

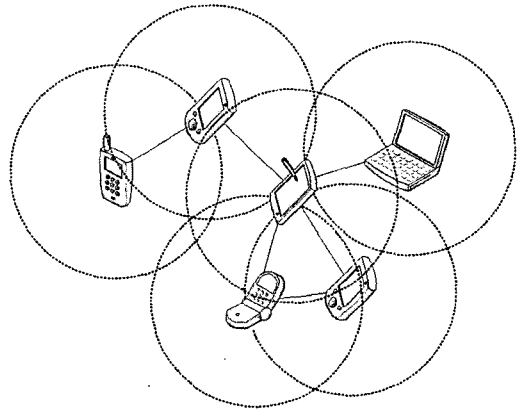
유비쿼터스 네트워크를 위한 Ad-hoc 네트워크 기술

전 응, 김영한 (송실대학교), 이상산 (주다산네트웍스), 조위덕 (유비쿼터스컴퓨팅 프론티어사업단)

1. 서론

모든 사물에 컴퓨팅 칩이 내장되어 인간을 위한 인공지능 서비스를 제공하는 유비쿼터스 환경에서 사물들이 서로 정보를 교환할 수 있도록 통신 서비스를 제공하는 것이 유비쿼터스 네트워크 기술이다. 수많은 개체들이 정보처리 기능과 통신 기능을 갖추고 엄청난 양의 정보를 수집하고 분석하고 서로 통신하는 것이 유비쿼터스 네트워크인 것이다. 이렇게 다양하고 많은 양의 데이터를 액세스 포인트(access point), 기지국과 같은 통신인프라 만을 이용해 전달하고자 한다면 이것은 통신인프라에 큰 부하를 주게 되고 필연적으로 통신 인프라 확충을 유발하게 된다. 하지만 Mobile Ad-hoc Network(MANET)^[1] 기술과 인프라 통신 기술을 접목하면 매우 효율적인 유비쿼터스 네트워크 구축이 가능하다. 유비쿼터스 개체들 간의 통신에는 MANET 기술을 적용하여 인프라 없이 정보 교환이 가능하게 하고 다른 지역의 서버와 통신이 필요한 경우에만 통신인프라를 사용할 수 있다.

MANET 기술은 통신 개체들이 통신인프라 없이도 서로 간의 통신이 가능한 다중홉(multi-hop)



〈그림 1〉 다중홉의 이동 Ad-hoc 네트워크

네트워크 기술이다^[1]. 과거에는 전투현장, 재난구조와 같은 통신인프라를 사용할 수 없는 특별한 상황에 적합한 통신기술로 인식되었으나 현재는 유비쿼터스 네트워크를 구성할 수 있는 기술로 인식되어 세계 각국에서 활발한 연구가 진행 중이다. 유비쿼터스 네트워크를 위한 MANET 네트워크는 유선통신망과 무선통신망을 연결할 수 있는 하이브리드 MANET 기술, 캠퍼스와 타운 단위의 지역을 서비스 할 수 있는 대규모 MANET 기술, 그리고 자동으로 네트워크 주소

를 설정 할 수 있는 주소 자동설정 MANET 기술과 에너지기반의 MANET 기술 등을 갖추어야 한다.

II. 대규모 Mobile Ad-hoc 네트워크

유비쿼터스 네트워크를 구성하는 유비쿼터스 노드들은 그 종류와 수가 매우 다양하고 많을 것으로 예상된다. 사용자의 이동 단말기, 각종 전자제품, 거리의 신호등, 가로등 그리고 다양한 센서들이 모두 유비쿼터스 네트워크의 노드가 될 수 있다. 이렇게 많은 수의 노드들이 Ad-hoc 네트워크를 통해 연결되고 통신하기 위해서는 대규모 MANET 기술이 필요하다.

1. MANET 확장을 위한 연구

이동 Ad-hoc 네트워크의 규모를 확장하고자 하는 연구는 이동성을 갖춘 소형, 고성능의 정보통신기기들의 보급이 확대되기 시작하면서 그 필요성이 대두되었다. 하지만 제한된 대역폭과 노드의 에너지, 노드 이동성 등과 같은 MANET의 특성은 MANET 확장성 연구를 어렵게 하는 요인이 되었다²⁾. 대규모의 네트워크를 관리하기 위해서는 네트워크의 크기에 비례하는 양의 컨트롤 정보가 필요하게 된다. 그러나 MANET의 경우 컨트롤 정보가 증가하게 되면 넉넉하지 않은 대역폭이 더욱 감소하게 되고, 많은 양의 컨트롤 정보를 처리하기 위해서 한정된 자원인 에너지를 소비할 수밖에 없다. 또한 MANET의 토폴로지는 노드의 이동성으로 인해 매우 역동적으로 변한다. 빈번한 네트워크 토폴로지의 변화는 대규모 네트워크 유지관리를 더욱 어렵게 한다. 이러한 대규모 MANET의 한계를 극복하고자

양한 라우팅 알고리즘들이 제안되었는데 이를 크게 두 가지로 분류하면 계층적 라우팅 프로토콜과 지리적 라우팅 프로토콜로 나눌 수 있다.

