

애드 혹 네트워크에서 클러스터 기반 지오캐스팅 프로토콜

준회원 이 정 환*, 정회원 유 상 조**

Cluster-based Geocasting Protocol in Ad-hoc Networks

Jung-Hwan Lee* Associate Member, Sang-Jo Yoo** Regular Member

요 약

본 논문에서는 MANET 환경에서 모바일 노드의 위치 정보를 이용하여 특정 영역에 데이터를 효율적으로 전송하는 새로운 지오캐스팅 (geocasting) 프로토콜을 제안한다. 지오캐스팅 라우팅 프로토콜은 기존의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜과는 다르게 그룹의 등록, 유지 관리를 근본적으로 하지 않는다. 즉, 지오캐스팅 프로토콜은 모바일 노드들의 위치 정보를 활용한 새로운 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 한 분야이다. 본 논문에서 제안하는 CBG (Cluster-Based Geocasting)은 기존의 지오캐스팅 프로토콜들이 가지고 있는 우회 경로의 존재에도 불구하고 목적지 영역 안의 일부 노드들에게 데이터를 전달할 수 없는 경우가 생기는 단점과 노드의 수가 늘어날수록 적응성과 효율이 떨어지는 문제점들을 해결한다. CBG는 위와 같은 문제점들을 해결하기 위해서 주기적 라우팅 전략과 모바일 호스트의 위치 정보를 통한 클러스터링 기법을 사용한다. 이를 통해 목적지 영역 안의 노드들에게 데이터를 전송하는 성공 횟수를 높이고 전달 비용을 줄일 수 있다.

Key Words : Ad-hoc networks, Geocasting, Proactive routing, Cluster networks, GPS.

ABSTRACT

This paper suggests a new geocasting protocol which is used to transfer the geographic packets to the specific region in MANET. Geocasting protocol is basically different from the conventional multicasting protocol that needs group addition and maintenance. A geocasting protocol using the mobile node's position information is the new area of multicasting protocols. The existing geocasting protocols have the following problems; it may be impossible to transfer data to some mobile hosts even if there are alternate routes and they have low adaptability and efficiency when the number of mobile hosts increases. The proposed CBG (Cluster-Based Geocasting) uses the proactive routing strategy and clustering technique with mobile host's location information. The CBG achieves high successful data transmission ratio and low data delivery cost to mobile hosts at specific region.

1. 서론

컴퓨터 및 주변 기기들은 작고 휴대하기 편리하며, 고성능의 능력을 발휘할 수 있도록 발전하고 있으며 무선 통신 기술 역시 눈부신 발전을 해오고

있다. 이러한 기술들은 언제, 어디서든지 통신이 이루어질 수 있도록 하는 유비쿼터스 (ubiquitous) 네트워크의 기반 기술들을 제공한다. MANET (Mobile Ad-hoc Networks)은 이런 자원들을 활용하여 시간과 장소의 구애를 받지 않으며, 중앙 관리자의 도움

* 삼성전자 기술총괄 (junghwan@hotmail.com), ** 인하대학교 정보통신대학원 멀티미디어통신망연구실 (sjyoo@inha.ac.kr)

논문번호 : KICS2004-12-301, 접수일자 : 2004년 12월 2일

※ 본 연구는 대학 IT 연구센터 (인하 UWB-ITRC) 육성·지원 사업의 연구결과로 수행되었음.

없이 네트워크를 구성할 수 있게 한다.

본 논문에서는 MANET 환경에서 모바일 노드들의 위치 정보를 활용하여 특정 영역에 위치하는 모바일 노드들에게 데이터를 전송하는 클러스터 기반의 새로운 지오캐스트 라우팅 프로토콜을 제안한다. 지오캐스팅의 본질적인 목적은 특정한 영역에 위치하고 있는 모바일 노드들에게 패킷을 멀티캐스팅을 하는 것이다. 지오캐스팅 프로토콜은 기존의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜과 확연히 구별되는 두 가지 특징이 있다. 첫 번째는 멀티캐스팅 그룹의 정보가 멀티캐스트 주소가 아니라 특정 지역의 물리적 위치 정보라는 점이며, 두 번째는 그룹의 등록, 유지 관리, 등록 해제를 명시적으로 하지 않는다는 점이다. 단지 모바일 노드가 특정 영역 안으로 들어오고, 나감으로써 등록과 해제가 이루어진다. 이 점은 기존의 멀티캐스팅 프로토콜들이 가지고 있는 문제점들을 자신의 위치 정보를 알 수 있는 단말기를 이용하여 손쉽게 해결한다. 본 논문에서는 기존의 지오캐스팅 프로토콜들이 가지고 있는 우회 경로의 존재에도 불구하고 목적지 영역 안의 일부 노드들에게 데이터를 전달할 수 없는 경우가 생기는 단점과 노드의 수가 늘어날수록 적응성과 효율이 떨어지는 문제점들을 해결한다. 본 논문에서 제안된 새로운 클러스터 기반의 지오캐스팅 (CBG: Cluster-Based Geocasting)은 앞으로 보편화될 것으로 예상되는 GPS (Global Positioning System) 장치와 클러스터링 (clustering) 기법, 주극적 라우팅 (proactive routing) 방법들을 사용하여 기존의 지오캐스팅 프로토콜들의 문제점들을 해결한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 지오캐스팅 관련 연구를 살펴보고 문제점들을 분석한다. 3장에서는 CBG 기본 환경, CBG에 관련된 새로운 용어의 정의 및 프레임워크를 기술한다. 4장에서는 CBG 프로토콜을 구성하는 세부 프로토콜들을 기술한다. 5장에서는 시뮬레이션 실험 환경 및 결과를 도출, 분석한다. 마지막으로 6장에서는 본 논문의 연구 결론을 기술한다.

II. 관련 연구

기존의 모든 지오캐스트 라우팅 프로토콜들은 각각의 모바일 노드들이 GPS 장치를 통해 자신의 위치 정보를 알 수 있다는 가정에서 출발한다. 지오캐스팅 프로토콜은 데이터 전송 중심(data-transmission oriented) 프로토콜과 경로 설정 중심(routing-

creation oriented) 프로토콜로 구분된다^[2]. 데이터 전송 중심 프로토콜은 플러딩(flooding)의 변형된 방법으로 송신자로부터 목적지 영역까지의 전달을 플러딩 되는 영역을 축소시킴으로써 데이터의 확산을 줄이는 방법이고, 경로 설정 중심 프로토콜은 제어 패킷을 사용하여 송신자로부터 목적지 영역 안의 수신자까지의 경로(route)를 형성하고 이 경로를 따라서 데이터를 중복 없이 보내는 방법이다^[2]. 즉, 이 둘의 구별은 송신자로부터 목적지 지역의 수신자까지의 경로 생성 유무로 판단할 수 있다.

