

Mobile Ad Hoc 네트워크에서 이질적 그룹 이동성을 지원하는 논리적 협업 개체 기반의 멀티캐스트 구조 연구

김 갑 동[†] · 김 상 하^{**}

요 약

개별적으로 이동하는 노드들과 그룹으로 이동하는 노드들로 함께 구성된 애드 혹 네트워크에서 멀티캐스트 어플리케이션을 수행하는 노드들은 비슷한 이동 특성을 갖는 그룹에 속하는 경우가 많다. 그룹 이동성은 확장성을 향상시키고, 프로토콜 오버헤드를 줄이는 좋은 방법 중 하나이다. 본 논문에서는 이질적 그룹 이동성을 갖는 네트워크에서 동일한 그룹 이동성을 갖는 노드들을 다중 인터페이스의 단일 개체로 간주하여 멀티캐스트 트리를 구성하는 멀티캐스트 구조를 제안한다. 논리적 협업 개체 기반 멀티캐스트 구조의 적용은 비계층적 멀티캐스트 구조를 유지하면서 계층적 멀티캐스트 구조로부터 얻을 수 있는 확장성, 멀티캐스트 트리 단순화, 프로토콜 오버헤드 감소 등을 수용하며, 임의의 노드가 임출력 인터페이스 역할을 함으로서 데이터 포워딩 부하를 여러 노드로 분산시켜 전력 소비의 집중현상을 막을 수 있다. 시뮬레이션을 통하여 다중 인터페이스를 갖는 논리적 협업 개체 기반의 멀티캐스트 프로토콜이 효율적인 데이터 전송과 프로토콜의 확장성을 제공하는 것을 볼 수 있다.

키워드 : 애드 혹, 멀티캐스트, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜, 오버레이 멀티캐스트, 논리적 협업 개체

A Study on Logical Cooperative Entity-Based Multicast Architecture Supporting Heterogeneous Group Mobility in Mobile Ad Hoc Networks

Kap-Dong Kim[†] · Sang-Ha Kim^{**}

ABSTRACT

In mobile ad hoc networks, an application scenario requires mostly group mobility behavior in the mix of group moving nodes and individually moving nodes. The nodes of those applications tend to belong to the movement group with similar movement behavior. Group mobility is one of the good methods to improve scalability, and reduces the protocol overhead. In this paper, we propose the multicast architecture which regards nodes that have equal group mobility in the heterogeneous group mobility network as the single entity with the multiple interfaces and composes multicast tree. The logical cooperative entity-based multicast architecture accommodates the scalability, the multicast tree simplification, and the protocol overhead reduction which are obtained from the hierarchical multicast architecture, while it maintains the flat multicast architecture for the data transmission. It also prevents the concentration of the energy consumption dispersing data forwarding load into the several ingress/egress nodes. Results obtained through simulations show that logical cooperative entity-based multicast protocol with multiple interfaces offers the protocol scalability and the efficient data transmission.

Key Words : Ad-hoc, Multicast, Multicast Routing Protocol, Overlay Multicast, Logical Cooperative Entity

1. 서 론

어플리케이션은 하나 이상의 노드로 동일한 데이터를 전송할 때 유니캐스트보다는 비용 상으로 효율적인 멀티캐스트나 브로드캐스트 전송을 사용한다. 애드 혹 네트워크는

고정된 네트워크 기반 없이 이동하는 호스트들로 구성되는 다중 홉 무선 네트워크이다. 이러한 애드 혹 네트워크의 특성으로 각 노드들은 데이터 전송을 위해 라우터의 기능을 수행한다. 애드 혹 네트워크에서의 멀티캐스트 구조의 설계는 네트워크 토폴로지의 동적인 변화와 제한된 유효 대역폭 때문에 복잡하다. 실제 환경의 애드 혹 네트워크에서 노드들의 구성은 그룹 이동성을 가지고 이동하는 노드들과 개별적으로 이동하는 노드들로 함께 이루어진다. 애드 혹 네트워크 환경에 적용될 이질적 그룹 이동성의 의미는 그룹으로

[†] 정 회 원 : 국방과학연구소 선임연구원

^{**} 종신회원 : 충남대학교 전기정보통신공학부 교수

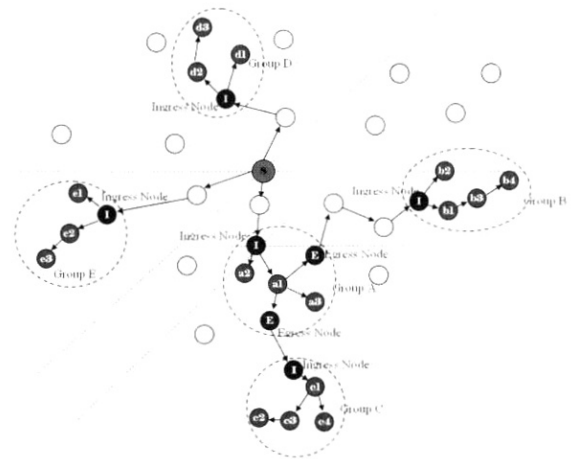
논문접수 : 2006년 10월 31일, 심사완료 : 2007년 3월 16일

이동하는 노드들과 독자적으로 이동하는 노드들로 구성된 그룹으로 무리지어 이동하는 움직임을 말한다. 많은 어플리케이션은 이질적 그룹 이동성의 시나리오 상에서 노드들 간의 그룹 기반 통신을 함으로서 임무를 수행한다. 예로써, 컨퍼런스 세미나 세션, 컨벤션 이벤트, 전시회장, 긴급 구난, 전투 훈련 등을 들 수 있다. 이러한 어플리케이션을 지원하기 위하여 그룹 기반 통신에 대한 많은 연구가 애드 혹 네트워크에서 수행되어 왔다. 이러한 어플리케이션의 특징 중 하나는 노드들이 여러 개의 작은 그룹으로 나누어져 임무를 수행하는 것이다. 즉, 같은 임무를 가진 노드들은 동일한 이동성을 가지고 함께 움직이면서 임무를 수행한다.