가) 계층적 라우팅 프로토콜

MANET의 크기가 커질수록 proactive 라우팅, on-demand 라우팅과 같은평면(flat) 라우팅 프로토콜은 라우팅 정보 갱신과 라우팅 테이블 관리의 측면에서 과부하가 발생하게 된다. 라우팅에 확장성과 효율성을 추가하여 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안된 방법이 계층적 라우팅 프로토콜이다. 계층적 라우팅은 유선 네트워크에서도 오랫동안 사용되어온 기술이다. 계층적 라우팅을 사용하면 많은 수의 노드들을 그룹 또는 계층별로 묶어서 관리 정보의 양을 줄일 수 있고, 노드들의 효율적 관리가 가능하다. 가장 간단한 계층적 라우팅은 지역적으로 가까운 노드들을 하나의 클러스터(cluster)로 묶고 하나의 대표노드를 선정하여 노드들과 클러스터들을 관리하는 것이다. 또 다른 방법은 논리적 계층화 방식인데 이것은 각각의 노드에 일정한 범위를 두어서 그 범위 안쪽 영역과 바깥쪽 영역에 다른 라우팅 방법을 적용하는 것이다. 예를 들어 범위 안쪽 영역의 노드들에 대해서는 proactive 라우팅을 범위 바깥 영역의 노드들에 대해서는 reactive 라우팅을 사용하여 라우팅 경로를 검색하는 것이다. 대표적인 계층적 라우팅 프로토콜로는 CGSR(Clusterhead-Gateway Switch Routing)³⁾, HSR(Hierarchical State Routing)⁴⁾, ZRP(Zone Routing Protocol)⁵⁾, LANMAR(Landmark Ad-hoc Routing Protocol)⁶⁾ 등이 있다.

CGSR은 클러스터 기반의 MANET 라우팅 프로토콜로써 MANET을 구성하는 노드들 가운데 분산 클러스터링 알고리즘을 통하여 몇 개의 클

러스터헤드(Clusterhead)를 뽑는다. 이 클러스터 헤드를 중심으로 각각의 클러스터 그룹을 구성한다. 클러스터 내의 노드들의 라우팅은 클러스터헤드를 통해 수행된다. 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜을 사용할 경우 클러스터헤드가 아닌 일반 노드들은 라우팅 테이블을 유지하지 않아도 되며 라우팅 패킷들을 처리하지 않아도 되므로 라우팅에 의한 부하가 적어진다. HSR은 CGSR과 비슷한 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜이다. 그러나 HSR은 CGSR에 비해 매우 복잡한 클러스터 멤버 노드 관리가 필요하다.

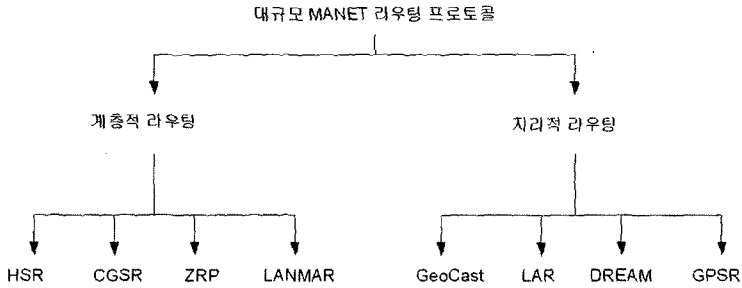
ZRP는 클러스터 기반의 라우팅인 CGSR과 비슷하지만 클러스터 헤드와 같은 중심 역할을 하는 노드가 없다. 대신 모든 노드들이 자신을 중심으로 Zone을 구성하고 Zone 내부의 토폴로지 정보를 수집하여 라우팅 테이블을 유지, 관리한다. 그래서 Zone 내부에서의 라우팅은 스스로 만든 라우팅 테이블을 이용하여 수행된다. 반면 Zone 외부 영역의 라우팅은 on-demand 방식의 라우팅을 사용한다. 즉, 데이터 패킷을 전송하려고 하는 목적 노드가 자신의 Zone 밖에 위치한 경우 on-demand 방식으로 목적 노드까지의 경로를 찾아낸다. 이때 AODV, DSR과의 차이점은 Zone의 경계가 되는 Border 노드들에게만 RREQ 메시지를 선택적으로 브로드캐스트 한다는 것이다. 이러한 선택적 브로드캐스팅은 라우팅 오버헤드 감소 효과를 얻을 수 있다.

LANMAR는 ZRP와 동작이 유사하다. 특정 반경 내에는 proactive 라우팅 프로토콜인 FSR(Fisheye State Routing)^[7]을 사용한다. 그러나 그 범위 밖의 노드들에 대해서는 랜드마크(landmark) 프로토콜을 사용한다. 랜드마크 프로토콜은 여러 노드들을 논리적 그룹으로 나누고 그룹 당 하나의 랜드마크 노드를 선출 한다. 그

