퍼스로 이동한 MH로부터 데이터그램을 수신하면 자신의 캠퍼스에 있는 MH로부터 데이터그램을 수신한 것처럼 처리한다.

Acharya는 MTUNNEL을 사용하기 때문에 TTL에 관해서는 캠퍼스 내의 한 MH가 데이터그램을 수신하면 멀티캐스트 그룹에 가입한 모든 호스트들이 데이터그램을 수신하고 그렇지 않으면 모든 MH들이 데이터그램을 수신하지 못하는 all-or- none 개념을 적용한다. 따라서, MH가 다른 캠퍼스로 이동한 경우는 송신자로부터의 홉 카운트에 따라서 데이터그램을 수신하지 못하는 경우가 발생한다.

4. 결 론

3장에서 살펴본 연구들은 그룹을 구성하는 호스트들 사이에 전달되는 데이터그램에 대하여 최적의 경로를 제공하는가(Optimality), 홉 카운트가 증가하는 네트워크로의 이동을 허용하는가(TTL), 멀티캐스트 기능이 제공되지 않는 네트워크로의 이동을 허용하는가(Flexibility) 등의 기준에 따라서 특성을 요약하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 기능 비교

	Optimality	Flexibility	TTL
양방향 터널링	No	Yes	Yes
원격 가입	Yes	No	No
MoM	No	Yes	Yes
Acharya의 Mobile IP Multicast	No	Yes	No

<표 1>에서 보는 바와 같이 모든 문제를 해결하는 방법은 아직 없다. [15]에서 제안된 양방향 터널링에 의한 방법은 데이터그램에 대한 최적의 경로는 제공하지 못하지만 홉 카운트가 증가하는 네트워크와 멀티캐스트 기능을 제공하지 않는 네트워크로의 이동을 허용하므로 원격 가입과 비교할 때에 그 특성이 반대이다. MoM은 양방향 터널링과 같은 기능을 갖지만 터널 집중 현상을 해결하므로 양방향 터널링 보다 효과적이라 할 수 있다. 그러나, DMSP를 관리해야 하는 부담이 따른다.

Acharya의 Mobile IP Multicast는 Columbia Mobile IP를 기초로 하고 멀티캐스트 라우팅 프로토콜과는 별도로 캠퍼스 내의 모든 MSR들을 멀티캐스트 그룹으로 형성하여 통신함으로써 캠퍼스 내에서는 이동한 다음 데이터그램을 수신하기까지의 지연 시간이 짧고 데이터그램에 대한 최적의 경로를 제공하고 한다. 그러나, 호스트 그룹에 무관하게 모든 MSR들에게 데이터그램을 범람(flooding) 시킴으로써 대역폭의 낭비를 초래할 수 있다. 또한, 다른 캠퍼스로 이동하는 경우에는 TTL에 따른 제약을 갖는다.

이동 컴퓨팅 환경에서 MH가 송신하는 데이터그램의 근원지 주소는 호스트가 이동하더라도 바뀌지 않고 계속해서 홈 주소를 사용할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 만약, 연속되는 멀티캐스트 데이터그램이 호스트의 이동으로 근원지 주소가 바뀐다면 응용은 다른 호스트의 방해 또는 새로운 멤버의 가입으로 판단하여 많은 혼란을 초래할 수 있다.

이동 컴퓨팅 환경에서 IP 멀티캐스트를 이용하는 응용의 관점에서 살펴 보면 이동성을 지원한다는 전제하에 그 다음으로 중요한 것은 데이터그램에 대한 최적의 경로를 제공하는 것이다. 그 이유는 IP 멀티캐스트를 사용하는 응용들은 비교적 많은 데이터를 교환하고 세션의 지속 시간이 비교적 길기 때문이다. 데이터그램에 대한 최적의 경로를 제공하기 위해서는 MH가 이동할 때마다 멀티캐스트 그룹에 새롭게 가입해야 하는 것을 의미하는데 이것은 멀티캐스트 트리를 변경하거나 재구성하는 과정을 수반하므로 그 시간 동안에는 데이터그램의 손실을 감수할 수 밖에 없다.

따라서, MH가 네트워크를 이동하면 새롭게 멀티캐스트 그룹에 가입하고, 새로운 멀티캐스트 트리로부터 데이터그램을 수신하기 까지는 양방향 터널링에 의하여 데이터그램을 송수신하는 방법을 제공하여 데이터그램의 손실을 최소화하면서 데이터그램에 대한 최적의 경로를 제공할 수 있는 연구를 필요로 한다.

참고문헌

[1] A. Acharya and B. R. Badrinath, Delivering multicast message in networks with mobile hosts, Proc. of 13th International Conference on Distributed Computing Systems, Pittsburgh, PA, pp. 292-299, May 1993.

