

# Low-Rate WPAN에서 경로탐색을 위한 위치기반 라우팅 메카니즘

정희원 이재 조\*, 준회원 허 준\*\*, 정희원 홍 충 선\*\*\*, 이대 영\*\*\*\*

## Location-based Routing Mechanism for Route Discovery in Low-Rate WPAN

Jae-jo Lee\*, Joon Heo\*\*, Choong Seon Hong\*\*, Dae-Young Lee

### 요 약

최근 Low-Rate WPAN 기술에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. Low-Rate WPAN은 사용자가 실질적으로 인식하지 못하는 상황에서도 주변환경에 존재하는 많은 수의 센서를 통해 컴퓨터를 이용한 개선된 서비스제공에 목적을 두고있다. Low-Rate WPAN 환경을 구성하는 센서 디바이스는 빈번한 이동성을 가지게 되고 새로운 경로 탐색을 위한 메카니즘을 필요로 하게 되므로, 본 논문에서는 센서 디바이스의 위치정보를 이용한 Low-Rate WPAN 환경에서의 효율적인 라우팅 메카니즘을 제안한다. 제안한 메카니즘은 기존 방법들에 비해 라우팅 메시지 수를 감소시킬 수 있음을 시뮬레이션을 통해 입증한다.

**Key Words** : Low-Rate WPAN, Route Discovery, Location-based routing, Dynamic Mobility, Cluster-tree topology.

### ABSTRACT

Many researchers are now working in the Low-Rate WPAN environment. Low-Rate WPAN has as its goal the enhancing computer use by making many sensors available throughout the physical environment, but making them effectively invisible to the user. Low-Rate WPAN environment consists of wireless sensor devices that may move often. Movement of hosts results in a change in routes and the need of some mechanism for determining new routes. This paper suggests an approach to utilize location information to improve performance of a routing mechanism for Low-Rate WPAN Environment. Accordingly, we proved that the proposed mechanism results in a significant reduction in a number of routing messages when comparing with existing mechanisms.

### 1. 서 론

최근 정보산업과 이동통신 기술이 발전함에 따라 퍼스널 컴퓨터의 개념을 넘어 컴퓨터의 개념이 매우 빠르게 확장되고 있으며, 새로운 패러다임으로서

우리 주변에 있는 모든 물체에 컴퓨터를 내장하여 서로 네트워크로 연결하고 상호간에 협조와 타협을 해 가면서 인간의 삶에 보이지 않게 컴퓨팅 서비스를 제공한다는 유비쿼터스 컴퓨팅 (Ubiquitous Computing)의 개념이 대두되고 있다[1][2]. 이러한

\*본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(ROS-2003-000-12193-0) 지원으로 수행되었음  
논문번호 : KICS2004-01-001, 접수일자 : 2004년 1월 7일

컴퓨팅 환경은 고정 및 이동노드의 단순한 제어가 아닌 통합적인 관리와 상호연동을 필요로 하는 네트워크 환경으로의 발전을 의미한다. 특, 센서 노드의 low-cost와 low-power를 지향하는 Low-Rate WPAN[3][4] 기술은 이러한 유비쿼터스 환경을 실현하기 위한 중요한 기술로 인식되어 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 Low-Rate WPAN 환경은 많은 수의 센서 디바이스로 구성되며 이러한 센서들을 통해 상황을 인식[12][13]하고 그에 따른 실행이 이루어지게 된다. 또한 네트워크 환경에 따라 컨텍스트 및 메시지 교환을 위한 라우팅 경로를 설정해야 하는 경우 기존의 네트워크 환경보다 추가적으로 고려해야할 문제들이 존재한다. 예를 들어, 고정되지 않은 네트워크 토폴로지(topology), 노드의 제한된 컴퓨팅 파워 및 저 전력 지향 라우팅 알고리즘, 메시지 오버헤드의 방지 등이 고려되어야 한다. 이러한 제약조건 속에서 많은 수의 센서 노드간의 통신 방식은 Ad-Hoc네트워크 형식과 유사할 것이며, 그 이유는 이동성의 특징을 가지는 노드로 인해 네트워크 환경이 고정되지 않기 때문이다.

Ad-Hoc 환경에서의 라우팅 경로 설정 방법은 이미 많은 연구가 진행되고 있으나 앞서 언급한바와 같이 Low-Rate WPAN 환경이 가지는 특징 및 제약조건을 고려한다면 새로운 네트워크 토폴로지의 정의와 이러한 토폴로지에 적합한 경로탐색 메커니즘이 제시되어야 할 것이다.

본 논문에서는 수많은 센서 노드로 구성되는 Low-Rate WPAN 환경을 클러스터-트리 토폴로지로 구성한다. 또한, GPS (Global Positioning System)등의 기술을 이용하여 목적노드의 위치정보를 파악하고 목적노드가 속해 있는 클러스터에만 경로설정을 위한 메시지를 보낸 후 각각의 클러스터(Cluster)에서 전체적인 라우팅 기능을 조절하는 PAN 코디네이터(Coordinator)의 라우팅 기능을 이용하여 목적노드까지의 경로를 탐색하는 방법을 제시한다. 이러한 방법을 사용함으로써 센서 노드간의 라우팅 경로 탐색을 위한 메시지로 인한 오버헤드 및 노드의 컴퓨팅 파워 소비를 감소시킬 수 있게 된다. 또한, 센서노드의 이동으로 인한 네트워크 토폴로지의 변화를 효율적으로 관리할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2장에서는 관련연구로서 Low-Rate WPAN 환경에서 정의하고 있는 네트워크 토폴로지와 역할에 따른 센서 노드의 구분 및 각 토폴로지의 장단점을 살펴봄, Low-Rate WPAN 환경이 어떤 형태의 네트워크