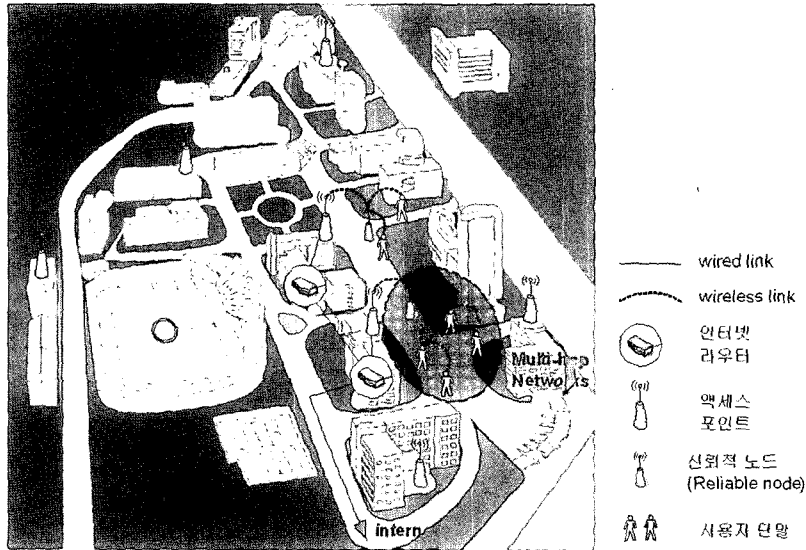
리고 그룹을 대표하는 랜드마크 노드의 주소가 전 네트워크에 뿌려진다. 그러므로 LANMAR의 라우팅 테이블에는 특정 범위 이내 노드들에 대한 링크정보(link state) 라우팅 정보와 여러 랜드마크 노드들의 거리벡터(distance vector) 라우팅 정보가 저장되어 있다. 어떤 노드가 다른 노드로 데이터 패킷을 전송하려고 할 때, 반경 이내 어떤 라우팅 테이블의 링크정보에 의해 최소경로로 패킷을 전송하고, 반경 밖 어떤 목적 노드의 해당 그룹 랜드마크 노드에게 패킷을 전송한다. 그리고 그 그룹에 패킷이 도착하면 라우팅 테이블의 정보에 의해 해당 목적 노드에게 전달된다.

나) 위치정보 기반 라우팅 프로토콜

위치정보기반 라우팅 프로토콜은 GPS(Global Positioning System)의 위치정보를 라우팅에 이용하는 기술이다. 근래에 GPS의 보급이 활성화 되고 위치정보의 오차도 수 미터 내로 정확도가 높아져서 대규모 MANET을 위한 라우팅 기술과의 접목이 관심을 끌고 있다. GPS는 위치정보 뿐 아니라 모든 노드들의 동기화가 가능한 타이밍 시그널도 공급해주기 때문에 그 활용도는 높다고 할 수 있다. 대규모 MANET에서 모든 이동 노드들이 현재의 자신의 위치와 통신 대상 노드의 정확한 지리적 위치를 알고 있다면 이것은 라우팅을 매우 빠르고 효율적으로 만들 수 있다. 예를 들어 현재 가장 일반적으로 사용되는 AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector routing)의 경로요청(RREQ, Route Request) 메시지를 불필요한 브로드캐스트 없이 해당 목적 노드가 위치한 방향으로 빠르게 전달할 수 있다. 낮은 라우팅 오버헤드만으로 신속한 경로 검색이 가능한 것이다. 대표적인 지리적 라우팅 프로토콜로는 GeoCast(Geographic Addressing and



〈그림 2〉 대규모 MANET을 위한 라우팅 프로토콜



〈그림 3〉 대규모 MANET을 위한 보조 인프라 노드

Routing)^[8], LAR(Location-Aided Routing)^[9], DREAM(Distance Routing Effect Algorithm for Mobility)^[10] 등이 있다.

LAR의 경우 노드의 위치 정보를 이용하여 패킷을 해당 노드가 위치한 방향으로 전송할 수 있으므로 라우팅 정보 전달의 오버헤드를 감소시킬 수 있다. DREAM과 GeoCast는 네트워크 주소와 위치정보를 결합하여 라우팅에 사용하여 지역적 특징을 가지는 데이터 전송이나 어플리케이션 응용에 사용 가능하다. 그러나 DREAM은 네트워

크 주소를 위치정보로 변환하여 라우터 간에 전달해야 하는 오버헤드가 큰 단점이 있다.

2. 대규모 MANET을 위한 보조 인프라

MANET을 이용한 유비쿼터스 네트워크의 단점은 통신의 연결성을 보장할 수 없다는 것이다. 즉 MANET은 사용자들의 유비쿼터스 단말기를 라우터로 이용하여 다중 홉의 경로를 통해 통신 서비스를 제공하기 때문에 사용자가 단말의 전

원을 끄거나 기능이 정지할 경우 다른 노드들의 통신 서비스도 중지될 위험이 있다. 그러므로 [그림 3]과 같이 대규모 MANET을 위한 보조 인프라 노드를 이용하여 MANET의 통신 서비스 범위와 신뢰도를 높일 수 있다. 이때 MANET 보조 인프라 노드는 사용자들의 유비쿼터스 단말기 보다 안정적인 전원공급과 보다 강력한 보안성을 가진 신뢰적(reliable) 노드이어야 한다. 캠퍼스의 각 건물에는 인터넷 라우터와 연결된 액세스 포인트가 설치되어 있다. 보행자 도로의 주변에는 신뢰적 노드들이 배치되어 액세스 포인트와 사용자 단말 간에 안정적인 패킷 라우팅을 수행한다. 또한 신뢰적 노드는 액세스 포인트의 통신 영역을 확장시켜 보다 많은 사용자 단말이 안정적으로 인터넷과 연결될 수 있게 한다.