[1]에서는 M-LANMAR(Multicast-Enabled Landmark Ad hoc Routing Protocol)라는 효율적이고 확장성 있는 멀티캐스트 프로토콜을 소개하고 있다. M-LANMAR는 그룹 이동성 모델을 지원하기 위하여 유니캐스트 라우팅 프로토콜로서 LANMAR[2]를 사용한다. [1]의 멀티캐스트 프로토콜은 유니캐스트 프로토콜의 그룹 이동성의 특성을 그대로 사용할 수 있는 이점을 갖는다. 그러나, M-LANMAR는 다음과 같은 여러 가지 문제점을 가지고 있다.

첫째는, 유니캐스트 프로토콜로 LANMAR를 사용해야만 하므로 LANMAR에 종속적이며, LANMAR 프로토콜 자체가 일반적으로 잘 사용되는 프로토콜이 아니므로 적용성이 떨어진다. 둘째는, 데이터 전송이 없거나 멀티캐스트에 가입한 멤버의 수가 적을 경우에 상대적으로 제어 오버헤드가 높은 사전 결정 방식을 사용하고 있다. 셋째는, 그룹의 대표 노드가 멀티캐스트 소스로부터 데이터를 전송 받아 그룹 내의 노드들에게 전달하는 역할을 전담해야 하는 부하가 있다. 넷째는, 그룹의 대표 노드가 그룹 내의 노드들에게 데이터를 전송하는 방식은 제한적인 플러딩을 사용함으로써 그룹을 형성하는 노드들의 위치에 따라 비효율적으로 동작할 수 있다. 다섯째는, 그룹간의 데이터 전송을 위한 연결 없이, 각 그룹은 멀티캐스트 소스로부터 직접 데이터를 전송 받는다. 이것은 멀티캐스트 전송 트리를 사용함으로써 얻게 되는 이점을 전혀 고려하지 않았다. 이와 같이 그룹 이동성의 특성을 활용함으로써 발생하는 단점들도 많이 나타나게 된다.

본 논문에서는 위에서 지적된 문제점들을 해결하고자 이질적인 그룹 이동성을 지원하는 멀티캐스트 구조를 제안하고자 한다. 상호 협력하는 여러 개의 노드를 논리적인 하나의 노드로 간주하는 논리적 협업 개체의 개념을 사용한다. 먼저, 동일한 이동성을 갖는 노드들로 구성된 하나의 그룹을 여러 개의 인터페이스를 갖는 하나의 논리적 협업 개체로 간주한다. 그룹을 형성하는 노드들 중에 대표 노드는 논리적 협업 개체의 역할을 대행한다. 논리적 협업 개체의 인터페이스를 담당하는 임의의 노드들이 데이터의 수신과 송신을 처리한다. 데이터 송수신을 위한 절차는 그룹 간의 데이터 전송과 그룹 내의 데이터 전송으로 구분된다. 하나의 멀티캐스트 서비스 관점에서 보면 그룹 간, 즉 논리적 협업 개체들 간의 멀티캐스트 트리의 생성은 복잡한 트리를 간단한 논리적 멀티캐스트 트리로 대체 할 수 있다. 그룹 내부,



(그림 1) 논리적 협업 개체 기반 멀티캐스트 구조

즉 논리적 협업 개체 내부에서의 데이터 전송은 데이터를 수신한 임의의 노드가 그룹 내의 모든 노드들에게 데이터를 전달하고, 다음에 수신해야 할 그룹에 가장 가까운 임의의 인터페이스 노드가 데이터 전송을 수행한다. 다시 말하면, 그룹 내부에서의 데이터 전송은 논리적 협업 개체의 다중 인터페이스로 라우팅을 수행하게 된다. 논리적 협업 개체의 데이터 수신은 그룹 내부의 모든 노드가 데이터를 수신한다고 보면 된다.

(그림 1)에서 볼 수 있듯이 동일한 이동성을 갖는 그룹을 하나의 논리적 협업 개체로 보는 것은 네트워크를 계층적 구조로 나누어서 얻을 수 있는 이점들을 그대로 가져올 수 있는 동시에 일반적으로 적용되는 클러스터링 방법을 그룹 이동성에 적합한 다중 인터페이스를 갖는 개체들 간의 멀티캐스트 방법으로 전환 할 수 있게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 1장의 서론에 이어서 제 2장에서는 그룹 이동성 모델과 멀티캐스트 프로토콜에 대한 관련 연구를 설명하고 제 3장에서는 논리적 협업 개체 기반의 멀티캐스트 구조에 대하여 자세히 살펴본다. 제 4장에서는 3장에서 설명된 프로토콜을 시뮬레이션으로 프로토콜의 특성을 비교 설명한다. 마지막으로 제 5장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 제안된 멀티캐스트 구조에 적용할 그룹 이동성 모델과 멀티캐스트 프로토콜에 대한 관련 연구를 설명한다. 많은 연구자들이 다방면으로 그룹 이동성 모델을 연구해왔다. 노드의 이동성을 고려한 라우팅 프로토콜의 디자인도 많이 수행되었다. 계층적 라우팅 기법은 대규모 네트워크에서 프로토콜의 오버헤드를 줄이는데 사용될 수 있다. [3]은 대규모 네트워크에서 멀티캐스트 프로토콜의 오버헤드를 줄이고 견고성을 높이고자 하는 두 가지의 계층적 멀티캐스트 기법을 설명한다.

2.1 그룹 이동성 모델

에드 후 네트워크 어플리케이션 시나리오에서, 이동 노드는 상호 협력하며 이동하는 특성을 보여준다. 그룹 이동성 모델은 이러한 상호 협력하는 이동 특성을 표현해 준다. 몇몇 연구자들은 에드 후 망에서 그룹으로 이동하는 것을 시뮬레이션으로 나타내려고 그룹 이동성 모델을 제안하였다 [4,5,6].

RPGM(Reference Point Group Mobility)[4] 모델은 가장 일반적인 그룹 이동성 모델로 이동 단말들은 논리적 상호 관계에 따라 그룹으로 구성된다. 그룹 중앙의 움직임은 위치, 속도, 방향 등 그룹 전체의 움직임으로 정의된다. 보통 노드들은 그룹의 지리적 범위 안에서 균등하게 분산되어 있다. 참조점 스킴은 그룹의 움직임 안에서 각 노드의 독립적인 움직임을 가능하게 한다. RVGM(Reference Velocity Group Mobility)[5] 모델은 이동 노드와 그룹의 속도를 고려하도록 RPGM 모델을 확장한 것이다. 각 이동 그룹은 그룹의 속도가 있으며, 그룹의 멤버 노드들은 그룹의 속도와 약간의 편차가 있는 속도로 이동을 한다. RRGM(Reference Region Group Mobility)[6] 모델은 참조 지역을 사용한다. 참조 지역은 노드들이 이동해 갈 영역을 정의하며, 일단 지역으로 노드들이 이동을 하면, 다른 노드들이 도착할 때까지 기다리며 지역 안에서 움직인다. 참조 지역의 위치는 그룹이 목적지로 가는 동안 움직이는 중간점으로 정의한다. 참조 지역은 이 경로를 따라 점차 목적지로 이동하게 된다.