데이터 전송 중심 프로토콜로서 특정 영역에 위치하는 노드들에게 위치 정보를 포함한 패킷(지오패킷: geo-packet)을 전달할 수 있는 간단한 방법은 단순한 브로드캐스팅(broadcasting)이다. 하지만 이런 방법은 지오 패킷을 전달하기 위해서 중복된 전송이 많아서 높은 네트워크 오버헤드를 불러일으킨다. LBM(Location Based Multicast)^[4]은 지오캐스팅을 위해서 LAR(Location-Aided Routing)^[3]을 확장한 프로토콜이다. 지오패킷이 전송되는 영역을 줄임으로써 지오패킷을 전달하는 데 소모되는 오버헤드(overhead)를 줄인다. 그럼으로써 전달의 효율을 높이는데 초점을 두고 있다. 하지만 여전히 중복된 전송이 노드들의 밀집도가 증가할수록 크게 발생할 확률이 높다. LBM은 크게 포워딩 되는 영역(forwarding-zone)을 효율적으로 설정하는 위의 방법과 지오패킷을 전달중인 모바일 노드의 위치와 목적지 영역간의 거리 값을 활용한 방법으로 나눌 수 있다. 보통 송신자와 목적지 영역 사이에 포워딩 되는 영역을 형성하지만, LBM처럼 막연하게 형성된 포워딩 영역은 전달의 실패를 초래한다. 더불어 중간에 장애물이 놓이면 우회 경로가 존재함에도 불구하고 찾아갈 수 없는 상황이 발생한다. 비록 포워딩 영역의 크기를 선택하는 파라 미터 값을 변경시켜 포워딩 영역을 넓힘으로써 우회 경로로 갈 수 있지만, 이는 포워딩 영역을 넓힘으로써 전체 네트워크의 대역폭을 낭비하게 된다. 그림 1에서 LBM 방법은 막연한 방향성 기반으로 인해서 포워딩 영역을 F-Zone (forwarding zone: LBM 프로토콜에서 지오 패킷을 전달할 기회를 가질 수 있는 영역)의 박스 형태로 설정한다. 그림 1에서 송신자 노드 S는 지오패킷을 처음 전달할 때 T-Zone (target zone: 지오패킷이 전달될 최종 영역)으로 표시된 영역까지 갈 수 있는 이웃 노드들이 존재하지만 전송을 포기하는 경우가 발생한다. 그리고 T-Zone까지 전달될 수 있는 지오패킷을 막연하게 설정된 F-Zone때문에

전달을 포기하는 경우가 발생한다. 본 논문에서는 그림 1과 같이 설정된 F-Zone에 의해서 지오패킷을 전달할 수 없는 문제를 local optimum problem이라 말하고 이 문제를 해결한다.

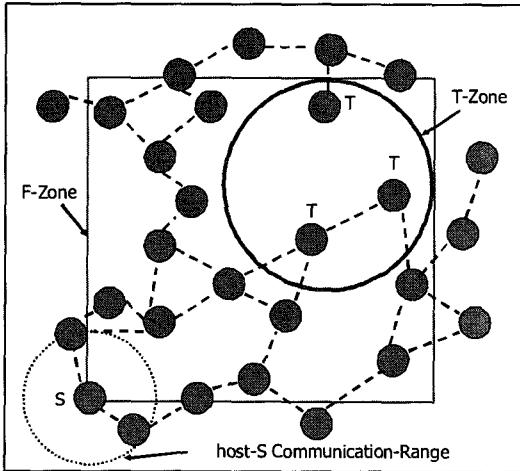


그림 1. LBM의 지오패킷 전달 실패 분석도

경로 설정 중심 프로토콜의 가장 큰 장점은 데이터 전송 중심 프로토콜과 비교해서 실제 전송에 있어 네트워크 부하가 줄어드는 점이다. 하지만, 경로를 만들기 위해서 지연(latency)과 제어(control) 패킷의 오버헤드가 증가한다²⁾. 본 논문에서 제안한 CBG 프로토콜에서는 지연과 제어 패킷의 오버헤드를 주기적 라우팅(proactive routing)과 클러스터링 기법을 이용한 제어정보 집합(aggregation)을 통해 효율적으로 해결한다.

III. 클러스터 기반 지오캐스팅(CBG) 프레임워크

3.1 CBG 프로토콜의 목적

본 논문에서 제안하는 클러스터 기반 지오캐스팅(CBG) 프로토콜의 목적은 특정 지역 안에 위치하는 모든 모바일 노드들이 지오패킷을 받도록 하는 것이다. 즉, 목적지 지역까지의 모바일 노드들 사이에 링크의 연결이 존재할 경우, 최대한 다수의 노드들이 수신 가능하도록 만든다. CBG는 위의 목적을 달성하기 위해서 다음 사항들을 고려한다. 첫째, 제 2장의 관련 연구에서 언급했던 LBM 프로토콜의 문제점(우회 경로의 존재에도 불구하고 지오패킷이 전달되지 않음: local optimum problem)을 제거하여 지오캐스팅의 전달 신뢰성을 증가시킨다. 본 논문에서는 패킷의 도달 능력을 접근성(reachability)이

라 정의하고 이를 중요한 성능 평가의 한 가지 방법으로 사용한다. 둘째, 데이터 전송 중심 방법에서는 이웃 노드들이 많아질수록 중복 전달이 증가하기 때문에 CBG에서는 경로를 설정하여 전달함으로써 전송 오버헤드를 줄인다. 셋째, 경로 설정 중심 프로토콜의 단점인 지연과 제어 패킷의 오버헤드를 해결하기 위해서 주기적 라우팅 기법과 클러스터링 방법을 활용하여 효율적인 전달이 이루어질 수 있게 한다. 위 세 가지 사항들을 고려한 CBG는 지오패킷의 접근성을 극대화 시키는 동시에 관련 오버헤드를 최소화한다.