가) 신뢰적(Reliable) 노드

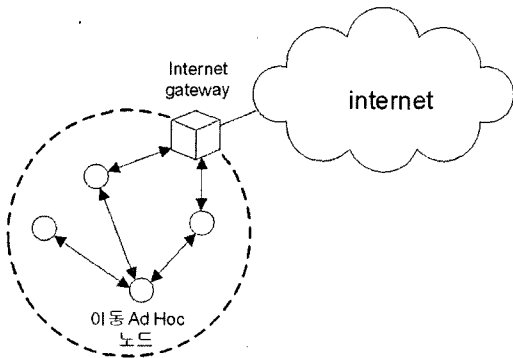
MANET 노드들은 에너지, 처리능력, 보안성 면에서 일반적인 인터넷의 노드들 보다 취약하다. 그만큼 MANET 노드가 통신 중 기능이 정지될 확률이 높다고 할 수 있다. MANET 노드 기능정지(node failure)는 짧은 순간일 수도 있고 긴 시간 동안 지속될 수도 있는데 그 원인으로는 무선 채널의 전파 장애, 노드 에너지 고갈, 바이러스 또는 웜(worm)에 의한 공격 등이 있다. 도심의 빌딩 숲과 같이 전파의 전달이 어려운 환경에서는 채널 감쇄(fading channel)와 같은 현상이 발생하여 패킷 손실을 초래할 수 있다. 대부분의 MANET 노드는 자유로운 이동을 위해 배터리를 전원으로 사용한다. 그러므로 MANET 노드는 작동 중 배터리 전원이 고갈될 경우 정지될 수밖에 없다. 또한 MANET 노드는 간단한 운영체제와 보안모듈을 사용하기 때문에 바이러스, 웜, 해커의 악성 공격을 막아내기 어렵다. 사용

자의 노드들로 구성되는 MANET에서 많은 노드를 작동을 멈출 경우 MANET의 존재 자체가 위협을 받게 된다. 그러므로 MANET의 신뢰도를 높이기 위해서 보조 인프라로서의 신뢰적 노드의 도입이 더욱 필요하다.

매우 발전된 형태의 신뢰적 노드 활용 방안은 신뢰적 노드에 네트워크 분석 기능과 자유로운 이동성을 부여하는 것이다. 신뢰적 노드는 MANET의 토폴로지를 분석하여 병목현상이 발생한 지역으로 이동하여 병목현상을 해소할 수 있는 대체 경로를 제공한다¹¹⁾. 네트워크 토폴로지 분석에 의한 병목구간 검색은 전체 네트워크에 대한 정보를 얻는 것은 현실적으로 불가능하므로 부분적인 토폴로지 정보를 기반으로 min-cut 알고리즘을 사용하여 검색 할 수 있다.

III. 유무선 통합 하이브리드 MANET

인프라 네트워크 기술과 Ad-hoc 네트워크 기술은 대표적인 무선 네트워크 기술이다. 인프라 네트워크에서는 이동 노드가 액세스 포인트와 일대일로 연결되어 유선 네트워크와 통신한다. 인프라 네트워크의 단점은 통신 인프라인 액세스 포인트의 통신 서비스를 이용할 수 없는 음영 지역이 발생할 수 있다는 것, 그리고 액세스 포인트와 이동 노드의 통신 전력 차이에 의해 단방향 링크가 발생하기 쉽다는 것이다. Ad-hoc 네트워크는 여러 개의 이동 노드들로 구성되며 각각의 노드가 패킷의 송수신 노드인 동시에 라우터(router)의 역할을 수행하는 다중홉(multi-hop) 네트워크이다. Ad-hoc 네트워크는 액세스 포인트와 같은 통신 인프라 없이도 자체적인 네트워크 구성이 가능하지만 인터넷과 연동된 서비스를 이용할 수 없는 것이 단점이다.



〈그림 4〉 하이브리드 이동 Ad-hoc 네트워크

하이브리드 MANET 기술은 인프라를 이용한 통신기술의 한계를 보완하면서 Ad-hoc 네트워크가 인터넷과 연결 되도록 하여 MANET의 활용 분야를 넓힐 수 있는 기술이다. [그림 4]에서와 같이 이동 노드들과 액세스 포인트 간의 다중 홉 경로는 액세스 포인트의 통신 범위를 확장시키고 동시에 이동 노드들에 인터넷 연결을 제공한다. 하이브리드 MANET에서 이동 노드는 Ad-hoc 네트워크 내부의 노드, 유선 인터넷의 노드 모두와 통신할 수 있다. 하이브리드 MANET으로 구성된 회의장에서 참가자들은 다른 참가자들과 이동 단말기를 통해 직접 통신할 수 있으며 동시에 인터넷 기반의 웹 브라우징, 이메일 서비스 등을 이용할 수 있다. 센서 네트워크를 하이브리드 MANET으로 구성한 경우에는 각각의 센서가 정보를 수집하고 외부 네트워크와의 통신을 담당하는 센서에게 Ad-hoc 네트워크를 통해서 정보를 전달 하면 해당 센서는 인터넷의 데이터 저장 서버에 수집된 정보를 전송할 수 있다.

1. 하이브리드 MANET 관련 연구

Ad-hoc 네트워크에 인터넷 연결을 제공하기

위한 연구들 중에 대표적인 것은 이동 IP(Mobile IP)와 Ad-hoc 라우팅을 결합한 MIPMANET^[12]이다. MIPMANET에서 인터넷 연결이 필요한 Ad-hoc 네트워크 노드는 이동 IP의 외부 에이전트(foreign agent)에 등록을 하고 외부 에이전트의 IP를 사용하여 인터넷의 노드와 통신한다. 이동 노드는 인터넷으로 전송 되어질 모든 패킷은 이동 IP 외부 에이전트에게 터널링(tunneling)을 통해 전달하고, Ad-hoc 네트워크 내부의 패킷은 MANET 프로토콜인 AODV를 사용해 전송한다.