2.2 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

에드 후 망에서 많은 멀티캐스트 프로토콜들이 제안되었으며, 클러스터링 스킴을 적용한 멀티캐스트 라우팅은 오랫동안 연구되어 왔다. MZR(Multicast routing protocol based on Zone Routing)[7]은 소스가 주도하는 요구기반 프로토콜로 멀티캐스트 트리의 생성 및 유지하는데 영역 라우팅 메커니즘을 사용한다. 최신의 영역 라우팅 테이블을 유지하기 위해서 각 영역 내부에서는 사전 결정 방식 프로토콜이 운용된다. 노드는 미리 설정된 범주에서 영역을 만들고, 토폴로지의 변화에 따른 영향은 영역 내부의 노드들로 국한된다. 영역의 범주가 작을수록 영역의 토폴로지를 유지하기 위한 비용은 많이 든다.

HDDM(Hierarchical DDM)[3]은 토폴로지 인식 방식을 적용하며, 이것의 문제점은 멀티캐스트 그룹을 어떻게 여러 개의 부 그룹으로 나누는가에 있다. 각 부 그룹 내에서는 부 그룹의 대표가 선출된다. 패킷 헤더에 포함되어야 할 멤버의 수가 상당히 감소하기 때문에 DDM의 확장성 문제를 해결하게 된다. 그러나, 노드의 이동성 때문에 부 그룹이 자주 바뀌는 문제점을 가지게 된다.

HOMA(Hierarchical region-based Overlay Multicast Architecture)[8]는 GPS를 통한 위치정보와 정적인 영역을 사용하여, 멀티캐스트 트리를 전체 네트워크를 위한 지역 기반의 오버레이 멀티캐스트 트리로 나누어서 확장성 문제를 해결한다. HOMA의 단점은 여러 노드가 함께 지역 사이

를 이동할 경우에 멀티캐스트 기능이 비효율적으로 운용되는 것이다.

M-LANMAR[1]는 그룹 이동성을 지원하기 위하여 LANMAR[2]를 유니캐스트 라우팅 프로토콜로 사용한다. LANMAR는 보편적이지 않은 유니캐스트 라우팅 프로토콜이지만 M-LANMAR는 이것을 사용함으로써, LANMAR가 그룹 이동성을 지원하는 요소들을 그대로 사용할 수 있는 이점이 있다. 즉, M-LANMAR는 유니캐스트 라우팅 테이블 업데이트에 멀티캐스트 라우팅 테이블을 포함시켰다. 그래서, 부가적인 멀티캐스트 프로토콜 오버헤드 없이 멀티캐스트 라우팅 테이블을 유지 관리할 수 있다. 그러나, 사전 결정 방식으로 그룹 멤버십과 멀티캐스트 트리가 업데이트 되므로 그룹 멤버나 멀티캐스트 그룹의 수에 상관없이, 멀티캐스트 데이터의 전송이 없는 경우에도 일정한 프로토콜 오버헤드를 유지한다.

3. 논리적 협업 개체 기반 멀티캐스트 구조

본 장에서는 논리적 협업 개체 기반 멀티캐스트 구조인 LOCOMA(Logical Cooperative entity-based Multicast Architecture)를 제안하고자 한다. 에드 후 네트워크에서 어플리케이션의 두드러진 특징 중 하나는 노드들이 그룹 이동성을 가지고 이동하는데 적합한 서비스가 많다는 것이다. 이러한 서비스를 효율적으로 지원하기 위해서는 데이터 전송 경로를 담당하는 라우팅 프로토콜의 효율적인 지원이 필요하다. 에드 후 네트워크의 구성은 그룹 이동성을 가지고 이동하는 노드들과 개별적으로 이동하는 노드들로 이루어지며, 이러한 이질적 그룹 이동성을 지원하기 위하여 그룹 이동성을 가지고 이동하는 노드들을 하나의 논리적 협업 개체로 간주하고 개체 간에 멀티캐스트를 적용할 수 있도록 한다. 논리적 협업 개체 내에서는 효율적인 브로드캐스트를 적용하여 개체내의 모든 노드들이 데이터를 수신할 수 있도록 한다. 그룹 내의 대표 노드가 단순히 논리적 협업 개체의 역할만을 하도록 하면 일반 클러스터링이나 계층적 구조와 크게 다를 것이 없다. 그러나, 본 논문에서는 논리적 협업 개체의 역할을 다중 인터페이스를 가지고 있는 단일 노드의 관점으로 멀티캐스트 구조를 설계하였다. 논리적 협업 개체 내의 대표 노드는 그룹의 현 위치를 표현하고, 가입이나 탈퇴와 같은 그룹의 멀티캐스트 제어 역할을 담당하고, 나머지 그룹 내의 노드들은 그룹의 입출력 인터페이스 역할을 하게 된다. 그룹으로 전송된 데이터를 처음으로 받은 노드들은 그룹의 입력 인터페이스 역할을 하기 위해 받은 데이터를 그룹 내의 모든 노드가 수신할 수 있도록 재전송한다. 데이터를 수신한 노드들은 다음 목적지인 그룹에 가장 가까운 노드이면 출력 인터페이스 역할을 담당하여, 목적지 그룹으로 데이터를 전송한다.