3.2 CBG 프로토콜 기본 환경

CBG 프로토콜이 지오캐스팅을 하기 위해서는 특정 영역에 위치하는 노드들의 정보와 그 노드들까지 도달할 수 있는 경로에 대한 정보가 실시간으로 필요하다. 이런 정보를 효율적으로 관리하기 위해서 표 1과 같은 용어를 정의한다.

표 1. CBG기본 용어 정의.

Zone-ID	모바일 노드의 현재 위치 (x, y, z)를 기준으로 특정 영역에 속하는 노드들은 모두 동일하고 유일한 Zone-ID를 가지게 된다.
CN (Cluster Network)	같은 Zone-ID를 가지고 있고, 링크의 연결이 실제 이루어진 네트워크 (동일 CID로 동기화된 네트워크)
CID (Cluster ID)	동일한 CN내에서 대표 노드의 IP주소
BN (Border Node)	CN내에서 다른 CN과 링크 연결성을 갖고 있는 노드

CBG에서는 특정 영역까지 도달하기 위한 단위를 Zone-ID로 지정하고 있다. 그림 2에서 노드 1, 8, 7은 GPS 장치를 통해서 실시간으로 자신의 위치 정보를 토대로 Zone-3를 선택한다. 하지만 이런 Zone-ID로 구분된 정보에서는 실제 연결이 되지 않을 수 있는 문제가 발생한다. 그렇기 때문에 특정 영역에 위치하는 모바일 노드들의 정보를 CN (Cluster Network)이라는 최소 단위로 묶어서 정의한다. 즉, 그림 2의 노드 1, 7, 8은 동일한 CN-8을 구성하지만 (CN 번호는 CN 구성 노드 중 가장 큰 번호로 선택), Zone-2에서는 노드 4, 5가 하나의 CN-5를 구성하고 노드 15, 18, 9, 19, 20이 다른 CN-20을 구성한다. 이와 같이 구성된 각각의 CN 정보들은 전체 네트워크에 전파되어 모든 모바일

노드들은 특정 영역까지 갈 수 있는 경로를 알 수 있다. CN을 최소 단위로 정한 이유는 네트워크의 제어 정보들을 더욱 효율적으로 이용하는 클러스터링 방법과 접근성을 높이기 위해서이다. 결국 동일 Zone-ID내에서는 복수개의 CN이 존재할 수 있기 때문에 지오패킷을 전달하려는 모바일 노드들은 다수의 이웃 노드들에게 전달할 필요성이 있다. CBG에서 지오캐스팅이 되는 과정을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 소스 노드에서는 특정 영역에 대한 정보를 가진 지오패킷(그림 2의 목적지 영역 (T-region)으로 표시된 원 영역 : 특정 좌표 값(x, y)과 반경 정보로 표시)이 속해 있는 CN들을 계산한다.
- 2) CFP(CN Forwarding Protocol)을 이용하여 CN 단위의 최단 경로를 계산하여 다음에 전달될 CN을 구한다.
- 3) CN내에서의 지오패킷 전달은 CBG 프로토콜의 IFP(Intra Forwarding Protocol)에 의해 전달된다.
- 4) 목적지 CN의 BN까지 지오패킷이 전달될 때까지 2, 3의 과정이 되풀이 된다.

그림 2의 노드 6은 특정 영역에 속한 노드 15, 19, 4, 5들에게 지오패킷을 전달하기 위해서 CFP를 이용하여 목적지 영역의 노드로 가는 경로를 구한다. 이후 각 CN내에서 다음 CN으로 가기 위한 클러스터 네트워크 내부의 이동경로는 IFP 프로토콜을 이용하게 된다.

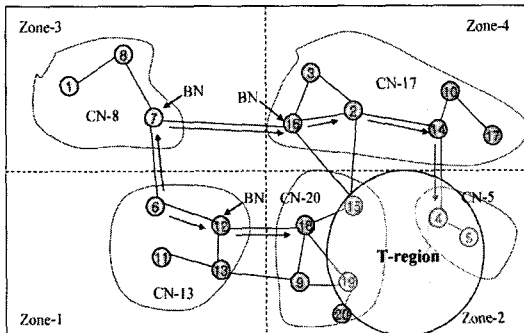


그림 2. CBG 프로토콜 설명도

3.3 CBG 프레임워크

CBG는 지오패킷을 목적지 영역까지 전달시키기 위해서 전체적으로 두 가지 부분으로 구성된다. 첫

번째 부분은 실질적으로 지오패킷을 포워딩 시켜주는 부분이고 나머지 한 부분은 목적지 영역까지 갈 수 있는 경로 정보를 유지 관리하는 부분이다. 경로 유지 관리는 NDP (Neighbor Discovery Protocol), IFP (Intra Forwarding Protocol), CFP (CN Forwarding Protocol)에 의해서 이루어지고 CFT (CN Forwarding Table), IFT (Intra Forwarding Table), NDT (Neighbor Discovery Table)는 각각의 개별 프로토콜들이 유지 관리하는 테이블이다. 지오패킷의 전달은 IFT, CFT의 정보를 이용하여 목적지 CN의 BN까지 전달된다. 각 프로토콜의 목적은 그림 3의 오른쪽과 같다.

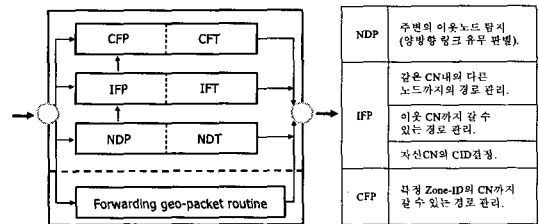


그림 3. CBG 프로토콜 프레임워크

각각의 프로토콜들은 NDP, IFP, CFP 순으로 이벤트 발생을 유도하여 경로 정보를 유지한다. 즉, NDP만이 주기적으로 정보를 전송함으로써 자신의 주변 이웃 노드들을 탐색하고 IFP에 대한 이벤트를 발생시켜, IFP는 CFP에 대한 동작을 일으킨다. 제 4장에서 이벤트 트리거에 의한 프로토콜 동작 절차를 설명한다.