토폴로지로 구성되는 것이 가장 효율적인가를 생각해본다. 또한 기존의 Ad-Hoc 네트워크의 특징과 라우팅 경로 탐색 방법에 관하여 살펴보고, Low-Rate WPAN 환경에서의 라우팅 경로탐색에 있어서 고려되어야 하는 요소에 대하여 설명한다. 3장에서는 경로탐색이 필요한 경우 목적노드의 위치 정보를 이용하여 목적노드가 속해 있는 클러스터를 찾아내고, 그에 따라 메시지 전달 범위를 지정함으로써 메시지 오버헤드와 노드의 불필요한 컴퓨팅 파워의 소비를 감소할 수 있는 새로운 경로탐색 메커니즘을 제시하고 동작과정을 설명한다. 4장에서는 클러스터-트리구조로 시뮬레이션 환경을 구성하고 라우팅 경로탐색을 위한 메시지(RREQ/RREP)수의 감소를 중심으로 시뮬레이션 결과를 설명한다. 5장에서는 결론과 향후 과제에 관하여 언급한다.

## II. 관련연구

본 장에서는 Low-Rate WPAN 환경을 구성하는 센서 노드들이 구성할 수 있는 네트워크 토폴로지에 대하여 설명하고, 역할에 따른 노드의 구분과 각 토폴로지가 가지는 장단점에 관하여 설명한다 [3][4]. 또한, 이러한 센서 노드들의 이동으로 인해 새로운 토폴로지를 구성하는 경우와 같은 Ad-Hoc 네트워크의 특징과 라우팅 경로탐색 방식에 관하여 설명하고, Low-Rate WPAN 환경의 특징에서 라우팅 경로탐색에 있어서 고려되어야 하는 요소에 대하여 언급한다.

### 2.1 Low-Rate WPAN 환경에서의 네트워크 토폴로지

#### 2.2.1 스타(Star) 토폴로지

스타 토폴로지는 한정된 수의 센서 노드들로 구성되며, peer-to-peer 형태를 가지므로 메시지 지연을 줄이는데 효율적이다.

그림 1은 IEEE Std 802.15.4에서 정의하는 스타 토폴로지와 역할에 따른 3가지 종류의 디바이스를 보여주고 있다. 기존의 여러 기술의 네트워크 구성에서도 스타 토폴로지는 많이 정의되고 사용되었지만 Low-Rate WPAN 환경에서의 센서 노드들도 상황 및 노드의 역할에 따라 스타 형태의 토폴로지를 구성하게 된다. IEEE Std 802.15.4에서는 센서 노드 및 디바이스를 역할에 따라 3가지로 정의하고 있다[3]. 첫째, FFD(Full Function Device)는 상황

인식 뿐 아니라 라우팅 기능을 수행할 수 있는 센서 디바이스이다.

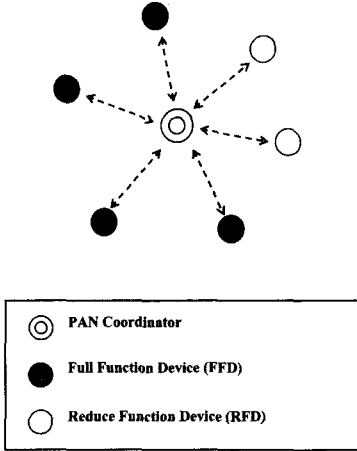


그림 1. Star 토폴로지

따라서, 다른 디바이스와 메시지나 데이터 교환을 통한 통신이 가능하며 멀티 홉의 라우팅의 경우 중간 노드의 역할을 수행하게 된다. 둘째, RFD(Reduce Function Device)는 FFD에 스타 토폴로지 형태로 연결되는 센서 디바이스으로써 중간 라우팅 기능을 가지지 않고 단순 상황 및 메시지를 FFD에 전달하는 역할을 수행하는 디바이스이다. 마지막으로 코디네이터(Coordinator)는 컴퓨팅 파워 및 네트워크 상황에 따라 FFD중 하나가 선출되어 지며 네트워크 전체의 Beacon 신호등을 제어하는 역할을 수행하게 되며 이는 센서 디바이스간의 동기화 서비스(Synchronization Service)를 지원하기 위함이다.

위와 같은 센서 디바이스의 역할에 따른 구분과 각 기능에 대한 정의는 앞으로 2장에서 설명할 모든 네트워크 토폴로지의 센서 디바이스에서 동일하게 정의된다. 이러한 센서 노드들이 스타 토폴로지 형태로 네트워크를 구성하게 되면 메시지 지연을 줄일 수 있고 중앙에서 네트워크 안에 포함된 노드들을 관리하기 쉬우나 제한된 범위 내에서만 가능하다는 한계점을 가지고 있다[3].

2.2.2 메쉬(Mesh) 토폴로지

스타 토폴로지의 한계점인 네트워크 확장 문제를 어느 정도 해결할 수 있는 토폴로지의 형태가 그림 2와 같은 메쉬 토폴로지이다.

이러한 메쉬 토폴로지는 코디네이터와 FFD가 서로 연결되어 있는 형태를 가지며 RFD는 FFD에

스타 토폴로지 형태로 연결되어 상황 및 메시지를 전달하게 된다.

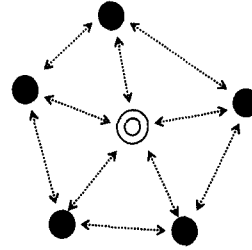


그림 2. Mesh 토폴로지

메쉬 토폴로지는 Ad-Hoc 네트워크를 구성하는 디바이스들의 구성 형식과 유사하다고 볼 수 있으며, 라우팅 경로 탐색 절차도 Ad-Hoc 네트워크의 경로 탐색에서 주로 사용하는 경로 탐색 메시지 플러딩(Flooding) 방법을 사용하게 된다.