LOCOMA는 그룹 간의 제어 메시지 전송을 위해 계층적 멀티캐스트 구조와 비슷하게 설계되어 계층적 멀티캐스트 구조가 가지게 되는 이점을 얻게 된다. 그러나, LOCOMA는

데이터 메시지 전송시 계층적 구조가 가지는 문제점들을 해결하기 위하여 비계층적 구조로 데이터를 전송한다. 그룹을 논리적 협업 개체 관점으로 보고, 그룹이 데이터를 수신하는 것은 처음 데이터를 수신하여 입력 인터페이스를 담당하게 되는 노드가 데이터를 재전송하고, 다음 목적지 그룹과 가까워서 출력 인터페이스를 담당하는 노드가 다음 목적지 그룹으로 데이터를 전송하게 된다. 데이터가 전송되는 트리의 특성을 보면 그룹에서 그룹의 입력 인터페이스까지는 멀티캐스트 전송을 하게 되고, 그룹의 입력 인터페이스에서 그룹 내의 모든 멤버 노드와 출력 인터페이스 노드까지는 브로드캐스트 전송을 하게 된다. 다시 출력 인터페이스에서 다음 목적지 노드까지는 멀티캐스트 전송이 수행된다. 즉, 데이터 전송 경로가 순방향으로 계속 유지되면서 일반지역과 밀집지역에 따라 적응하여 각각 브로드캐스트와 멀티캐스트 트리를 생성하여 데이터를 전달하는 구조를 형성한다.

3.1 그룹간 멀티캐스트 프로토콜

그룹을 논리적 협업 개체로 간주하여 그룹 이동성을 갖는 그룹간의 멀티캐스트는 개별적 이동성을 갖는 단일 노드간의 멀티캐스트를 위한 프로토콜을 적용하는 것과 같이 생각할 수 있다. 멀티캐스트 프로토콜 제어를 위한 것은 계층적 구조를 적용하고 멀티캐스트를 지원하지 않는 노드들이 함께 망을 구성하고 있는 환경에서도 쉽게 적용할 수 있도록 오버레이 멀티캐스트 프로토콜을 사용한다. 논리적 협업 개체 기반 멀티캐스트 구조에서는 그룹간 멀티캐스트 프로토콜로 LGD[10]와 같은 작은 크기의 멀티캐스트 그룹에 적합한 무상태 오버레이 멀티캐스트 프로토콜을 적용한다.

오버레이 멀티캐스트 트리는 그룹의 대표 노드들로 만들어질 수 있다. 그룹의 대표 노드로 구성된 오버레이 멀티캐스트 트리는 멀티캐스트 그룹 구성원의 수를 그룹의 수로 감소시켰다. 무상태 멀티캐스트 프로토콜은 동적인 네트워크 토폴로지로 인한 오버헤드를 제거하고, 데이터 전송 트리의 생성과 관리 오버헤드를 줄이며, 구성원이 아닌 노드의 라우팅 오버헤드를 제거한다. [9]은 Location-Guided Tree를 사용한 오버레이 멀티캐스트가 에드혹 망에서 그룹 통신을 위한 효과적이고 효율적인 해결방안이라고 주장한다. [10]에서 LGT 알고리즘들 중에서 대역폭, 전송 지연시간, 계산의 복잡성을 종합해서 LGD가 가장 적절하다고 결론을 내렸기 때문에 LGD 알고리즘을 그룹간 멀티캐스트 데이터 전송을 위한 오버레이 멀티캐스트 트리를 생성하는데 적용한다.

멀티캐스트 데이터는 유니캐스트 패킷에 실려 목적지 그룹으로 전송된다. 그룹의 주소와 위치 정보 리스트는 명시적으로 멀티캐스트 패킷의 헤더에 포함된다. 오버레이 멀티캐스트 프로토콜은 각 그룹의 위치정보만을 사용하므로 멀티캐스트 트리를 위해 전체적인 네트워크 토폴로지를 알 필요는 없다. 데이터 패킷의 전송은 AODV와 같은 유니캐스트 라우팅 프로토콜을 사용한다. [10]에서 LGD 알고리즘이 위치정보가 정확하지 않은 경우에도 잘 동작함을 보여주고

있기 때문에 각 그룹은 현 위치가 이전에 보고된 위치에서 정의된 임계값을 넘어가지 않으면 위치정보를 보고하지 않는다.

멀티캐스트 소스는 그룹들을 네 방향에 따라 네 개의 구역으로 분류하고, 각 방향별로 가장 가까운 그룹을 자식 그룹으로 설정하고, 다른 그룹의 주소와 위치정보를 데이터 패킷의 헤더에 실어서 각 방향의 자식 그룹에게 전송한다. 각 자식 그룹은 데이터 패킷의 헤더에 리스트가 없어질 때까지 위에서 사용된 절차대로 계속해서 수행한다. 오버레이 멀티캐스트 프로토콜은 방향 결정의 편리성과 [10]의 시뮬레이션 결과에 따라 네 방향으로 설정을 한다. 계산 오버헤드를 줄이기 위한 방법으로 그룹들은 이전에 계산된 트리를 캐쉬에 저장한다.

3.2 그룹내 멀티캐스트 프로토콜

그룹을 하나의 논리적 협업 개체로 처리하므로 입구 노드들이 그룹으로 전송된 데이터를 수신하여 그룹 내의 구성원 노드들에게 데이터를 재전송한다. 가장 쉽게 사용되는 브로드캐스트 방식이 그룹 내의 멀티캐스트 프로토콜로 사용된다. [11]은 브로드캐스트 스킴들을 Simple Flooding, Probability Based Methods, Area Based Methods, Neighbor Knowledge Methods의 카테고리로 분류하였다. 그룹 내에서 적용할 프로토콜은 작은 그룹에 적합한 몇 가지 프로토콜을 적용할 수 있다. 첫 번째로, [12]에 정의된 카운터 기반 스킴이 적용될 수 있다. 노드가 새로운 일련번호를 가진 패킷을 받으면 일련번호의 카운터를 초기화하고 RAD(Random Assessment Delay) 시간을 설정한다. 이 시간동안 같은 일련번호를 가진 패킷을 수신하면 카운터를 증가시킨다. 만약 카운터가 미리 정의된 임계값보다 크면, 패킷은 전송되지 않는다. 이것은 밀집한 영역에 적합하고 간결한 방식이다. 두 번째로, [13]은 Self Pruning 스킴이 네트워크 규모가 작고 노드의 이동성이 높은 경우에 더 적합하다고 기술하고 있다. 그래서, 이 방식이 그룹 내에 적용될 수 있다. 세 번째로 멀티캐스트 영역 개념[14]이 플러딩 스킴으로 적용될 수 있다. 그룹의 대표노드는 구성원 노드의 위치에 따라서 그룹 내의 멀티캐스트 영역을 설정할 수 있다. 그리고, 다양한 방법으로 멀티캐스트 영역이 최적화될 수 있다.

