

센서 네트워크를 위한 트리기반 동적 주소 할당 메커니즘

신중원⁰ 공인엽 이정태
 부산대학교 컴퓨터공학과
 {jwshin⁰, leafgirl, jilee}@pusan.ac.kr

A Tree-based Dynamic Addressing Mechanism for Sensor Networks

JongWon Shin⁰ InYeup Kong JungTae Lee
 Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

요 약

센서 네트워크는 제한된 메모리와 배터리를 가진 센서 노드로 구성되는 네트워크로서, 노드의 이동이나 장애로 인한 토폴로지 변화가 빈번하다. 이러한 센서 노드의 주소 할당에 있어서 기존의 방식들은 고정 주소를 할당하는 방식이므로 네트워크의 구성형태나 토폴로지의 변화에 맞게 주소를 변경하기 어렵다는 문제점이 있다. 이에 본 논문에서는 트리 기반의 동적 주소 할당 방식을 제안하였는데, 이는 초기에 트리 기반으로 생성된 노드 주소를 동적으로 할당하며, 라우팅 경로 등의 네트워크 변화에 따라 유동적으로 주소를 재할당한다. 메커니즘의 검증은 위해서는 ns-2 시뮬레이터를 사용하여 동작을 확인하였다.

1. 서 론

센서 네트워크는 각 센서 노드들이 저가격, 제한된 메모리와 컴퓨팅 능력 가지며 작은 사이즈의 안테나로 저전력의 통신이 가능하게 하는 기술이다. 기존 네트워크 장치들과 달리 수백 혹은 수천 개 이상의 센서 노드들이 무작위로 배치되어 센서 노드간의 통신을 위해 그들 스스로 네트워크를 형성하는 애드-혹 개념의 네트워크이다 [1].

이러한 센서 네트워크를 구성하기 위해서는 적절한 주소할당 방법이 필요한데 기존의 메커니즘들은 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 첫째, 유선 네트워크의 서버-클라이언트 모델을 적용할 경우 패킷 송수신 오버헤드가 증가하게 되며, 둘째, 주소 표현 비트를 줄일 경우에 대규모 네트워크 형성이 어렵다. 셋째, 하드웨어 칩을 사용할 경우 부가적인 비용 지불을 필요로 한다.

이에 본 논문에서는 센서 네트워크를 위한 트리기반 동적 주소 할당 메커니즘(Tree-based Dynamic Addressing, 이하 TDA이라 함)을 제안하였다. 이 메커니즘은 센서 노드가 네트워크를 형성하는데 있어서 주소를 동적으로 할당 받고, 라우팅 경로의 배터리 상태를 고려한 트리기반 방식을 사용한다. 또한 TDA는 싱크 노드와 센서 노드간의 통신과 주소 할당에 소비되는 비용을 줄였으며, 센서 노드의 고장으로부터 네트워크를 재구성할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 기존의 주소 할당 메커니즘을 살펴보고, 3장에서는 제안된 TDA 메커니즘에 대해 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션 결과를 나타내고, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 과제에 대한 내용을 제시하였다.

2. 기존 주소 할당 메커니즘

이 절에서는 현재 존재하는 네트워크에서 사용 중이거나 제안된 주소 할당 메커니즘에 대해서 살펴본다. 상세한 설명에 앞서 기존기술과 TDA를 비교하면 표 1과 같다.

표 1. 주소 할당 메커니즘 비교

	IPv4 DHCP	IPv6 Autoconf	MACAW	SN [*] Local Address	SN [*] TDA
주소 길이 (bits)	32	128	4	8 ~ 64	16
주소 할당 서버	필요	라우터	AP	없음	없음
제어 패킷의 수	많음	보통	많음	적음	적음
에너지 소모	많음	많음	많음	적음	적음
라우팅 테이블	필요	필요	필요	필요	불필요
배터리 모니터링	-	-	-	-	고려
주소 재사용	-	-	-	○	○

* SN: Sensor Network

2.1 IPv4/v6 네트워크의 주소 할당 메커니즘

IPv4 네트워크의 주소 할당 메커니즘에는 IP 주소 영역 중에서 IP 주소를 선택하여 배분하는 서버와 이 서버로부터 IP주소를 할당받는 클라이언트로 동작하는 DHCP가 있다.