메쉬 토폴로지는 어느 정도 규모가 큰 네트워크에서 사용할 수 있는 장점이 있으나, 경로탐색을 위해 메시지 플러딩을 수행하므로 디바이스의 수가 많아질수록 불필요한 메시지 오버헤드가 발생하게 되어 메시지 지연의 결과를 가져온다. 또한 소스 노드와 목적 노드의 중간에 위치하는 모든 센서 디바이스가 경로탐색 메시지를 이웃노드에게 전달해야 하므로 불필요한 컴퓨팅 파워를 소비하게 된다.

2.2.3 클러스터(Cluster) 토폴로지

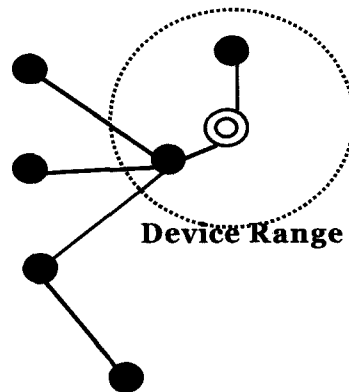


그림 3. Cluster 토폴로지

앞서 살펴본 스타, 메쉬 토폴로지는 센서 디바이스의 구성이나 상황에 따라 특별한 형태로 사용될 수 있는 토폴로지이지만 Low-Rate WPAN 환경

과 같이 많은 수의 센서 디바이스를 관리하기 위하여 기본적으로 클러스터(Cluster)기반의 네트워크 토폴로지가 적합하다고 할 수 있다. 그림 3은 클러스터 네트워크 토폴로지를 나타내고 있다.

Low-Rate WPAN 환경에서의 이와 같은 클러스터 토폴로지는 부모(Parent) 역할을 하는 코디네이터와 자식(child) 개념의 FFD로 이루어지며 코디네이터의 물리적 연결 가능 범위 안에 있는 FFD는 첫 번째 자식 노드로 범위 밖의 FFD 다시 하위 노드로 연결되어 지며, 이러한 연결은 상황에 따라 논리적인 계층 구조로 이루어지기도 한다.

Low-Rate WPAN 클러스터 토폴로지는 라우팅 기능을 담당할 수 있는 센서 노드가 자신의 라우팅 테이블을 가지고 있고 주기적으로 또는 경우에 따라 라우팅 테이블을 갱신함으로써 라우팅 정보를 유지하게 된다. 그림 4는 클러스터 토폴로지의 라우팅 테이블 갱신 절차를 보여주고 있다.

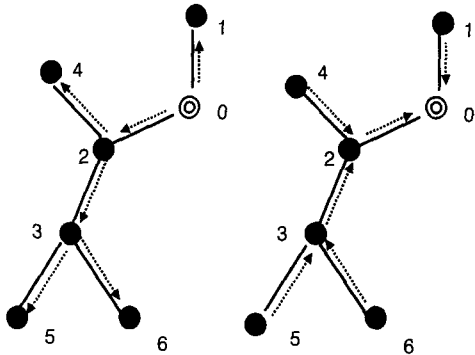


그림 4. Update Request / Update Response

그림 4와 같이 라우팅 테이블 Update Request / Update Response를 사용하여 주기적으로 또는 경우에 따라 라우팅 테이블을 갱신하고 경로 탐색이 필요하거나 데이터를 멀티 홉으로 전달할 경우 라우팅 테이블을 참조하여 경로를 결정한다. 클러스터 토폴로지는 많은 수의 디바이스를 관리할 수 있는 장점이 있으나 라우팅 테이블을 주기적으로 갱신하는데 있어서 센서 노드가 불필요한 컴퓨팅 파워를 소비하게 되고 네트워크가 복잡해질수록 노드 관리의 어려움이 따르게 된다. 따라서 low-cost, low-power를 지향하는 Low-Rate WPAN의 센서 디바이스를 클러스터 형태로만 구성하는 것은 적합하지 않다고 할 수 있다. 또한 실제 Low-Rate WPAN 환경은 클러스터 토폴로지의 확장된 형태인 클러스터-트리 형태로 구성될 것이므로 주기적

인 라우팅 테이블의 갱신은 심각한 오버헤드 문제를 발생시키게 된다[10].

## 2.2 Ad-Hoc 네트워크와 동적 라우팅 기술

최근 이동 Ad-Hoc 네트워크 기술은 홈 네트워크, 센서 네트워크, Personal Area Network등 이동성의 특징을 가지는 디바이스들로 구성되어지는 응용기술에서의 다양한 방식의 적용이 이루어지고 있고 고정되지 않은 네트워크 토폴로지에서 라우팅의 문제 등을 해결하기 위한 활발한 연구가 진행되고 있으며, IETF의 MANET(Mobile Ad-Hoc Network) 워킹그룹에서 다양한 관점의 연구와 표준화 작업[5][6]이 이루어지고 있다. 이동 Ad-Hoc 통신망을 산업화에 적용하고 있는 대표적인 예는 Bluetooth와 IEEE 802.11의 DCF(Distributed Coordination Function)의 Ad-Hoc 모드 등이 있다.