그룹 내의 데이터 전달 방법으로 적용할 가상 플러딩 기법은 카운터 기반 1-홉 스킴으로 멀티캐스트에 가입한 그룹의 구성원들만 플러딩한다. TTL값을 1로 설정한 카운터 기반의 방법으로 브로드캐스트 스톱 문제를 효과적으로 해결할 수 있다. 기본적인 동작 방식은 위에서 기술한 카운터 기반 스킴과 동일하다.

그룹 내의 구성원 노드들이 모두 연결이 가능한 상황임에도 불구하고 가상의 플러딩 기법으로 데이터를 전달할 수 없는 상황이 발생 할 수 있다. 이러한 상황에 대처할 수 있게 하기 위하여, 그룹 내의 구성원 노드들의 위치정보를 사용하여 구성원들이 여러 개의 가상 플러딩 그룹으로 나누어지는 것을 미리 계산하여 가상 플러딩 그룹 정보를 그룹

내에서 공유하도록 한다. 그룹 내의 가상 플러딩 그룹 간의 데이터 전송은 데이터 전송을 담당하는 노드가 수신한 데이터를 분리된 가상 플러딩 그룹의 지정된 노드로 데이터를 유니캐스트로 전송한다. 이렇게 함으로써, 그룹 내에서 데이터의 중복 전송을 최소화 시키면서 모든 구성원이 데이터를 받을 수 있도록 하였다.

3.3 멀티캐스트 그룹 멤버쉽

멀티캐스트 가입 절차는 전역 가입과 지역 가입의 두 단계로 구분된다. 멀티캐스트 소스 노드는 멀티캐스트 서비스를 생성하기 위해 광고 메시지를 전체 네트워크에 자신의 위치 정보와 멀티캐스트 그룹 식별자를 보낸다. 네트워크상의 모든 노드들은 멀티캐스트 서비스의 소스를 담당하는 노드의 정보를 알게 된다. 동일한 임무를 수행하는 그룹의 구성원들은 그룹의 리더와 부리더를 선출하고, 그룹의 모든 노드들은 자신이 속한 그룹의 리더와 부리더의 주소를 기록해 놓는다. 만약, 가입 요청이 그룹 내에서 처음이면 그룹의 리더는 가입 요청 메시지를 멀티캐스트 그룹의 근원지 노드에게 전달한다. 그룹의 리더는 그룹 내에서 멀티캐스트에 가입한 구성원의 리스트를 관리하고, 각 구성원의 위치정보를 유지한다. 그룹 리더가 리더의 역할을 포기할 경우 부리더가 그룹의 리더가 된다. 그래서, 리더는 멀티캐스트에 가입한 구성원의 정보를 주기적으로 부리더에게 보낸다. 멀티캐스트 소스 노드는 최선의 멀티캐스트 멤버쉽을 유지하기 위하여 위치정보 보고 메시지를 활용한다. 그룹 내에서 그룹의 리더도 위와 같은 방법으로 멀티캐스트 구성원을 관리한다. 이러한 절차는 멀티캐스트 멤버쉽을 관리하기 위한 제어 메시지를 줄일 수 있다.

멀티캐스트 탈퇴 절차는 전역 탈퇴와 지역 탈퇴의 두 단계로 구분된다. 만약, 그룹의 구성원이 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴하고자 한다면 구성원은 탈퇴 요구 메시지를 그룹의 리더에게 보낸다. 그룹의 리더가 구성원으로부터 탈퇴 메시지를 받았을 때 멀티캐스트 구성원 리스트를 체크하여 구성원이 없으면 멀티캐스트 탈퇴 요구 메시지를 멀티캐스트 근원

지 노드로 보낸다. 탈퇴 요구에 대한 응답 메시지는 없으며, 탈퇴하였을 경우 위치정보 보고 메시지의 전송을 중단한다.

3.4 멀티캐스트 트리 관리

그룹들이 그룹 이동성에 따라 움직이면서 두 그룹이 서로 만나서 겹쳐질 수도 있고, 한 그룹이 여러 개의 그룹으로 나누어 질 수 있는 것이 일반적이다. 그러나, 여기서 제안하는 멀티캐스트 구조에서는 그룹에 할당된 임무를 수행하는 노드들의 움직임의 특성이 두 그룹이 만나거나 한 그룹이 여러 개로 나누어질 수 있는 것은 일시적인 것이라 그룹 간에 합병이나 그룹 분리는 고려하지 않아도 된다. 즉, 그룹에 속한 노드들은 동일한 움직임 패턴을 가지고 그룹으로 이동을 하기 때문에 그룹을 논리적 협업 개체로 보고 각 개체간의 멀티캐스트 트리를 만들어 활용하는데 있어서 추가적으로 고려해야 할 사항은 없다.

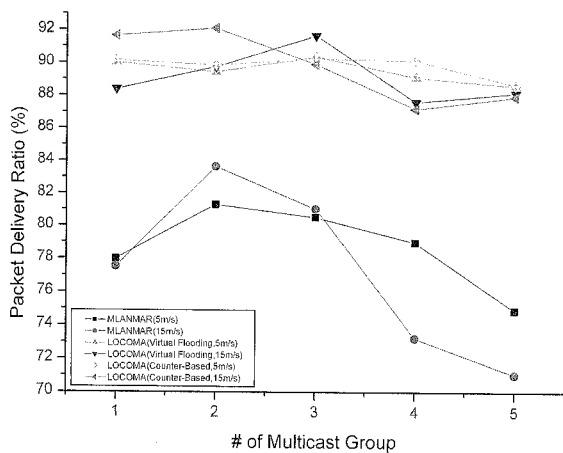
만약 그룹의 리더가 비정상적으로 멀티캐스트 기능을 수행하지 않게 되면, 그룹의 모든 구성원들은 멀티캐스트 데이터를 받지 못 할 수도 있게 된다. 그래서, 그룹의 부 리더는 Hello 메시지로 리더의 상태를 체크한다. 일정한 시간 안에 Hello 메시지를 받지 못하게 되면, 부 리더는 자신을 그룹의 리더로 설정을 하고 그룹의 모든 구성원들에게 그룹의 리더가 바뀌게 된 것을 알린다. 그리고, 리더 변경 요청 메시지를 멀티캐스트 소스 노드에게 보내고, 자신이 그룹의 리더로서 역할을 수행한다.