지오패킷을 전달할 때에는 그림 4의 과정을 따라서 이루어진다. 지오패킷을 가지고 있는 소스 노드는 자신의 CFT(CN Forwarding Table)를 살펴서 자신의 CN으로부터 목적지 영역에 위치하는 CN들을 찾는다. 이때 찾아진 CN들은 복수개가 선택될 수 있다(그림 2의 Zone-2 상황). IFT(Intra Forwarding Table)에서는 자신의 CN으로부터 이웃 CN의 BN까지 도달하기 위한 경로를 찾아서 전달한다. 만약 전달 과정 중 확인 응답이 없을 때에는 잠시 동안 임시 큐에 보관한다. 왜냐하면 IFP에서는 어떤 노드 혹은 이웃 CN까지 가는 경로가 재설정되는 시간이 필요하기 때문이다(4.2절 참고). 만약 일정 시간이 지났음에도 불구하고 응답이 오지 않을 경우에는 전송이 실패했고 응답이 오지 않는 노드에게 유니캐스트를 한다. 그리고 대기 큐에 저장되어 있는 지오패킷은 적정 시간 안에 경로가 재설정되지 않으면 삭제를 하고 경로가 설정되어 있다

면 그림 4의 과정을 다시 시도한다.

그림 5는 소스 노드 1이 지오패킷을 전달하는 과정에서 이용되는 프로토콜을 나타낸 그림이다. 노드 1은 목표 영역에 위치하는 CN-20과 CN-5를 산출하고 최단 거리로 갈 수 있는 경우 CN들을 구한다. 이와 같은 과정은 CFP (CN Forwarding Protocol)에 의해서 이루어진다. 노드 1은 경우 CN-17과 CN-13을 선택하고 BN-7 (Border Node)으로 패킷을 전달한다. CN간의 전달은 IFP (Intra Forwarding Protocol)에 의해서 이루어진다. 그림 4의 과정을 따라서 각각의 노드들은 지오패킷을 각각의 목적지 CN-20, CN-5의 BN까지 전달한다.

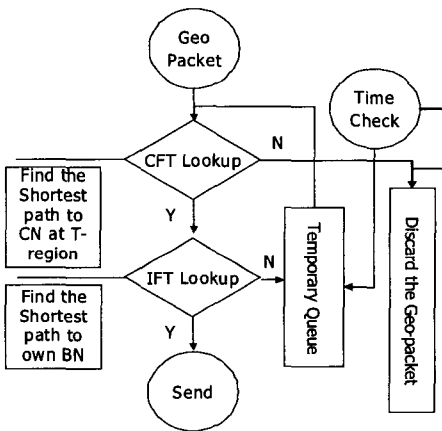


그림 4. 지오패킷 전달 과정도

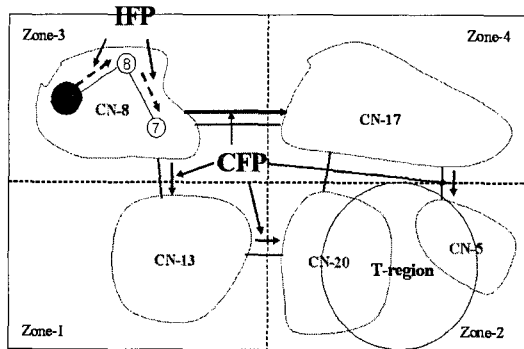


그림 5. 지오패킷 전달 과정 프로토콜 설명.

IV. 클러스터기반 지오캐스팅 (CBG) 프로토콜 세부절차

4.1 이웃 탐지 프로토콜 (Neighbor Discovery Protocol)

NDP(Neighbor Discovery Protocol)의 일차적인

목표는 자기 주변의 이웃 노드들을 파악하는 것이다. 즉, 이웃 노드들과의 양방향 링크가 성립되어 있는지를 판단하는 것이다. 다음으로 IFP에 대한 이벤트를 발생시키는 역할을 맡는다. NDT(Neighbor Discovery Table)의 필드 구성은 Zone-ID, CN-ID, NID로 구성된다. Zone-ID는 노드가 BN인지 아닌지를 판단하기 위해서 사용되고 Zone-ID 단위의 클러스터링을 위해서 사용된다. CN-ID는 CBG의 IFP와 관련된 이벤트 발생을 위해서 쓰인다. NID는 NDP에 의해서 찾아진 이웃 노드들의 주소 값을 가리킨다. 그림 6은 NDP의 전체적인 동작 과정을 보여준다. 노드 C는 일정 시간마다 자신의 정보를 실은 NDM(Neighbor Discovery Message) 패킷을 주변의 이웃 노드들에게 전송한다. 그림 6의 가운데 그림처럼 노드 C의 주변 노드들도 각각 NDP의 이웃 탐색 과정을 한 번씩 수행하면 노드 C는 자신이 보낸 NDM에 대한 확인 응답을 받게 된다. 위의 과정을 통해서 노드 C는 주변에 노드 A, G, D, E가 존재함을 알고 NDT에 이웃 노드로 추가한다. 이웃 노드의 추가는 양방향 링크가 성립된 사실을 뜻한다.

4.1.1 이웃 탐지 과정

그림 6에서 NDP는 1초마다 주기적으로 자신의 존재 유무를 확인시키기 위해서 제어 패킷을 전송한다. 자신의 Zone-ID, CN-ID, IP 주소, 그리고 자신이 1초 동안 이웃 노드들로부터 받아왔던 IP 주소들을 넣어 보낸다. 주변의 이웃 노드들의 수가 증가할수록 확인 응답 메시지를 보내려는 노드들의 수가 증가하고 이런 상황은 MAC 계층에서의 RTS (Request To Send) 충돌을 많이 발생시켜 네트워크의 전체적인 효율성을 떨어뜨리기 때문에, NDP에서는 NDM을 보낸 노드에게 즉각적으로 확인 응답 메시지를 보내지 않는다.

이웃 탐지 메시지를 받으면 먼저 송신자의 주소를 RNDM(Received NDM) 테이블에 넣어서 다음번 자신의 차례가 되었을 때 확인 응답을 보내줄 수 있게 한다. 송신자가 보낸 RNDM 내용 중에서 자신의 IP 주소와 일치하는 주소가 있는지 확인하고 만약 자신의 IP 주소가 있다면 IFP에 대한 이벤트를 발생시킬 것이 있는지 없는지 조사한 후 NDT에 송신자를 이웃 노드로 저장한다. 이와 같이 추가된 이웃 노드는 실제 링크의 연결이 끊어졌는지 아닌지를 판단하기 위해서 소프트 스테이트(soft-state) 방법을 사용한다.