이동 Ad-Hoc 네트워크는 다음과 같은 특징을 가진다. 첫째, 노드의 이동에 따라 네트워크 토폴로지가 동적으로 변화한다. 네트워크 토폴로지의 변화는 빈번한 라우팅 경로 정보의 갱신을 해야하므로 라우팅 경로 정보의 관리를 복잡하게 하며, 이를 위한 라우팅 제어 메시지는 네트워크의 오버헤드로서 작용한다. 둘째, 이동 노드들은 무선 인터페이스를 사용하여 서로 통신한다. 무선 인터페이스는 기본적으로 전송 대역폭 및 전송거리 등의 물리적인 제약이 있다. 따라서, 원거리 노드들간의 통신을 위해서는 멀티-홉 통신이 필수적이다. 멀티-홉 통신을 위해 라우팅 경로상의 각 노드는 호스트 기능 외에 라우팅 기능도 포함해야 한다. 셋째, 이동 노드들은 제한된 용량의 터리를 사용하기 때문에 에너지 사용의 제약이 크다. 따라서, 배터리 상태를 고려한 통신 메커니즘이 필요하다. 넷째, 이동 노드들은 무선 인터페이스를 사용하여 서로 통신하고 있으며, 모든 노드들이 라우팅 기능을 가지고 있기 때문에 보안상으로 매우 취약하며 브로드캐스팅되는 라우팅 제어 메시지 등은 인가 받지 않은 노드의 악의적인 공격에 노출될 수 있다.

이동 Ad-Hoc 네트워크의 라우팅 프로토콜은 그림 5와 같이 proactive(table-driven) 방식과 reactive(on-demand) 방식으로 크게 분류할 수 있다[7].

Proactive 라우팅 방식은 모든 이동 노드들이 항상 최신의 라우팅 경로 정보를 유지하며, 라우팅 정보를 주기적으로 또는 네트워크 토폴로지의 변경이 있을 때마다 변경 사항을 네트워크 전체로 전파시

켜 각 노드들이 자신의 라우팅 정보를 변경하도록 하고 있다.

Proactive 라우팅 방식은 패킷 발생 시 지연 없이 최적의 경로를 통해서 라우팅 할 수 있는 장점을 가지고 있으나 네트워크 토폴로지의 변화가 심할 경우 라우팅 정보를 네트워크 전체로 전파하기 위한 라우팅 프로토콜 메시지의 오버헤드가 크다는 문제점이 있다.

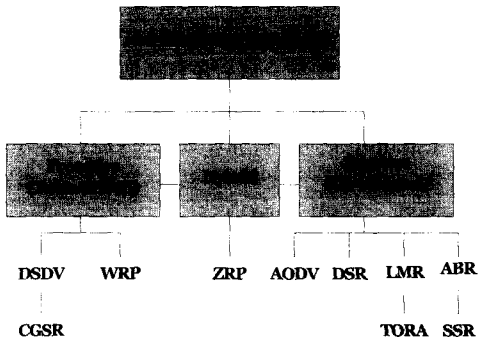


그림 5. Ad-Hoc Network의 라우팅 프로토콜

Reactive 라우팅 방식은 트래픽이 발생하는 시점에서 경로를 탐색하는 방법으로서 proactive 라우팅 방식이 가지는 제어 메시지의 오버헤드를 감소시킬 수 있다. 라우팅 경로 정보는 각 노드에 저장되거나 일정 기간 동안 해당 경로가 사용되지 않을 경우 노드로부터 삭제된다. 이러한 Reactive 라우팅 방식은 트래픽이 발생하는 시점에서 경로를 탐색하기 때문에 경로 탐색에 추가적인 시간이 필요하며, 이는 트래픽 전송 지연의 결과를 가져온다.

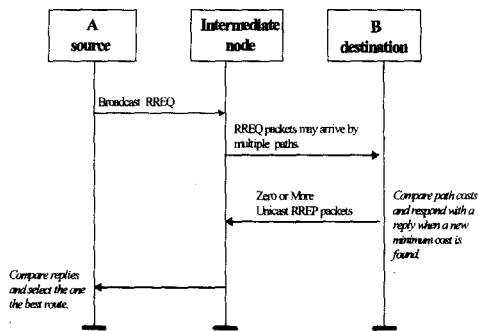


그림 6. AODV 경로 탐색 절차

그림 6은 Reactive 방식 중에 다른 기술에서의 응용에서 가장 많이 사용되고 있으며, Low-Rate WPAN 환경에서의 경로 탐색절차에서도 적용되고

있는 AODV(Ad-Hoc On-demand Distance Vector) 프로토콜의 경로탐색 절차이다.

AODV는 DSDV[9]와 같이 목적지 순차 번호를 사용하여 라우팅 루프를 방지한다. 경로탐색이 필요한 경우 RREQ 메시지가 생성되어 이웃 노드로 브로드캐스팅 되며, 목적 노드로의 경로 정보를 가진 중간 노드 또는 목적 노드가 RREQ 메시지를 수신하면 RREP 메시지로써 응답한다. 중간 노드가 목적 노드로의 경로 정보를 가지고 있지 않을 경우 RREQ 메시지를 이웃 노드로 다시 브로드캐스팅한다. RREP 메시지는 RREQ 메시지가 전달된 경로의 반대 방향으로 유니캐스팅 된다.

RREQ 메시지를 수신한 노드는 역방향 경로정보를 생성하여 저장하며, RREP 메시지를 수신한 노드는 순방향 경로 정보를 생성하여 저장한다. 하나의 노드가 동일한 RREQ 메시지를 중복적으로 수신한 경우 최초로 수신된 것만 사용한다. 경로내의 특정 링크에서 오류가 발생한 경우 지역적인 경로 재 탐색 절차를 수행하거나, 또는 RERR 메시지가 생성 소스 노드로 전달하여 소스 노드로 하여금 경로 재 탐색 절차를 시작하게 한다. RERR 메시지를 수신한 노드는 오류가 발생한 링크와 관련된 라우팅 경로 정보를 삭제한다[7].