4. 시뮬레이션 모델 및 구현

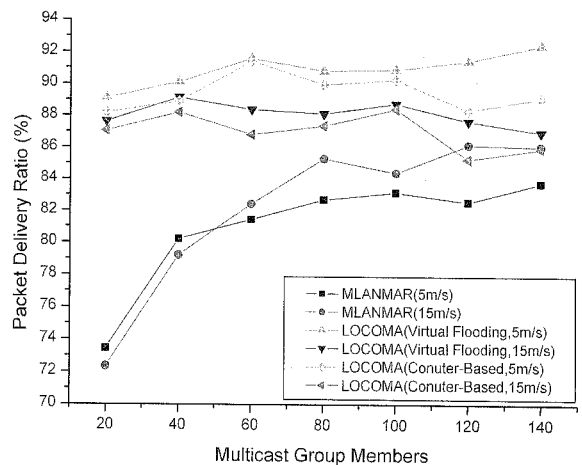
본 장에서는 LOCOMA와 M-LANMAR의 성능을 평가하기 위한 시뮬레이션 모델을 설명하고 그 결과를 분석하여 제안된 프로토콜 구조의 장점에 대하여 살펴본다.

4.1 시뮬레이션 환경

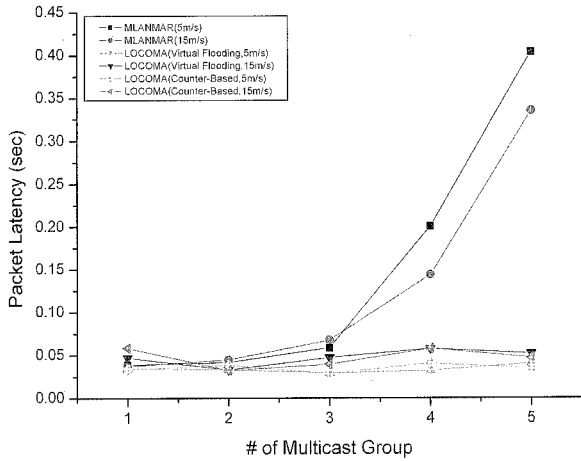
시뮬레이션 도구로 MAC, 채널, 라우팅 모델들로 무선 네



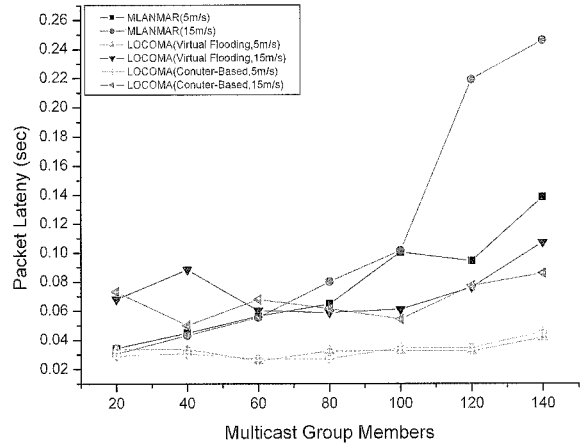
(그림 2) 패킷 전송률 (다중 그룹)



(그림 3) 패킷 전송률 (단일 그룹)



(그림 4) 패킷 전달 시간(다중 그룹)



(그림 5) 패킷 전달 시간 (단일 그룹)

트위크 시스템에 확장성 있는 시뮬레이션 환경을 제공하는 QualNet[15]을 사용하였다. 네트워크의 크기는 가로 세로 각 2Km × 2Km의 정사각형으로 설정하고 이동 노드의 수는 250, 각 노드의 전파 범위는 238m, 각 노드는 Random Way-Point Pattern으로 이동, 이동 속도는 2초 정지시간을 갖는 2/5/10/15/20 m/sec, 시뮬레이션 시간은 200초이고, 5개의 다른 Seed Number를 사용하고, LOCOMA의 유니캐스트 프로토콜로는 AODV를 사용하였다. M-LANMAR는 LANMAR를 기반으로 되어 있으므로 AODV를 사용하지 않는다.

이동 노드들은 RPGM 모델에 따라 10개의 노드들로 이루어진 그룹 이동성을 갖는 15개의 그룹으로 이동하고, 나머지 100개의 노드는 Random Way-Point Pattern으로 이동을 한다. 다중 그룹 모델은 1개에서 5개까지의 멀티캐스트 그룹으로 설정하고, 각 멀티캐스트 그룹은 1개의 소스 노드와 3개의 그룹으로 구성이 된다. 위에서 설명한 것과 같이 각 그룹은 10개의 노드들로 이루어진다. 단일 그룹 모델은 하나의 멀티캐스트 그룹으로 1개의 소스 노드와 2개부터 14개까지의 그룹으로 설정한다.

시뮬레이션 시작에서 각 노드들은 정해진 가입 절차에 따라 멀티캐스트 그룹에 가입하고, 멀티캐스트 소스는 512 bytes의 패킷을 매 초당 4개씩 UDP로 데이터를 전송한다. 시뮬레이션 동안 데이터 전송률을 위한 송수신 데이터 패킷의 수, 전송된 멀티캐스트 제어 패킷의 수, 데이터 패킷이 경유한 홉과 시간, 메시지의 통계를 위해 사용된 모든 메시지의 수를 기록한다.

성능을 측정하는데 사용된 메트릭은 다음과 같다.

- (가) 패킷 전송률(Packet Delivery Ratio) : 패킷 전송률은 노드들이 받았어야 하는 데이터의 수에 대한 실제로 수신된 데이터 패킷의 수를 나타내며, 이 값은 멀티캐스트 프로토콜의 효율성을 나타낸다.
- (나) 패킷 지연 시간(Packet Latency) : 멀티캐스트 그룹 노드가 받는 패킷의 평균 지연 시간이다.
- (다) 프로토콜 제어 오버헤드(Normalized Control Overhead)

: 노드들이 받았어야 하는 데이터의 수에 대한 각 노드에서 전송된 제어 패킷의 수를 나타내며, 이 수치는 프로토콜이 멀티캐스트 트리를 유지하기 위한 비용을 나타낸다.