이웃 노드로 설정된 노드가 자신의 커뮤니케이션 가능 영역 밖으로 이동하였는지를 판단하기 위해서 NDP는 이웃 노드로 설정되었던 노드로부터 몇 초 동안 응답이 오지 않게 되면 그 이웃 노드에 대해서 유니캐스트로 확인 응답을 수행한다. 만약 적정 시간 안에 응답이 오지 않는다면 자신으로부터 이웃 노드는 멀어져서 링크가 끊어졌다고 판단하고 IFP (Intra Forwarding Protocol)에 대한 이벤트 발생 여부를 체크한다.

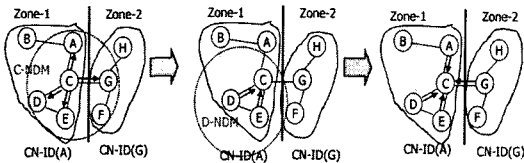


그림 6. 이웃 탐지 프로토콜 설명도

4.2 내부 포워딩 프로토콜 (Intra Forwarding Protocol)

IFP는 DSDV^[5]와 같은 DV (Distance Vector) 테이블로 같은 CN내의 다른 노드까지의 경로와 인접한 이웃 CN (NCN: Neighbor CN)까지 갈 수 있는 경로를 유지 관리한다. DSDV와 다른 점은 주기적으로 자신의 라우팅 정보를 캐스팅하는 것이 아니라 NDP에 의해서 이벤트가 발생한다. DSDV에서는 루프 프리 (loop-free), 정보의 우선도를 판단하기 위해서 시퀀스 번호를 사용하지만 IFP에서는 시간의 정보로 관리된다. 왜냐하면 이웃 CN의 정보는 BN에서 생성되어 자기 CN내의 노드들에게 알려주는데, 이 정보는 NDP에 의해서 이벤트가 발생되기 때문에 동일 이웃 CN에 대한 정보를 여러 BN들이 서로 관리할 수 있기 때문이다. IFT의 필드 구성은 DestID (Zone-ID: NCN 정보일 경우), NextID, Met, Seq-Time, NCN으로 구성된다. DestID는 목적지 노드의 주소를 가리키고 NCN(Neighbor CN)의 정보일 경우 Zone-ID를 나타낸다. NextID는 자신으로부터 다음에 전달될 이웃 노드를 표시한다. Met (metrics)은 단순히 홉의 숫자로 계산한다. Seq-Time은 DestID가 보낸 정보의 우선도를 표시한다. Seq-Time은 자신만이 생성시킬 수 있지만, 이웃 CN의 정보일 경우 BN에서 관리된다. NCN 필드는 이웃 CN의 CID를 표시한다.

4.2.1 내부 포워딩 프로토콜 (IFP) 과정

IFP의 역할을 분류하면 크게 네 가지다. 첫 번째는 이웃 노드와 이웃 CN까지 가는 경로를 추가하

기 위한 기능이고 두 번째는 경로를 재설정 혹은 삭제하기 위한 기능이다. 세 번째 기능은 이웃 CN의 CID가 변경되었을 경우의 처리이다. 마지막 역할은 동일한 CN에서 CID를 선출하는 기능이다.

추가 관련 제어 메시지는 크게 이웃 CN에 대한 정보와 CN내의 노드 경로 정보로 분류된다. CN내의 노드들의 정보는 CN내의 목적지 노드까지 가는 경로의 정보를 제공해주는 역할과 더불어 CN의 CID를 선출할 때 사용된다. 모바일 노드들은 기본적으로 NDP에 의해서 주변의 이웃 노드들이 모두 탐색된 후 자신의 노드 경로 정보를 이웃 노드들에게 전달한다. 이 정보는 Met과 Seq-Time을 비교하여 추가되고 이렇게 완성된 CN내의 IFT는 자신의 위치에서 CN내의 어느 노드에게도 최단 홉으로 갈 수 있는 경로 정보가 유지된다. 이웃 CN의 정보 역시 NDP의 탐색 완료 후에 이루어진다. 단 Seq-Time에 대한 비교를 하지 않는다. 왜냐하면 같은 이웃 CN과 인접하고 있는 다른 노드들이 있기 때문이다.

삭제 관련 제어 패킷을 받게 되면 일차적으로 자신의 IFT에서 이 노드에 대한 Seq-Time을 비교하여 삭제 여부를 판단한다. 만약 삭제에 대한 Seq-Time이 더 높다면 삭제가 이루어진다. 그리고 자신의 IFT의 NextID 필드가 삭제 정보와 일치한다면 같이 삭제한다. 그리고 이 정보를 자신의 CN내의 노드들에게 알린다. 만약 자신의 노드를 삭제 하라는 메시지를 받게 되면 새로운 Seq-Time을 넣어서 주변의 이웃노드들에게 전달함으로써 CN내의 새로운 경로가 만들어지게 한다. 이웃 CN의 삭제 정보를 받게 되는 경우, 자신의 IFT에서 그와 관련된 Met 필드가 0의 값인지 확인한다. 0의 값이면 자신도 그 CN과 이웃하고 있는 BN이기 때문에, Seq-Time 값을 새로 설정하여 이웃 노드들에게 전달한다. 그럼으로써 그 CN까지의 경로를 재설정한다. 이웃 CN과 노드의 삭제 메시지에 대해서 새로운 Seq-Time을 설정한 노드는 일정 시간 똑같은 메시지에 대해서 응답을 거부한다. 왜냐하면 주변의 이웃 노드들로부터 같은 메시지의 전달이 가능하기 때문이다. IFP가 이웃 CN의 CID 변경 관련 패킷을 받게 되면 자신의 Seq-Time 값과 비교를 해서 판단한다. 만약 정보가 유효하다면 자신의 IFT의 NCN 필드 값을 교체준다. 이런 상황은 이웃 Zone-ID의 CN들이 합쳐진 경우를 말한다.

CN의 CID 선출은 IFT 정보에 의해서 분산적으로 이루어진다. 기본적으로 IFP에 의해서 동일 CN

내의 DestID 필드는 동일하게 유지된다. 이 DestID 필드 중에서 제일 높은 IP 주소를 가진 노드의 IP 주소를 그 CN의 CID로 결정한다. IFP의 경로 재설정 과정 때문에, CID의 결정은 일정 시간이 지난 후에 결정된다.