2. 하이브리드 MANET에서의 라우팅

하이브리드 MANET 라우팅에 있어서 가장 중요한 문제는 해당 패킷의 목적 노드가 Ad-hoc 네트워크 내부에 있는지 아니면 유선 인터넷에 있는지를 판별하는 것이다. 목적 노드의 위치가 파악되면 보다 효율적으로 패킷의 경로를 찾을 수 있기 때문이다. 그러나 사전에 패킷의 목적 노드의 위치를 파악하는 것은 현실적으로 불가능하다. 그러므로 이에 대한 대안으로 응용프로그램 기반(application-oriented)의 라우팅을 사용할 수 있다.

응용프로그램 기반 MANET 라우팅^[13]은 응용프로그램의 트래픽 패턴에 따라 그에 적합한 라우팅 기술을 적용하는 것이다. 즉 사전에 지정된 한가지의 라우팅 프로토콜만을 사용하는 것이 아니라 사용자가 현재 이용하는 응용프로그램의 트래픽 특성에 따라 다른 MANET 라우팅 프로토콜을 사용하는 것이다. 이것은 사용 가능한 메모리 자원이 제한된 유비쿼터스 노드의 특성과의 관계가 있다. 유비쿼터스 노드들은 제한된 메모리와 에너지를 갖게 되는데 트래픽 패턴에 따라 최적의 라우팅 프로토콜을 선택함으로써 노드의 에너지와 메모리를 절약할 수 있다.

응용프로그램이 실시간 서비스 또는 짧은 세션 길이를 갖는 웹(web) 기반의 응용프로그램이거나 대부분의 트래픽이 유선 인터넷과의 통신이라면 액세스 포인트 또는 이동 IP의 외부 에이전트를 기본 라우터(default router)로 설정하는 라우팅 프로토콜을 사용하도록 하는 것이 좋다. 액세스 포인트를 기본 라우터로 설정하면 모든 패킷은 우선 게이트웨이(gateway)의 역할을 수행하는 액세스 포인트로 전달되고 액세스 포인트는 각 패킷이 유선 인터넷으로 라우팅 되어야 하는지 여부를 검사한다. 이것은 인터넷으로 전달될 패킷들의 경로 검색 시간을 크게 단축시키고 결과적으로 패킷 전송 지연을 감소시킨다. 또한 이동 노드는 수많은 웹 사이트들의 라우팅 경로를 저장할 필요가 없어져서 제한된 메모리 용량을 절약할 수 있다. 웹 기반의 응용프로그램을 사용하는 사용자들은 일반적으로 한번에 여러 웹사이트를 방문하고 다양한 실시간 서비스를 이용하므로 웹 기반의 응용프로그램에서 패킷 전송 지연은 매우 중요하다.

응용프로그램이 빠른 응답시간을 요하지 않거나 대부분의 트래픽이 Ad-hoc 네트워크 내부로 향할 경우는 온디맨드(on-demand) 방식의 라우팅 프로토콜을 사용하는 것이 좋다. 이동 노드는 유선 인터넷 노드와 통신할 필요가 있을 경우에만 이동 IP 외부 에이전트에 등록을 한다. 이동 노드가 전송할 데이터가 있는 경우, 온디맨드 방식의 경로 요청 메시지를 브로드캐스트 한다. 이동 IP의 외부 에이전트가 이 경로 요청 메시지를 수신하면 경로 요청 메시지의 송신 노드가 등록되어 있는가를 검사한다. 송신 노드가 등록되어 있는 경우는 자신의 유선 네트워크 링크를 통해서 목적 노드의 경로가 있는지 검사하여 그 여부를 송신 노드에게 전송한다.

IV. MANET 주소 자동설정

주소 자동 설정 기능은 사용자 단말기가 네트워크에 접속할 때마다 수작업에 의한 네트워크 설정 절차를 생략할 수 있게 하는 필수적인 기능이다. 기존 유선 네트워크 환경에서 이러한 주소 자동 설정 기능은 DHCP(dynamic host configuration protocol)^[14]와 IPv6 SAA(stateless address autoconfiguration)^[15] 방식이 사용된다. DHCP 방식은 주소 할당 서버에 의한 할당 방식이고, SAA는 호스트에서 사용할 전역(global) 주소용 프리픽스(prefix) 정보를 이웃한 노드에서 설정해주는 방식이다. 이들 유선 네트워크 기반의 주소 할당 방식들은 MANET 환경에서 그대로 사용할 수 없다. MANET을 구성하는 모든 호스트들은 단순 호스트로서 뿐만 아니라 다른 노드의 트래픽을 전달해주는 역할도 담당하므로 서버와 이웃해 있는 노드에 대해서만 자동 설정이 가능한 DHCP 방식은 적합하지 않고, SAA 방식도 이웃한 노드들과의 주소 충돌 가능성이 증가되어 단순 적용이 어렵다.

1. MANET 주소 자동설정 기술

최근에는 이러한 기존 방식들의 MANET 환경에서의 취약점을 보완하는 방안들이 제안되었다. Perkins와 Park는 기존 SAA를 수정하여 MANET에서의 동작이 가능하도록 한 주소 할당 방식을 제안하였고 DHCP를 각 노드에서 분산 방식으로 동작하도록 한 MANETconf^[16]가 제안되었다. 또한, 다른 노드들과의 조율 없이 자체적인 알고리즘에 의해 새로 MANET에 가입한 이웃 노드에게 주소를 할당해주는 Prophet 방식이 제안되었다.