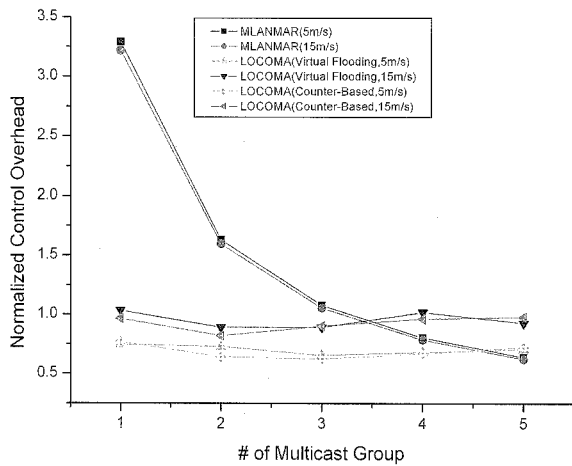
- (라) 데이터 포워딩 오버헤드(Normalized Data forwarding Overhead) : 노드들이 받았어야 하는 데이터의 수에 대한 실제로 각 노드에서 데이터를 포워딩한 수를 나타내며, 이 값은 멀티캐스트 데이터 전달을 위한 비용을 나타낸다.

4.2 시뮬레이션 분석

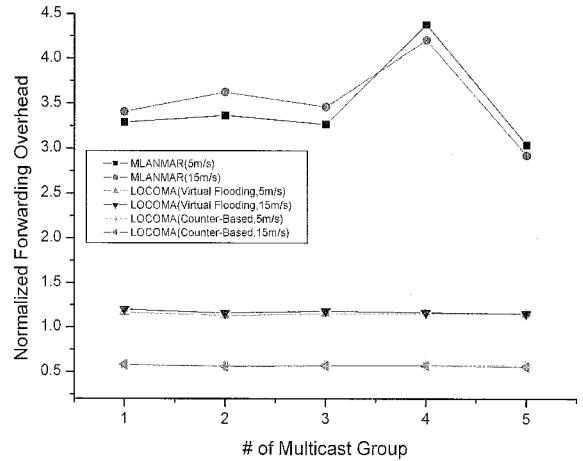
PDR은 (그림 2)와 (그림 3)에서 보여 주듯이 멀티캐스트 그룹이 증가함에 따라 M-LANMAR의 전송률은 감소하는 경향을 보이나 한 그룹 내에서 그룹의 구성원이 증가함에 따라서는 전송률이 안정화된다. 그러나, LOCOMA는 멀티캐스트 그룹의 증가와 한 그룹 내에서 구성원이 증가함에 따라 가상 플러딩 방법과 카운터 기반 방법에서 안정적으로 일정한 전송률을 나타낸다.

(그림 4)에서는 멀티캐스트 그룹의 수에 따른 패킷 지연 시간을 비교하는데 LOCOMA는 일정한 값을 유지하는 반면 M-LANMAR는 속도와 상관없이 그룹의 수가 증가하면 패킷 지연 시간이 길어진다. LOCOMA는 전송 방식과 상관없이 속도가 증가하면 패킷 지연 시간이 길어진다. (그림 5)는 한 그룹 내에서 멀티캐스트 구성원의 수를 증가 시킬 경우의 측정값으로 각 방식은 속도가 증가하면 패킷 지연 시간이 길어지는 경향을 보이며, (그림 4)와 같이 LOCOMA가 안정적으로 일정한 값을 유지한다.

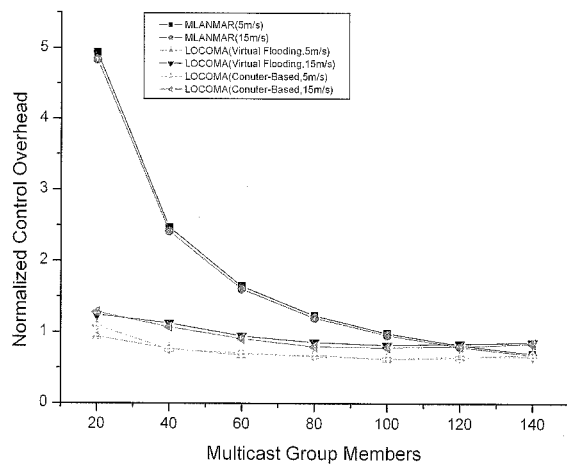
NCO는 멀티캐스트 구성원들이 받아야 하는 데이터의 수에 대한 멀티캐스트 제어 패킷의 비율 나타내므로 사전 결정 방식을 사용하고 있는 M-LANMAR는 (그림 6)과 (그림 7)처럼 그룹의 수가 증가하거나 그룹의 구성원의 수가 증가할수록 NCO의 값이 낮아지며 안정화된다. 반면, 데이터의 전송이 없거나 멀티캐스트 그룹의 수가 적거나 그룹 구성원의 수가 적은 경우는 상대적으로 높은 NCO값을 나타내므로



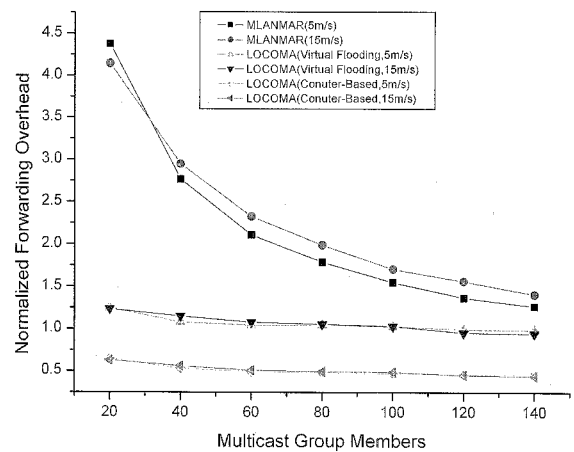
(그림 6) 제어 패킷 오버헤드 (다중 그룹)



(그림 8) 데이터 전달 오버헤드 (다중 그룹)



(그림 7) 제어 패킷 오버헤드 (단일 그룹)



(그림 9) 데이터 전달 오버헤드 (단일 그룹)

멀티캐스트 트리 유지비용이 많이 든다. LOCOMA는 그룹의 수와 그룹 구성원의 수의 증가에 따라 함께 제어 패킷의 수가 증가함으로 일정한 NCO의 값을 유지할 수가 있다. 그러므로 그룹의 수와 그룹 구성원의 수가 적은 경우에도 멀티캐스트 트리의 유지비용을 적게 할 수 있다. 속도가 증가하면 재전송으로 인한 제어 패킷의 수가 증가하는 경향을 보인다.