4.2.2 내부 포워딩 프로토콜 예시 설명

그림 7은 동일 CN내에서 노드 8이 우측으로 이동하여 IFT가 변경되는 과정을 노드 1 관점에서 나타내고 관련 메시지가 전파되는 과정을 기술한다. 노드 1은 NDT에 의해서 노드 8과의 연결이 끊어짐을 파악하고 노드 8 삭제 메시지를 이웃 노드인 노드 7에게 전달한다. 이 삭제 메시지는 노드 7을 거쳐 노드 8에게 전달된다. 노드 8은 자신의 정보를 지우라는 메시지를 받았기 때문에 자신의 정보를 업데이트해서 이웃 노드들에게 알린다. 이를 통해서 노드 8의 추가 정보는 노드 1에게까지 전달된다. 결국 노드 8에 대한 경로가 재설정된다.

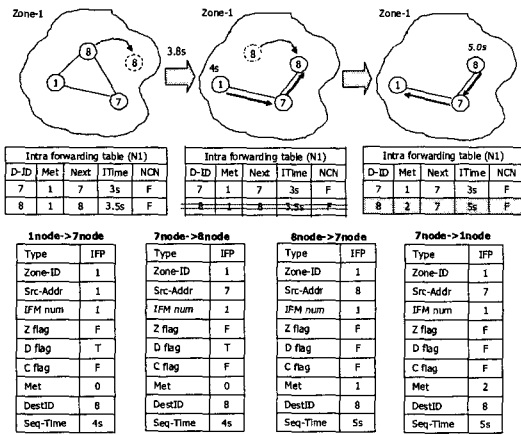


그림 7. 동일 CN내에서의 경로 재설정 설명도

그림 8은 CN-6에서 이웃 CN-8을 추가하는 과정을 나타낸 그림이다. 이웃 CN-8과 연결을 맺고 있는 BN-2와 BN-8은 각각 이웃 CN 존재의 탐지를 NDP를 통해서 수행한다. 이렇게 발생된 이벤트가 일어난 시점이 각각 4초와 4.5초라고 가정하면 그림 8과 같은 과정이 일어난다. 먼저 노드 6은 이웃 CN-8을 발견한 후 A 메시지를 만들어 이웃 노드들에게 전달한다. 이 메시지를 받은 노드 5는 새로운 이웃 CN에 대한 메시지로 판단하여 IFT에 추가를 한다. 그 후 노드 2가 보낸 B 메시지에 대해서는 이미 존재하는 정보이기 때문에 추가를 하지 않는다. 추가 과정에서도 보여 지듯이 이웃 CN을 추가

할 때에는 Met 필드에 대한 비교만 수행할 뿐 Seq-Time 필드 값에 대한 비교는 하지 않는다.

4.3 CN 포워딩 프로토콜(CN Forwarding Protocol)

CFP(CN Forwarding Protocol)는 Floyd-Warshall 알고리즘^[6]을 기반으로 CN 단위의 최단 경로를 설정한다. 각 CN의 CID인 노드는 IFP로부터 자신의 주변 CN들을 탐색한 정보를 전체 네트워크에 전파시켜 모든 모바일 노드들이 어떤 CN까지라도 최단 거리로 갈 수 있는 경로를 알 수 있다.

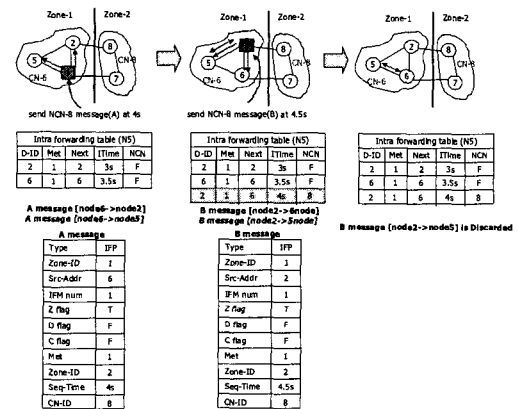
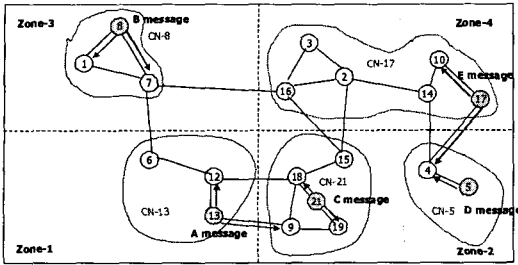


그림 8. 이웃 CN 추가 과정 설명도

CFT의 필드 구성은 Zone-ID, CN, NextCN, Met (metrics), Seq-Time로 구성된다. Zone-ID와 CN (Cluster Network) 필드는 CFT의 정보를 유일하게 표시할 수 있도록 하는 요소이다. Zone-ID와 CN을 같이 사용하는 이유는 한 CN의 CID인 노드가 다른 CN으로 이동되어 CID가 될 수 있는 상황이 발생하기 때문이다. NextCN 필드는 다음에 전달 받을 CN을 표시한다. Met(metrics)은 CN 단위의 홑으로 계산된다. Seq-Time은 CN의 CID가 발생시킨 Seq-Time 정보로 CN의 CID만이 생성할 수 있다. IFP에서 이웃 CN의 정보는 재설정되는 시간이 존재하기 때문에 CN의 CID는 바로 자신의 이웃 CN의 링크가 변했다고 판단하지 않는다. 그래서 CID인 노드는 CN의 이웃 CN들을 항상 저장하고 변화가 생겼을 때에만 자신의 이웃 CN 정보들을 업데이트하여 전체 네트워크에 전파한다.

그림 9는 CFT가 계산되는 과정을 기술한 설명이다. 각각 CN의 CID인 노드 8, 13, 17, 21, 5는 자신의 이웃 CN들을 담은 정보를 전체 네트워크에 전파시킨다. 노드 13의 경우, 이웃 CN-21과 CN-8



Z-ID	Met	NCN	Time	CN
3	1	8	3s	8
2	1	21	3.5s	21

A message [node13->All]
 B message [node8->All]
 C message [node21->All]
 D message [node5->All]
 E message [node17->All]

after computing floyd algorithm using B, C, D, E message

Z-ID	Met	NCN	Time	CN
3	1	8	3s	8
2	1	21	3.5s	21
4	2	8	7s	17
2	3	21	7s	5

Type	CFP
Zone-ID	1
CN-ID	13
Seq-Time	6s
CFM-num	2
1 st NCN	2
1 st Z-ID	8
2 nd NCN	8
2 nd Z-ID	3

그림 9. CFP 설명도.

의 정보를 전체 네트워크에 뿌려준다. 이런 정보가 전달된 후에는 각각의 모바일 노드들은 Floyd-Warshall 알고리즘을 바탕으로 자신의 CN으로부터 최단 거리로 갈 수 있는 CFT를 작성한다.