MANETconf는 분산 기반 DHCP(Distributed DHCP, DDHCP)에 의한 주소 할당 방식으로 제안되었다. DDHCP는 IP 주소 할당 공간을 MANET 네트워크 내의 자원으로 간주하고, 모든 MANET 노드들은 IP 주소 할당 상태를 계속 추적한다. 새로운 노드가 MANET에 접속했을 경우에는 기존 노드들 중 한 노드가 이 새 노드에게 주소를 할당한다. 모든 노드들은 이러한 주소 할당 정보를 주기적으로 뿌림으로써 현재 자신이 새로 할당해줄 수 있는 주소 정보를 파악한다. 이 제안은 상태 관리 기반의 DHCP를 수정한 방식이나 두 개 이상의 노드들이 동시에 같은 주소를 할당할 가능성이 있기 때문에 SAA에서와 같은 DAD 과정이 필요하다. 따라서 MANET의 규모가 클수록 DDHCP의 성능은 감소하게 된다.

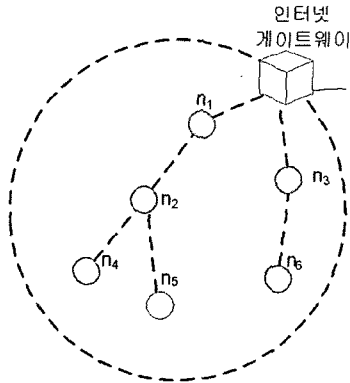
Prophet 할당 방식은 MANETconf와 같은 분산 기반 주소 할당 방식이나, DDHCP에서와 같은 주기적인 주소 공간 확인 과정 대신 상호 배제적인 주소 할당 함수를 각 노드마다 동작시키도록 하였다. 새로운 노드가 접속했을 경우 그 이웃 노드들 중 한 노드가 사용할 주소와 자신의 주소 할당 공간 중 일부를 분리하여 새로운 노드에게 할당하게 된다. 이 주소 할당 공간은 상호 배제적인 특성을 가지는 알고리즘에 의해 분산 기반으로 할당되기 때문에, DDHCP 간 주소 할당을 위한 상호 통신이 필요 없고, 이상적인 경우에는 노드 간 주소의 충돌이 없다. 그러나 이 상호 배제 함수는 첫 노드의 씨앗(seed) 값에 대해 의존적이며, 따라서 하나의 MANET 내에서 여러 개의 노드들이 씨앗 값에 대한 조율 없이 독자적으로 동시에 주소 할당 작업을 시작할 경우 주소 공간의 충돌이 발생하게 된다. 또한 MANET에 처음 참가한 노드에 의해 시작되는 주소 자동 할당 기능이기에 때문에, 사전에 수작업

에 의한 별도의 전역 주소 프리픽스 정보의 설정이 필요하다.

2. 하이브리드 MANET 주소 자동설정

외부 인터넷과의 연결과 노드 간의 직접 연결이 공존하는 하이브리드 MANET 환경에서 전역 네트워크에 대한 접근 용도로 전역 주소 할당 방식은 다음의 이유로 별도로 고려되어야 한다. 첫째, 여러 개의 MANET들로 구성된 환경에서는 하나의 노드, 또는 하나의 독립된 MANET이 기존 MANET들 간을 이동할 수 있다. 따라서 MANET 간에 서로 전역 주소 할당 공간을 조율해두지 않으면, 주소 충돌이 빈번하게 발생하며 주소 할당 기능의 효율이 떨어지게 된다. 둘째, MANET에서 SAA를 적용하기 위해서는 모든 노드들이 SAA에서의 전역 주소 프리픽스의 할당 권한을 가져야 하는데, MANET에서의 대부분의 노드는 사용자 단말이며 주소 할당에 필요한 사전 정보 없이 사용자에게 의해 MANET에 가입하고 탈퇴하는 존재이기 때문에 불가능하다. 또한 MANET의 규모가 커질수록 SAA의 경우 MANET 내 모든 노드들과의 주소 충돌 여부를 확인하기 위해 DAD 과정을 수행할 경우, 네트워크 내에서 DAD 메시지가 전달되는데 소요되는 시간은 MANET 규모와 비례하게 되어 시간이 증가한다.

하이브리드 MANET 주소 자동설정을 위한 HAA(Hybrid Address Autoconfiguration)는 IPv6의 SAA를 기반으로 한 주소 자동설정 기술이다. HAA는 주소 자동할당 프로토콜의 DAD(duplicated address detection) 과정을 보완함으로써 주소 할당 과정에서의 시간 지연이 짧아지도록 하였다. HAA의 주소 할당 방식은 두 단계로 구성된다. 첫 번째 '링크 내 주소 충돌 확인 단계



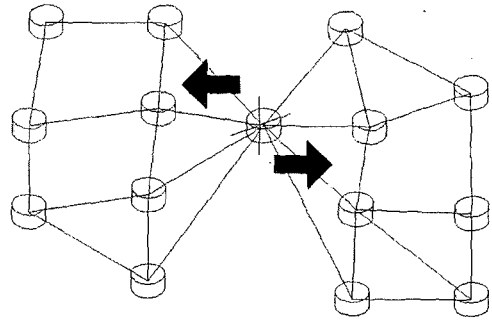
〈그림 5〉 HAA 전역주소 할당

(link-local DAD phase)'는 링크 연결 범위 내에서 자신과 이웃 노드들 간의 주소 충돌 여부를 확인한다. 주소 충돌 확인 절차를 링크 범위 내로 한정함으로써 기존의 브로드캐스트에 의한 메시지 flooding을 최소화하면서 다음 단계에 필요한 최소한의 주소 정보를 설정한다.