NDO는 멀티캐스트 데이터 전달을 위해 사용된 네트워크 비용을 나타내는 값으로 (그림 8)에서는 LOCOMA의 카운터 기반 방법이 가장 효율이 좋으며, M-LANMAR가 가장 비효율적으로 나타났다. (그림 9)에서 볼 수 있듯이 M-LANMAR는 멀티캐스트 그룹의 구성원이 증가할 수록 네트워크 비용이 적게 드는 경향을 보인다. LOCOMA는 멀티캐스트 그룹 구성원의 수에 따라 포워딩 되는 데이터의 수도 동일하게 증가함으로 일정한 비율을 유지할 수 있다.

M-LANMAR는 그룹의 대표 노드가 데이터의 수신과 전달의 역할을 전담함으로 인해 각 그룹의 대표 노드의 부하

가 상대적으로 높게 나타나는 반면, LOCOMA는 그룹과 그룹간의 데이터 송수신을 그룹과 그룹간의 경계에 있는 가장 가까운 노드가 담당함으로 그룹 내의 여러 노드로 부하가 분산되는 효과가 있으며, 추가로 그룹의 입구 노드가 받아서 그룹의 출구 노드가 다음 그룹으로 데이터를 전달함으로 그룹의 대표가 처리하는 것 보다 패킷 지연 시간을 단축시킬 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 이질적 그룹 이동성을 갖는 네트워크에서 논리적 협업 개체 관점으로 동일한 그룹 이동성을 갖는 노드들을 다중 인터페이스의 단일 개체로 간주하여 멀티캐스트 트리를 구성할 수 있는 멀티캐스트 구조 연구를 수행하였다. 논리적 협업 개체 기반의 구조는 비계층적 구조이면서 계층적 구조에서 얻을 수 있는 확장성, 멀티캐스트 트리의 단순화, 프로토콜 오버헤드의 감소 등을 장점으로 활용

하였고, 패킷 지연 시간을 최소화 하고, 데이터 포워딩 부하 분산으로 그룹 내의 노드들에서 전력소비의 집중 현상을 막았다. 시뮬레이션 결과에서 볼 수 있듯이 LOCOMA가 전반적으로 기존의 그룹 이동성을 지원하는 멀티캐스트 프로토콜에 비하여 향상된 성능과 안정성을 보여주고 있다. 그룹 내에서의 데이터 전달을 위한 여러 가지 방법들 중에서 대표적으로 가상 플러딩 방법과 카운터 기반 방법을 시뮬레이션으로 실험을 하였는데 좀 더 효율적인 방법을 적용하여 성능을 개선하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Yi, J.S. Park, S. Lee, Y.Z. Lee, and M. Grela, "Implementation and Validation of Multicast-Enabled Landmark Ad-hoc Routing (M-LANMAR) Protocol," IEEE Military Communications Conference (MILCOM 2003) pp.1024-1029, Oct. 2003.
- [2] M. Gerla, X. Hong, and G. Pei, "LANMAR: Landmark routing for large scale wireless ad hoc networks with group mobility," Proceedings of IEEE/ACM MobiHOC, 2000.
- [3] C. Gui, M. Prasant, "Scalable multicasting in mobile ad hoc networks," INFOCOM 2004, Vol.3, pp.2119-2129, Mar. 2004.
- [4] X. Hong, M. Gerla, G. Pei, and C.C. Chiang, "A Group Mobility Model for Ad Hoc Wireless Networks," Proc. the ACM International Workshop on Modeling and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWiM), Aug. 1999.
- [5] K.H. Wang, B. Li, "Group Mobility and Partition Prediction in Wireless Ad-Hoc Networks," Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC 2002), pp.1017-1021, Apr. 2002.
- [6] J.M. Ng, Y. Zhang, "Reference Region Group Mobility Model for Ad hoc Networks," Wireless and Optical Communications Networks (WOCN 2005), pp.290-294, Mar. 2005.
- [7] V. Devarapalli, D. Sidhu, "MZR: A Multicast Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," IEEE International Conference on Communications (ICC 2001), pp.886-891, Jun. 2001.
- [8] K.D. Kim, J.H. Park, H.S. Hong, K.I. Lee, H.Y. Kim, and S.H. Kim, "HOMA: Hierarchical Overlay Multicast routing Architecture on MANET," ITC-CSCC 2005, pp.1253-1254, Jul. 2005.
- [9] K. Chen, K. Nahrstedt, "Effective Location-Guided Tree Construction Algorithms for Small Group Multicast in MANET," Proc. INFOCOM, Vol.3, pp.1180-1189, Jun. 2002.
- [10] K. Chen, K. Nahrstedt, "Effective Location-Guided Overlay Multicast in Mobile Ad Hoc Networks," International Journal of Wireless and Mobile Computing, 2005.
- [11] B. Williams, T. Camp, "Comparison of Broadcasting Techniques for Mobile Ad Hoc Networks," Proc. the 3rd ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking & Computing, pp.194-205, Jun. 2002.
- [12] S.Y. Ni, Y.C. Tseng, Y.S. Chen, and J.P. Sheu, "The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network," Proc. the ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM), pp.151-162, 1999.
- [13] H. Lim, C. Kim, "Multicast Tree Construction and Flooding in Wireless Ad Hoc Networks," Proc. the ACM International Workshop on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWiM), Aug. 2000.
- [14] Y.B. Ko, N.H. Vaidya, "Geocasting in Mobile Ad Hoc Networks: Location-Based Multicast Algorithms," Proc. the Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA99), pp.101-110, Feb. 1999.
- [15] Scalable Network Technologies, <http://www.scalable-solutions.com>.

김 갑 동



e-mail : kdkim71@korea.com

1997년 충남대학교 컴퓨터과학과(학사)

2000년 충남대학교 대학원 컴퓨터과학과 (이학석사)

2000년~2002년 (주)베리텍 연구소 팀장

2002년~2006년 한국전자통신연구원

연구원

2007년~현재 국방과학연구소 선임연구원

관심분야 : 컴퓨터 통신, AdHoc 네트워크, 멀티캐스트 프로토콜

김 상 하



e-mail : shkim@cnu.ac.kr

1980년 서울대학교 화학과(학사)

1984년 University of Huston(석사)

1989년 University of Huston(박사)

1992년~현재 충남대학교

전기정보통신공학부 교수

관심분야 : 무선/이동 통신, 컴퓨터 통신