V. 모의실험

본 논문에서는 모의실험을 통한 성능 평가를 위하여 평균 모바일 노드들의 이동 속도를 기준으로 모바일 노드들의 움직임 시나리오를 만들어 제안된 CBG와 비교 대상 방법인 위치기반 LBM 및 단순 broadcast에 적용하였다.

본 논문에서의 평가 지표는 표 2와 같다. 특정 영역에 위치하는 모바일 호스트들에게 어느 정도의 성공확률을 보이는가를 표시하는 지표는 접근성과 도달 확률을 들 수 있고 그에 따른 전달 비용을 산출함으로써 프로토콜의 효율성을 증명한다. 전달 비용의 산출은 지오파킷의 전송 데이터만을 기준으로

표 2. 모의실험 평가 지표

지표	정의
접근성 (개수)	특정 영역 안의 노드들이 모의실험 시간 동안에 받은 지오파킷의 수
도달 확률 (%)	접근성 값을 지오파킷이 전달되기 전에 목적지 영역에 위치하는 모바일 노드 수의 합으로 나눈 값
전달 비용 (Byte/s)	지오파킷을 전달하는데 소요된 전체 비용을 모바일 노드의 수로 나눈 값

표 3. 공통 모의실험 환경.

변수	값
Dimension	1500 × 1500 (m)
Simulation Time	50 (Sec.)
Communication Range	200 (m)
Target Region	위치 (750 (m), 750(m)) 반경 (250 (m))
Source-host's position	(250 (m), 250 (m))의 고정 위치
The number of experient	100번

하는 CBG 표시와 지오파킷의 전송과 NDP, IFP, CFP에 의한 제어 패킷의 합이 들어간 내용은 CBG*로 표시한다. 공통적으로 실행되는 모의 실험 환경은 표 3과 같다.

그림 10, 11, 12 실험은 트래픽 발생 간격을 0.3 초 단위로, 모바일 호스트들의 평균 이동 속도를 3m/s로 고정시키고 호스트들의 수를 증가시켜 접근성, 도달확률, 전달 비용을 산출한 실험이다. 그림 10과 11을 살펴보면 CBG가 막연한 방향성 기반의 LBM보다 지오파킷을 특정 영역 안으로 보내는 능력이 탁월함을 알 수 있다. 또한, 그림 10과 11에서 볼 수 있듯이 모바일 호스트의 숫자가 증가할수록 목적지 영역 안에 위치하는 모바일 호스트들의 숫자

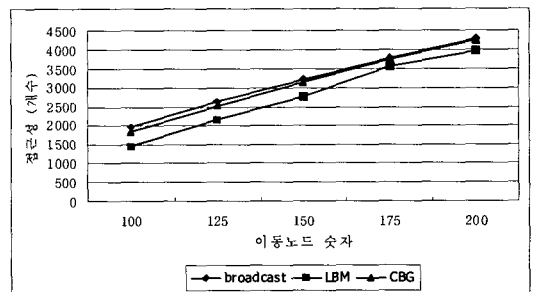


그림 10. 모바일 호스트들의 밀집도에 따른 접근성.

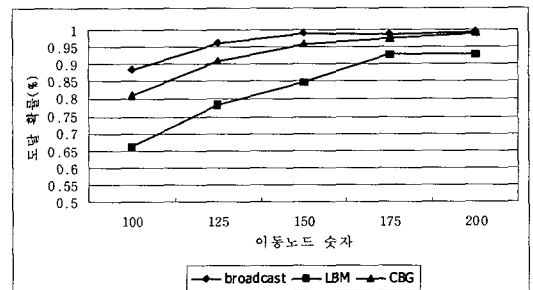


그림 11. 모바일 호스트들의 밀집도에 따른 도달 확률.

가 많아지기 때문에 접근성과 도달 확률이 전체적으로 높아진다. 그림 12를 살펴보면 제안된 CBG 프로토콜은 높은 도달 확률과 접근성을 보이면서도 데이터 전달에 필요한 비용이 낮음을 확인할 수 있다.

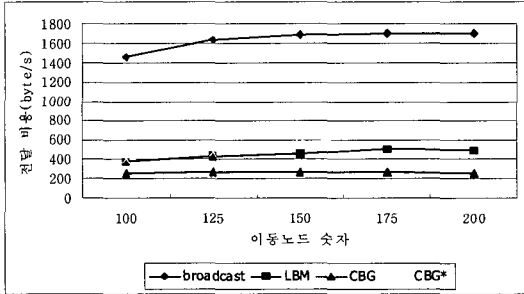


그림 12. 모바일 호스트들의 밀집도에 따른 전달 비용.

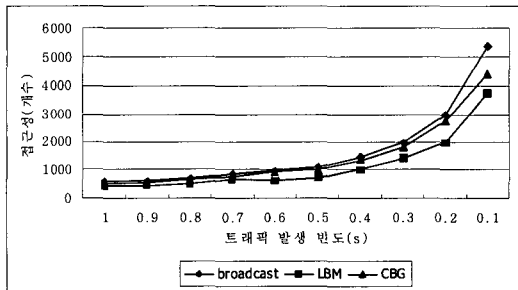


그림 13. 트래픽 발생 빈도에 따른 접근성.

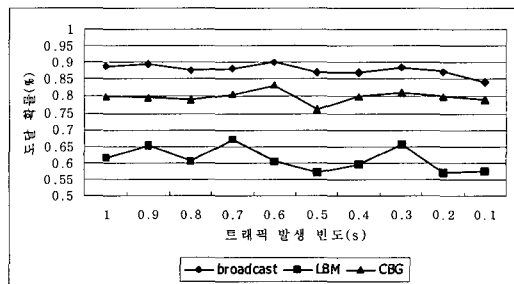


그림 14. 트래픽의 발생 빈도에 따른 도달 확률.

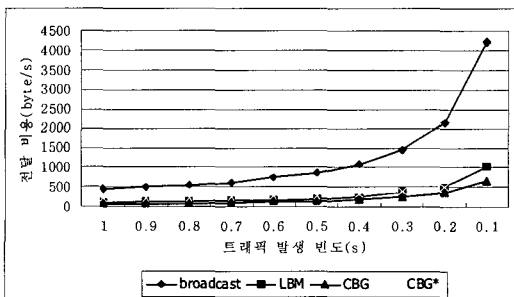


그림 15. 트래픽의 발생 빈도에 따른 전달 비용.