두 번째 '전역 주소 할당 단계(global-scope address resolution phase)'는 MANET 범위에 걸친 주소 충돌 여부를 파악하고 인터넷 게이트웨이를 통한 외부 인터넷과의 통신을 위한 전역 주소를 할당 받는다. 여기에 필요한 주소 할당용 메시지는 별도의 HAA 경로를 사용함으로써 flooding에 의한 네트워크 부하의 증가를 피하고, 기존 MANET용 routing protocol에 독립적인 설정 방법이 된다. HAA 경로는 [그림 5]에서와 같이 인터넷 게이트웨이를 루트(root)로 하는 트리 구조를 취하게 된다.

V. 에너지 기반 MANET (Energy-aware MANET)

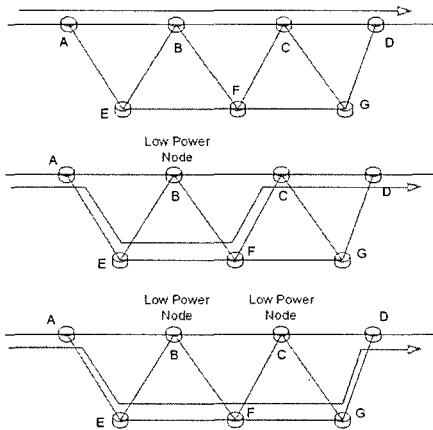
MANET을 구성하는 이동성을 갖춘 노드들이 있어서 에너지의 효율적 관리는 매우 중요하다.



〈그림 6〉 노드 에너지 고갈에 의한 MANET 분할

이동 노드의 사용 가능한 에너지가 배터리의 용량만큼으로 제한되기 때문이다. 만일 여러 노드의 에너지가 고갈되어 노드의 기능이 정지하게 되면 MANET에서의 통신이 불가능해지게 된다. 또한 노드들의 에너지가 점차 고갈된다면 네트워크가 분할될 확률이 높아지게 된다. 그러므로 제한된 에너지 즉, 배터리 용량을 가진 노드들로 구성된 MANET에서 노드의 에너지 소모는 네트워크의 작동시간(life-time)을 결정짓는 중요한 요소가 된다. [그림 6]은 특정 노드의 에너지 고갈에 의한 MANET 분할현상을 보여준다. MANET에서 병목구간(bottle neck)을 형성하고 있던 노드의 에너지가 고갈되어 동작을 중지할 경우 MANET은 두 개의 MANET으로 분리가 되고 양측에 위치한 노드들은 서로 통신할 수 없다.

MANET에서의 효율적인 에너지 관리를 위한 라우팅 기술로는 에너지 기반 부하 분담 라우팅(Energy-aware Load Balancing)¹⁷⁾이 있다. 이 라우팅 프로토콜의 목적은 MANET의 모든 노드들에 트래픽을 균등히 분배하는 것이다. 일반적인 라우팅 프로토콜들은 모두 최단 경로를 라우팅 경로로 선택하기 때문에 그 단축 경로 상에 위치



〈그림 7〉 에너지기반 부하 분담 라우팅

한 노드들의 에너지 소모는 다른 노드들 보다 크게 된다. 이 노드들은 자신이 통신을 하지 않는 경우라 할지라도 다른 노드들을 위한 라우팅을 수행하다가 배터리를 소진하게 될 수 있다. 그러므로 특정 노드들에 트래픽이 집중되지 않도록 경로를 우회시켜줄 필요가 있다.

[그림 7]에서 노드 A에서 노드 D로 패킷을 전송하려고 한다면 최단 경로인 노드 B, C를 거치는 경로가 선택된다. 그러나 시간이 경과함에 따라 노드 B, C의 에너지는 소모된다. 노드 B의 에너지가 일정량 이하로 떨어질 경우 노드 B의 주변 노드들을 이용하여 경로를 우회시킨다. 마찬가지로 노드 C의 에너지 레벨이 기준 이하로 떨어지면 노드 E, G를 이용하여 우회 경로로 트래픽을 분산한다.

V. 결론

유비쿼터스 네트워크는 인간 생활 주변의 수많은 사물에 통신 기능을 부여하여 네트워크로

연결되게 한다. 통신 기능과 정보처리 기능을 가진 사물들은 스스로 정보를 수집하고 분석하고 교환한다. 이렇게 자체적이고 독립적인 유비쿼터스 네트워크의 특성은 이동 Ad-hoc 네트워크의 속성과 매우 잘 융합될 수 있다. 이것이 Ad-hoc 네트워크가 유비쿼터스 네트워크에 적합한 기술로 각광 받고 있는 이유이다. 그러나 앞서 설명한 바와 같이 Ad-hoc 네트워크는 대역폭, 에너지, 정보처리 능력 등에 있어서 극히 제한된 자원만을 이용할 수 있는 제약이 심한 네트워크이다. 그러므로 이러한 한계를 극복하고 유비쿼터스 네트워크의 한 부분으로 Ad-hoc 네트워크가 이용되기 위해서는 여러 가지로 보완되고 더욱 새롭게 연구 되어야 한다.

본 연구는 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업의 지원에 의한 것임.