이러한 이동 Ad-Hoc 네트워크에서의 경로 탐색을 위한 절차와 메시지는 Low-Rate WPAN 환경의 노드들간의 메시지나 데이터 전달에도 적용될 수 있을 것이다. 노드들은 근거리 무선통신을 주로 이용하게 되는데, 노드들의 잦은 이동성 때문에 고정된 네트워크 토폴로지가 유지되지 않는다. 따라서, 유선 또는 무선으로 연결된 각각의 노드들이 메시지나 데이터를 전달하기 위해서는 Ad-Hoc 네트워크와 유사한 형태의 토폴로지를 가지게 된다. 하지만, Low-Rate WPAN 환경은 경우에 따라 굉장 많은 수의 센서 노드로 구성될 수 있으며, 이러한 노드들은 매우 밀집하게 배열이 되고 라우팅 경로 및 통신의 실패율이 높아지게 된다. 또한, Low-Rate WPAN 환경은 유선과 무선의 노드들이 혼재되어 존재하고, 경로탐색을 위한 브로드캐스팅 형식의 통신을 주로 사용하게 된다. 더욱이 센서 노드들은 전력과 메모리, 컴퓨팅 능력 등의 물리적 제약을 가지게 되므로 이러한 상황에 적합한 라우팅 경로 탐색 방법이 제시되어야 한다.

### III. 제안사항

Low-Rate WPAN은 많은 수의 센서 디바이스들로 구성되며, 메시지나 데이터를 멀티-홉으로 전송해야 하는 경우 소스 노드가 목적지 노드의 정확한 위치를 알지 못하면 경로 탐색 절차를 수행하게 된다.

Low-Rate WPAN은 경우에 따라 센서 디바이스들이 조밀하게 연결되고, 이러한 디바이스들은 이동성을 가지므로 라우팅 경로 유지의 어려움과 통신 실패율이 높아질 수 있다. 따라서, 디바이스들의 네트워크 토폴로지가 구성되고 라우팅 경로설정이 이루어지더라도 중간 노드가 다른 곳으로 이동하는 경우 경로 유지가 어렵게 된다. 또한 Low-Rate WPAN은 low-cost, low-power를 지향하고 있으므로, 기존의 Ad-Hoc 네트워크에서의 경로탐색 메커니즘이나 클러스터 토폴로지의 라우팅 테이블 기반의 경로탐색 방법을 그대로 사용할 경우 네트워크를 구성하는 디바이스의 증가에 따라 심각한 경로 탐색 메시지 오버헤드를 초래할 수 있다.

본 논문에서는 목적 노드의 위치정보를 이용하여 노드가 현재 속해있는 클러스터를 선택하고, 해당 클러스터 안에서의 브로드캐스팅 범위를 설정함으로써 경로 탐색을 위한 메시지의 오버헤드를 감소시킬 수 있는 새로운 메커니즘을 제시한다.

### 3.1 목적노드의 위치정보를 통한 클러스터의 발견

Low-Rate WPAN은 상황에 따라 디바이스들이 다양한 토폴로지로 구성되었으나 일반적으로는 계층적 클러스터-트리 토폴로지를 구성할 것이다. 따라서 각 클러스터는 코디네이터와 FFD의로 계층적 관계로 이루어지며, 각 FFD에 RFD가 스타 토폴로지 형태로 연결되어 메시지 및 데이터를 전달하게 된다.

본 논문에서 제시하는 위치 기반의 라우팅 방법은 경로탐색 절차를 초기화하는 소스 노드가 GPS(Global Positioning System)등의 위치정보 기술을 사용하여 목적 노드의 현재 좌표 값을 얻을 수 있다고 가정한다[10][11].

이러한 위치정보 기술을 사용하여 목적노드의 현재 좌표 값을 파악한 후, 소스노드는 자신이 속해있는 코디네이터에게 현재 목적노드의 좌표 값이 어느 클러스터에 속해 있는지를 문의하게 된다. 그 후, 자신의 하위 디바이스들의 라우팅 정보를 가지고 있는 코디네이터들간의 Request/Response 과정을 거쳐 목적노드의 현재 위치가 어느 클러스터 인가를 파악하게 된다. 소스노드는 AODV 방식의

경로탐색 과정의 범위를 현재 목적노드를 포함하는 클러스터 이내로 한정할 수 있게된다. 그림7은 이러한 과정을 나타낸다.

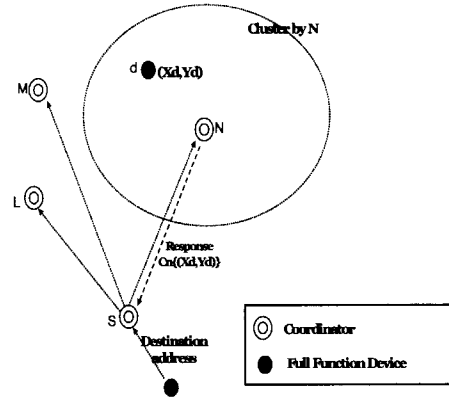


그림 7. 위치정보를 통한 클러스터의 발견

먼저 소스노드는 목적노드의 유일한 주소(예를 들면, IEEE 64bit address)를 이용하여 GPS등의 위치파악 기술을 통해 목적노드의 좌표 값을 얻게 된다. 그 후 각 클러스터의 코디네이터에게 해당좌표를 브로드캐스트 하여 현재의 좌표 값이 어떤 클러스터에 포함되는지를 문의(Request)하게 된다. 각 클러스터의 코디네이터는 소스노드로부터 받은 좌표 값이 자신의 클러스터 영역 안에 포함되는 경우 응답 메시지를 소스노드에게 보낸다. 따라서 소스노드는 라우팅 경로를 설정하려고 하는 목적노드가 어느 클러스터의 범위 안에 속해 있는지 알 수 있게 되며 해당 클러스터를 RREQ/RREP 메시지를 통한 경로탐색 범위로 한정한다. 본 논문에서의 코디네이터와 FFD는 주기적으로 갱신하는 라우팅 테이블을 가지고 있지 않다고 가정한다. 앞서 언급한 바와 같이 라우팅 테이블 기반의 경로 설정 방법은 노드의 이동으로 인해 테이블의 변경 사항이 있을 경우 이러한 변경사실을 네트워크 전체에 알려야 하므로 심각한 오버헤드를 초래하게 되고, 네트워크가 복잡해질수록 관리의 어려움이 따른다. 본 논문에서는 라우팅 경로탐색이 필요할 경우 RREQ와 RREP 메시지를 통한 Reactive 라우팅 방식[7]을 사용한다. 그러나, 기존의 Ad-Hoc 네트워크의 메시지 플러딩(flooding)방식을 사용하는 것이 아니라, 위치정보를 기반으로 범위를 한정하고 Broadcast RREQ와 Unicast RREQ 메시지를 상황에 맞게 사용한다. 목적노드의 위치정보를 이용하여