[2] A. Acharya, A. Bakre, and B. R. Badrinath, IP Multicast Extensions for Mobile Internetworking, Proc. of the IEEE Infocom *96*, San Francisco, CA, pp. 67-74, 1996.

[3] K. Brown and S. Singh, The problem of multicast in mobile hosts, Proc. of 5th International Conference on Computer Communications and Networks, pp. 278-282, October 1996.

[4] J. Ioannidis, D. Duchamp, and G. Maquire, IP-based Protocols for Mobile Internetworking, Proc. of ACM SIGCOMM Symposium on Communication, Architectures and Protocols, pp. 235-245, September 1991.

[5] C. Perkins, A. Myles, and D. B. Johnson, IMHP: A mobile host protocol for the Internet, Computer Networks and ISDN Systems, 27, pp. 479-491, December 1994.

[6] V. Chikarmane, R. Bunt, and C. Williamson, Mobile IP-based multicast as a service for mobile hosts, Proc. of the 2nd IEEE International Workshop on Services in Distributed and Networked Environments, Whistler, BC, Canada, pp. 11-18, 1995.

[7] T. Harrison, C. Williamson, W. Mackrell and R. Bunt, Mobile Multicast (MoM) Protocol: Multicast Support for Mobile Hosts, MOBICOM 97, Budapest, Hungary, 1997.

[8] G. Xylomenos and G. C. Polyzos, IP Multicasting for Wireless Mobile Hosts, Proc. of the MILCOM 96, pp. 933-937, October 1996.

[9] H. Eriksson, MBONE: The multicast backbone, Communications of the ACM, Vol. 37, No. 8, pp. 54-60, August 1994.

[10] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting," RFC 1112, August 1989.

[11] S. Deering, Multicast Routing in a Datagram

Internetwork, PhD theis, Electrical Engineering Dept., Stanford University, 1991.

[12] D. Waitzman, C. Partridge, and S. Deering, editors, Distance Vector Multicast Routing Protocol, RFC 1075, BBN STC and Standford University, November 1988.

[13] J. Moy, Multicast routing extensions for OSPF, Communications of the ACM, Vol. 37, No. 8, pp. 61-66, August 1994.

[14] A. Ballardie, J. Crowcroft, and P. Francis, Core based trees(CBT) An architecture forscalable inter-domain multicast routing, Computer Communications Review, Vol. 24, No. 4, pp. 126-135, October 1994.

[15] C. Perkins, IP mobility support, IETF RFC 2002, IBM corp., October 1996.

[16] C. Perkins, IP encapsulation within IP, IETF RFC 2003, IBM corp., October 1996.

[17] C. Perkins, Minimal encapsulation within IP, IETF RFC 2004, IBM corp., October 1996.

[18] T. Maufer and C. Semeria, Introduction to IP Multicast Routing, IETF Internet-Draft, March 1997, http://www.internic.net/internet-drafts/ draft-ietf-mboned-intro-multicast-02.txt.

원 유 재

1985년 충남대학교 계산통계학과 (학사)
1987년 충남대학교 대학원 계산통계학과(석사)
1998년-현재 충남대학교 대학원 컴퓨터과학과 박사과정
1987년-현재 한국전자통신연구원 컴퓨터통신연구실 선임연구원
관심분야 : protocol engineering, mobile computing, multimedia communication, parallel and distributed systems

유 관 종

1976년 서울대학교 계산통계학과 (이학사)
1978년 서울대학교 계산통계학과 (이학석사)
1985년 서울대학교 계산통계학과 (이학박사)
1989년 1990년 캘리포니아 대학교(Irvine) 방문교수
1979년-현재 충남대학교 컴퓨터과학과 교수
관심분야 : 멀티미디어 응용, 병렬처리, 에이전트 시스템

강 태 운

1980년 동국대학교 전자공학과 (학사)
1982년 연세대학교 전자공학과 (석사)
1998년-현재 ICU 통신공학부 박사과정
1982년-현재 ETRI 한국전자통신연구원 컴퓨터연구단 컴퓨터통신연구실장
관심분야 : Active Network, Mobile Computing and Agent, Protocol Testing, Scalable Networking and QOS in ATM

황 승 구

1979년 서울대학교 전기공학과(학사)
1981년 서울대학교 전기공학과(석사)
1989년 플로리다대 전기공학과(박사)
1982년-현재 한국전자통신연구원 컴퓨터연구단 멀티미디어 연구부장
관심분야 : 네트워크 컴퓨팅, 가상현실, 인텔리전트 컴퓨팅, 비쥬얼 컴퓨팅, 모빌 컴퓨팅,