그림 13, 14, 15는 모바일 호스트를 100개로, 평균 이동 속도는 3m/s로 설정하고 트래픽 발생 빈도를 점차적으로 길게 함으로써 지오패킷의 전달 효율성을 보여준다. 그림 13, 14에서 알 수 있듯이 트래픽의 발생 빈도에 대해서 제안된 CBG는 LBM보다 높은 지오패킷 전달 능력을 보여주고 있다. 또한 그림 15는 트래픽 발생 빈도가 길어지더라도 CBG의 지오패킷의 전달 비용이 타 방법에 비해 낮게 유지됨을 보여준다.

그림 16, 17, 18은 트래픽 발생빈도를 0.3초로, 모바일 호스트의 수를 100개로 고정시켜 놓고 모바일 호스트의 평균 이동 속도를 변화시킨 실험의 결과이다. 적정 수준의 평균 이동 속도에서도 CBG가 지오패킷 전달의 확률을 높이고 전달의 비용이 적게 나타남을 알 수 있다.

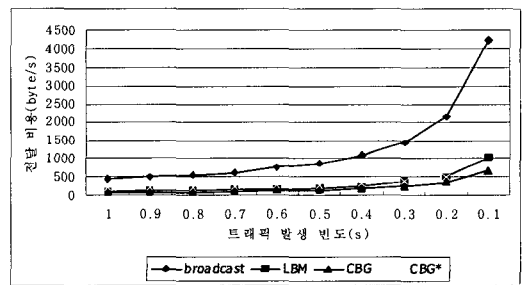


그림 16. 트래픽의 발생 빈도에 따른 전달 비용.

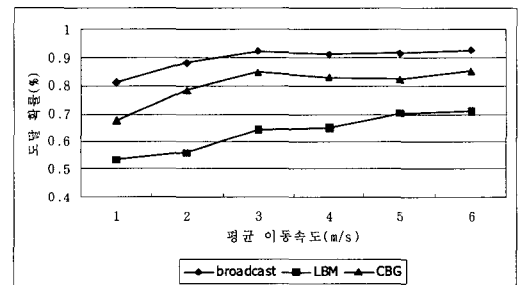


그림 17. 평균 이동속도에 따른 도달 확률.

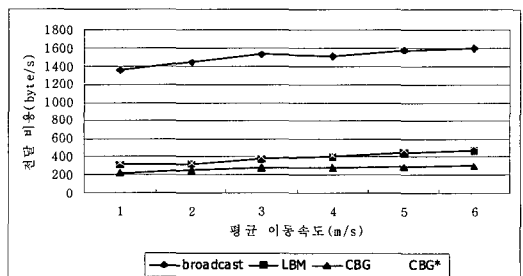


그림 18. 평균이동속도에 따른 전달 비용.

VI. 결론

본 논문에서는 MANET(Mobile Ad-hoc Networks) 환경에서 특정 지역에 위치하는 모바일 노드들에게 지오패킷을 전달하는 지오캐스팅을 제안하였다. 기존의 LBM 지오캐스팅 프로토콜은 막연한 방향성 기반의 지오캐스팅을 수행함으로써 우회 경로의 존재를 파악하지 못하는 문제점들이 발생한다. 제안된 클러스터기반 지오캐스팅 프로토콜(CBG)에서는 특정 지역까지 지오패킷을 전달할 수 있도록 클러스터 단위의 정보를 전체 네트워크에 전파시켜 실시간으로 특정 영역에 위치하는 모바일 노드에게 접근할 수 있도록 설계되었다. 결국, CBG에서는 막연한 방향성 기반의 broadcast를 지양함으로써 지오패킷의 접근성을 극대화 시키고 전달 비용을 낮춘다. 그리고 GPS 장치를 이용한 클러스터링 기법으로 CBG 관련 제어 패킷의 양을 효율적으로 관리한다.

참고 문헌

[1] J. C. Navas and T. Imielinski, "Geocast-geographic address and routing", In Proceeding of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom), pp.151-162, 1999.

[2] Xia Jiang and Tracy Camp, "A Review of geocasting protocols for a mobile ad hoc network", In Proceedings of the Grace Hopper Celebration (GHC), 2002.

[3] Y. Ko and N. H. Vaidya, "Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks", In Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom), pp. 66-75, 1998.

[4] Y. Ko and N. H. Vaidya, "Geocasting in mobile ad-hoc networks: location-based multicast algorithms", In Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Application(WMCSA), pp. 101-110, 1999.

[5] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing(DSDV) for mobile computers", In pro-

ceeding of ACM SIGCOMM '94, pp. 234-44, 1994.

[6] R. W. Floyd, "Algorithm 97: shortest path", Communications of the ACM, vol. 5, issue 6, pp. 345, 1962.

[7] M. Mauve, J. Widmer and H. Hartenstein, "A survey on position-based routing in mobile ad hoc networks", IEEE Network, Vol. 1, No. 6, pp. 30-39, 2001.

[8] J. Boleng, T. Camp and V. Tolety, "Mesh-based geocast routing protocols in an ad-hoc network", In proceeding of 15th Int'l. Parallel and Distributed Processing Symp, pp. 93-183, 2001.

[9] W. H Liao et al., "GeoGRID: A geocasting protocol for mobile ad hoc networks based on GRID", J.Internet Tech., Vol.1 No. 2, pp 23-32, 2003.

이 정 환 (Jung-Hwan Lee)

준회원

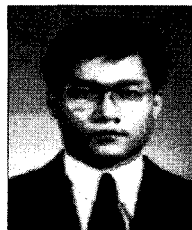


2003년 2월 인하대학교 컴퓨터 공학과 공학사
2003년 3월~2005년 2월 인하대학교 정보통신대학원 정보통신공학과, 공학석사
2005년 3월~현재 삼성전자 기술총괄

<관심분야> 에드 혹 네트워크, 인터넷 QoS

유 상 조 (Sang-Jo Yoo)

정회원



1988년 2월 한양대학교 전자통신학과, 공학사
1990년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과, 공학석사
2000년 8월 한국과학기술원 전자전산학과, 공학박사
1990년 3월~2001년 2월 KT

연구개발본부

2001년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 부교수

<관심분야> 인터넷 QoS, 초고속 통신망 구조, 멀티미디어 네트워크, 트래픽 엔지니어링