여 해당 클러스터를 선택하는 절차도 경로탐색을 위한 메시지 브로드캐스트 범위를 제한함으로써 오버헤드를 감소하기 위해서이다.

3.2 메시지 Broadcast 지역 설정

앞서 언급한 바와 같이 본 논문에서 제안하는 경로 탐색 메카니즘은 주기적인 갱신을 통한 라우팅 테이블을 가지지 않는다. 따라서, 새로운 FFD가 자신이 속한 클러스터의 코디네이터와 연결설정 (association) 이 되더라도 기존의 라우팅 경로가 갱신되지는 않는다. 또한 IEEE Std 802.11.4[3]에서 정의하는 Orphan(고아) 디바이스도 경로설정을 위한 메시지 교환 절차에서 중요하게 고려되어야 한다. Orphan 디바이스는 클러스터를 이동한 후 새로운 코디네이터와 아직 연결되지 않은 FFD 또는 RFD 이며 새로운 코디네이터와의 연결 설정은 능동적 또는 수동적으로 이루어지게 된다.

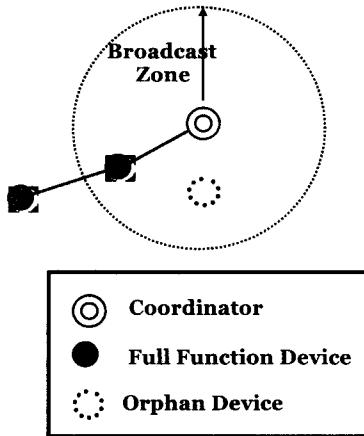


그림 8. 브로드캐스트 지역 설정

그림 8은 경로탐색 메시지 브로드캐스트를 위한 지역 설정을 나타내고 있다. 앞서 설명한 목적 노드의 해당 클러스터 선택 과정 후 소스 노드는 해당 클러스터의 코디네이터에게 라우팅 경로 설정을 위한 Unicast RREQ 메시지를 보낸다. 이 메시지를 받은 코디네이터는 라우팅 경로 탐색 메시지인 RREQ 메시지를 브로드캐스트 지역 안의 모든 노드에게 브로드캐스트 한다. 여기서 브로드캐스트 지역은 클러스터 토폴로지의 코디네이터 물리적 통신 가능 범위와 동일하며, 이 범위 안에 존재하는 FFD는 클러스터-트리 구조에서 코디네이터의 첫

번째 자식 노드이다. 하지만 이 범위밖에 존재하는 노드는 첫 번째 자식노드와 연결된 두 번째 자식노드이다. 목적노드가 이 범위 안에 존재하는 경우 바로 RREP 메시지를 코디네이터에게 전달하며, 이 메시지가 각 중간 노드의 경로정보를 포함하고 소스 노드에게까지 전달되면 라우팅 경로 탐색과정이 끝나게 된다. 만약 브로드캐스트 지역 안에 목적노드가 존재하지 않는 경우 첫 번째 자식 노드인 각 FFD는 자신과 연결된 하위 디바이스에게 다시 RREQ 메시지를 전달하며, 하위 디바이스의 토폴로지에 따라 RREQ 메시지를 브로드캐스트 또는 유니캐스트 형태로 전달한다.

또한, 브로드캐스트 지역 안에 고아(Orphan)디바이스가 존재하는 경우, 이 디바이스는 코디네이터에 의해 인지되고 연결설정 과정에 의해 새로운 디바이스로 등록되어 네트워크 주소등을 할당받게 된다. 메시지 브로드캐스트 지역을 설정하는 이유는 Low-Rate WPAN 환경에서 라우팅 경로탐색이 필요할 경우 플러딩 방식에 의해 모든 노드에게 RREQ 메시지를 전달하는 것이 아니라, 한정된 지역 안에서만 RREQ 메시지를 브로드캐스트 함으로써 목적노드의 발견 뿐 아니라 코디네이터와 Orphan노드와의 새로운 연결이 가능하기 때문이다. 그림 9는 범위설정을 통한 경로탐색 절차 및 디바이스간의 경로설정 시나리오를 나타내고 있다.

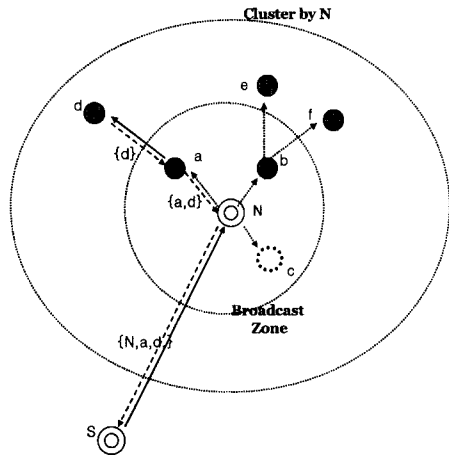


그림 9. 경로탐색 절차 및 메시지 교환

먼저 앞서 설명한 클러스터 선택 절차에 따라 목

적노드(d)가 속해 있는 클러스터의 코디네이터(N)로부터 RREP 메시지를 받은 소스노드 S는 목적노드의 현재 좌표를 포함하는 클러스터의 코디네이터 N에게 라우팅 경로 탐색을 위한 Unicast RREQ 메시지를 보낸다. Unicast RREQ 메시지는 하나의 클러스터의 코디네이터에게만 보내지므로 이웃 노드에게 모두 RREQ 메시지를 전달하는 flooding 방식의 메시지 전달 시 발생할 수 있는 오버헤드를 감소시킬 수 있다.