참고문헌

- [1] IETF(Internet Engineering Task Force) Mobile Ad-hoc Networks (manet) Charter, <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- [2] Xiaoyan Hong, Kaixin Xu, Gerla M., "Scalable routing protocols for mobile Ad-hoc networks," Network, IEEE, Volume: 16, Issue: 4, July-Aug. 2002.
- [3] C. C. Chiang and M. Gerla, "Routing and Multicast in Multihop, Mobile Wireless Networks," Proc. IEEE ICUPC '97, Sand Diego, CA, Oct 1997.
- [4] G. Pei et al., "A Wireless Hierarchical Routing Protocol with Group Mobility," Proc. IEEE WCNC '99, New Orleans, LA, Sept. 1999.
- [5] Z. J. Haas and M. R. Pearlman, "The Performance of Query Control Schemes for the Zone Routing Protocol," ACM/IEEE Trans. Net., vol. 9, no. 4, Aug. 2001.

- [6] M. Gerla, X. Hong, and G. Pei, "Landmark Routing for Large Ad-hoc Wireless Networks," Proc. IEEE GLOBECOM 2000, San Francisco, CA, Nov. 2000.
- [7] G. Pei, M. Gerla, and T. W. Chen, "Fisheye State Routing: A Routing Scheme for Ad-hoc Wireless Networks," Proc. ICC 2000, New Orleans, LA, June 2000.
- [8] J. C. Navas and T. Imielinski, "Geographic Addressing and Routing," Proc. 3rd ACM/IEEE Int'l Conf. Mobile Comp. Net., Budapest, Hungary, Sept. 1997.
- [9] Y. B. Ko and N. H. Vaidya, "Location-aided Routing(LAR) in Mobile Ad-hoc Networks," ACM/IEEE Int'l Conf. Mobile Comp. Net. 1998.
- [10] S. Basagni et al., "A Distance Routing Effect Algorithm for Mobility(DREAM)," ACM/IEEE Int'l Conf. Mobile Comp. Net. 1998.
- [11] Zhenqiang Ye, Srikanth V. Krishnamurthy, Satish K. Tripathi, "A framework for reliable routing in mobile Ad-hoc networks," INFOCOM 2003. Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. IEEE, Volume: 1, 30 March-3 April 2003.
- [12] U. Jonsson, F. Alriksson, T. Larsson, P. Johansson, and G. Q. Maguire Jr., "MIPMANET - Mobile IP for Mobile Ad-hoc Networks," In Proceedings of MobiHOC'00, pages 75-85, Boston, Massachusetts, August 2000.
- [13] Yuan Sun, E. M. Belding-Royer, "Application-oriented routing in hybrid wireless networks," Communications, 2003. ICC '03. IEEE International Conference on, Volume: 1, 11-15 May 2003.
- [14] R. Droms, J. Bound, and B. Volz, "Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)," IETF RFC3315, July 2003.
- [15] S. Thomson, T. Narten, and T. Jinmei, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," Internet Draft, draft-ietf-ipv6-rfc2462bis-06.txt, Sep. 2004, work in progress.
- [16] S. Nesargi, and R. Prakash, "MANETconf: Configuration of Hosts in a Mobile Ad-hoc Network," INFOCOM 2002, June 2002.
- [17] Chao Gui and Prasant Mohapatra, "SHORT: Self-Healing and Optimizing Routing Techniques for Mobile Ad-hoc Networks," MobiHoc '03, June 2003.

저자소개

전 응

1995년-2002년 송실대학교 전자공학과 공학사
2002년-2005년 송실대학교 정보통신과 공학석사

김 영 한

1980년-1984년 서울대학교 전자공학과 공학사
1984년-1984년 주)디지털정보통신연구소 연구부장
1984년-1986년 한국과학기술원 전기전자공학과 공학석사
1986년-1990년 한국과학기술원 전기전자공학과 공학박사
1993년-현 재 공업표준심의회 정보통신전문위원
1994년-현 재 송실대정보통신공학과 부교수
1995년-현 재 개방형컴퓨터통신연구회 상임이사
1997년-1997년 대한전자공학회 논문지편집위원
1997년-현 재 ATM-KIG 인터넷-ATM위원장
2000년-현 재 통신학회 인터넷연구회위원장
2000년-현 재 VoIP포럼 차세대분과 위원장

이 상 산

1980년-1984년 서울대학교 기계공학과 공학사
1984년-1986년 서울대학교 기계공학과 공학석사
1987년-1992년 Stanford Univ. Mech. Engr. 공학박사
1992년-1993년 Center for Turbulence Research Postdoctoral Fellow
1993년-1994년 Stanford Univ. Research Associate
1994년-2003년 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터장
2003년-현 재 (주)다산네트웍스 부사장/연구본부장

저자소개

조 위 덕

1977년-1981년 서강대학교 공학사
1981년-1983년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
1983년-1987년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사
1983년-1990년 금성전기(현LG전자) 기술연구소 DSP연구실장
1990년-1991년 생산기술연구원 전자정보연구센터 개발팀장
1995년-1996년 미국 TCSI/Berkeley PCG Group 공동개발연구원
1995년-1995년 영국 TTP/Cambridge GSM Division 공동개발연구원
2003년-현 재 전자부품연구원 시스템연구본부 본부장
2004년-현 재 21세기 프론티어 사업단 유비쿼터스 컴퓨팅및네트워킹 사업 단장
2004년-현 재 아주대학교 전자공학과 교수