코디네이터 N은 자신의 브로드캐스트 지역 안에 속한 첫 번째 자식노드들(a,b)에게 라우팅 경로 설정을 위한 Broadcast RREQ 메시지를 보낸다. 이때 목적노드가 이 범위 안에 속할 경우 바로 RREP 메시지를 보내고 그렇지 않은 경우 각 노드들은 자신과 연결된 두 번째 자식노드(d,e,f)에게 RREQ 메시지를 전달한다. 이러한 과정 중에 브로드캐스트 범위 안에 Orphan노드(c)들이 존재할 경우 코디네이터에게 인식되어 새로운 연결 설정을 한다. RREQ 메시지가 목적노드 d에 전달되면 d는 자신의 경로 정보(d)를 포함한 RREP 메시지를 생성하여 a에게 보낸다. 이러한 RREP가 최종적으로 소스노드 S에게 전달되면 라우팅경로({N,a,d})설정이 끝나게 된다. 이러한 과정의 메시지 형식 및 순서는 그림10과 같다.

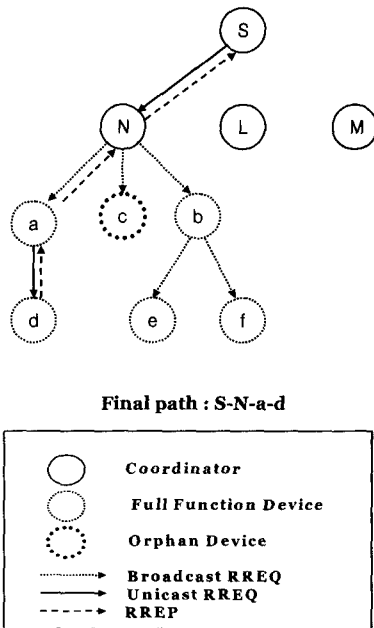


그림 10. 상황에 따른 메시지 전달 과정

그림 10에서 소스노드 S는 목적노드 d의 좌표가 속해 있는 클러스터의 코디네이터에게만 Unicast RREQ를 보냄으로 flooding 방식에서 발생하는 메시지 오버헤드를 감소시킬 수 있다. 또한 코디네이터 N은 브로드캐스트 지역 안에서 Broadcast RREQ 메시지를 사용하는데 이는 노드의 이동으로 인해 기존의 경로가 유효하지 않은 경우가 있으며, Orphan 디바이스가 존재할 경우 새로운 연결설정을 하기 위해서이다.

#### IV. 성능평가

본 장에서는 앞서 제시한 위치정보를 통한 클러스터의 선택과 브로드캐스트 지역을 통한 라우팅 경로탐색 과정에 따른 결과를 시뮬레이터(NS-2)를 사용하여 평가한 결과에 대하여 설명한다. 시뮬레이션을 위한 토폴로지의 구성은 그림 11과 같이 4개의 클러스터로 구분된 클러스터-트리 구조이며, 모든 노드는 라우팅 기능을 수행할 수 있는 코디네이터와 FFD로 구성하였다.

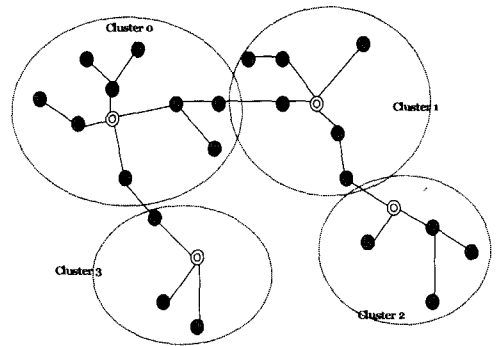


그림 11. 클러스터-트리 토폴로지

그림 11과 같이 클러스터-트리 토폴로지를 구성하는 디바이스 중 코디네이터는 고정되어 역할을 수행하고, FFD는 동적 이동성을 가지므로 라우팅 경로의 중간 링크가 유효하지 않은 경우가 발생하여 새로운 경로 탐색 절차가 요구된다. 목적노드가 속해 있는 클러스터의 코디네이터에 Unicast RREQ 메시지가 전달되면 앞서 제안한 과정을 통해 라우팅 경로탐색 메시지가 전달된다. 제안한 메커니즘을 기존의 라우팅 경로 탐색 메커니즘과 비교하기 위하여 동일한 조건에서 Bellman-Ford



알고리즘과 자신과 연결된 모든 이웃노드에게 메시지를 flooding하는 방법을 함께 비교하였다. 먼저, 각 클러스터의 경로 중간에 위치하는 FFD가 주기적으로 이동하는 상황에서 시간의 경과에 따른 경로탐색 메시지의 수를 측정 한 결과는 그림 12와 같다. 또한, 클러스터에 속한 노드의 수를 증가시키고 클러스터 중간에서 이동하는 FFD의 수를 증가시켰을 경우 경로 탐색 메시지의 수는 그림 13과 같다. 그림 12와 그림 13의 결과는 중간 노드의 이동전의 경로로 전달되어 실패한 메시지의 수도 함께 포함하여 측정하였다.

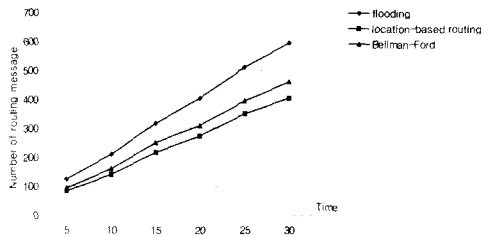


그림 12. 시간에 따른 메시지의 수

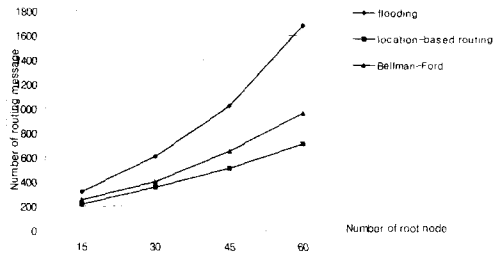


그림 13. 노드개수에 따른 메시지의 수

### V. 결론 및 향후 과제

최근 빠른 속도로 컴퓨터와 컴퓨터, 사람과 컴퓨터 사이의 네트워킹을 넘어 사람, 사물, 컴퓨터가 각각 독립적으로 연동되는 유비쿼터스 컴퓨팅의 시대를 맞이하고 있다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 실현을 위한 기술 중 노드간의 통신에서 low-cost, low-power의 특성을 지향하는 Low-Rate WPAN 기술은 센서 디바이스의 물리적 한계와 노드 이동성 등의 특징을 가지고 있다. 따라서, 본 논문에서는 Low-Rate WPAN 환경에

서 라우팅 경로탐색 메시지에 의한 오버헤드를 감소할 수 있는 위치 기반의 경로탐색 메커니즘을 제안하였다. 위치정보를 통해 메시지 브로드캐스트 범위를 제한함으로써 라우팅 메시지의 수를 감소시킬 수 방법을 제시하였다. 향후 연구과제로는 노드간 메시지 교환에 따른 절차 및 메시지 형태에 관한 구체적인 정의가 필요할 것이며 다양한 조건에서의 성능평가도 함께 진행되어야 할 것이다. 또한 Low-Rate WPAN 환경의 라우팅 경로 탐색에 있어서 보안에 취약한 부분들에 관한 해결책도 함께 연구되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Mark Weiser, <http://www.ubiq.com/weiser/>
- [2] Mark Weiser, "The Computer for the Twenty-First Century.", Scientific American, pp.94-101, September 1991.
- [3] Jose A. Gutierrez, Edgar H. Callaway, Raymond L. Battett, "Low-Rate Wireless Personal Area Network", Standards Information Network IEEE Press, November 2003.
- [4] Callaway, Edgar H, "Wireless sensor networks : architecture and protocol", CRC Press LLC, May 2003.
- [5] M.S.Corson and J.P.Macker, "Mobile Ad-hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations", IETF RFC 2501, Jan 1999.
- [6] IEEE MANET Working Group, [http://protean.itd.nrl.navy.mil/manet/manet\\_home.html](http://protean.itd.nrl.navy.mil/manet/manet_home.html)
- [7] 김상하, "이동 Ad Hoc 네트워크 라우팅 프로토콜 기술", 정기간행물전파지, <http://www.kora.or.kr/kora/radar/200209/sub8.html>, 2002.
- [8] C.E.Perkins, E.M.Belding-Royer and S.D.R.Das, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-aodv-13.txt, February 2003.
- [9] C.E.Perkins and P.Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector

Routing (DSDV) for Mobile Computers", Computer Communications Review, vol.24, no.4, pp.234-244, October 1994.

- [10] Y.B.Ko and N.H.Viadya, "Location-Aided Routing (LAR) in Mobile Ad Hoc Networks", Proc. of MobiCom'00, pp.234-254, 2000.
- [11] G. Dommety and R. Jain, "Potential networking applications of global positioning system (GPS)", Technical report TR-24, The Ohio State University, 1996.
- [12] A.K.Dey, "Context-Aware Computing: The CyberDesk Project.", Proc. of the AAAI 1998 Spring Symposium on Intelligent Environments (AAAI Technical Report SS-98-02), pp.51-54, Mar 1998.
- [13] 김정기, 박승민, 장재우, "상황인식 처리기술", 정보처리학회지, 제10권 제4호, pp. 182-188, 2003년 7월.

이 재 조



정회원  
1990년 경희대학교 물리학과 졸업  
1992년 경희대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
2003년 경희대학교 대학원 전자공학과(박사과정 수료)  
1997년 - 현재 한국전기연구원 선임연구원

<주관심 분야>

허 준

준회원



2002년 2월 : 경희대학교 컴퓨터공학과 졸업  
2004년 2월 : 경희대학교 컴퓨터공학과 석사  
2004년 3월 현재 : 경희대학교 컴퓨터공학과 박사과정

<주관심분야> WPAN Security, Home Network Security

홍 총 선

정회원



1983년 2월 : 경희대학교 전자공학과 졸업  
1985년 8월 : 경희대학교 전자공학과 석사  
1988년 3월-1999년 8월 : 한국통신망 연구소 선임연구원 / 네트워크 연구실장

1997년 3월 : Dept. of Information and Computer Science, Keio University (공학박사)

1999년 9월- 현재 : 경희대학교 전자정보학부 부교수

<주관심분야> 차세대 인터넷, 센서네트워크, 네트워크 보안, 네트워크 QoS

이 대 영

정회원



1964년 : 서울대 물리학과 졸업 (학사)  
1971년 : 캘리포니아 주립대학원 컴퓨터학과(공학석사)  
1979년 : 연세대학교 전자공학과(공학박사)

1971년 " 현재 : 경희대학교 전자정보학부

1990년 " 1993년 : 경희대학교 산업정보대학원 대학원장

1999년 " 2000년 : 한국통신학회장

<주관심분야> 영상처리, 컴퓨터 네트워크등