IPv6 네트워크의 주소 할당 메커니즘은 라우터에 의해서 방송되는 프리픽스와 자신의 MAC 주소를 조합해서 주소를 설정하는 방식이다.

위의 두가지 메커니즘은 서버-클라이언트 모델을 기반으로 동작하므로, 센서 네트워크에 적용하게 되면 라우팅 경로에 있는 모든 노드를 통해 패킷을 송수신하게 되는 문제가 발생한다. 이러한

문제로 인해 라우팅 경로에 있는 모든 노드들의 배터리 소모를 가져오게 된다.

2.2 무선 네트워크의 주소 할당 메커니즘

일반적으로 무선-랜은 소수의 단말 노드들과 AP로 구성되므로, 소수의 단말노드들이 제어 신호 하나를 보내기 위해서 포함되는 송신자와 수신자의 32 비트 주소는 오버헤드가 크다. 이를 줄이기 위해서 로컬 네트워크에서는 4 비트의 주소체계를 사용하는 방식인 MACAW 메커니즘이 제안되었다. 그러나 이 메커니즘의 경우, 소수의 노드에 할당하는 주소 체계를 사용하므로 대규모 네트워크를 구성하는 센서 네트워크에는 적합하지 않다.

2.3 센서 네트워크의 주소 할당 메커니즘

센서 네트워크의 주소 할당 메커니즘에는 하드웨어 칩을 사용하는 경우와 글로벌 또는 로컬 주소 할당 메커니즘이 있다. 하드웨어 칩을 사용하는 경우는 생산단계에서 입력된 시리얼 넘버를 노드의 주소로 사용하는 방식이므로 추가적인 하드웨어를 필요로 한다 [4]. 글로벌 주소 할당 메커니즘은 모든 센서 노드들이 유일한 주소를 할당 받는 방식이므로, 주소 중복을 체크하는데 많은 비용이 소비되지만 로컬 주소 할당방식은 이웃 노드와 중복되지 않는 지역 내에서만 유일한 주소를 할당하므로, 주소 중복체크에 소비되는 비용은 적다. 하지만 라우팅 테이블 생성 및 유지에 소비되는 비용이 크다.

3. TDA

논문에서 제안하는 TDA 방식은 주소를 할당함에 있어, 부가적인 하드웨어나, 메모리, 복잡한 라우팅 정보를 사용하지 않고, 노드가 초기화될 때 주소를 할당하며, 할당된 주소는 재사용 가능하다.

3.1 동적 주소 할당 메커니즘

그림 1의 각 센서 노드에 표시된 주소 체계는 그림 2와 같다. 그림 2에서 Prefix 필드는 Level 1에 해당하는 노드를 나타내며, F 필드는 부모 노드로부터 할당된 주소가 0(트리상의 왼쪽 자식 노드)인지 1(트리상의 오른쪽 자식 노드)인지를 구분하는 필드이다. 새로운 노드가 주소 0을 할당받게 되면 부모 노드와 주소를 구분할 수 없게 되므로, F 필드의 값을 1로 설정하여 부모 노드와 자식노드의 주소를 구분한다. 마지막으로 Address 필드는 각 Level의 주소 값을 나타낸다. 이와 같은 주소할당 방식의 예는 그림 1과 같다.

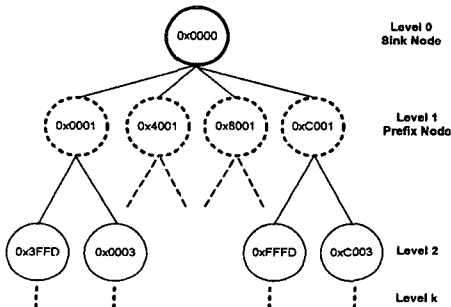


그림 1. TDA의 트리구성 (Level 2까지의 예)

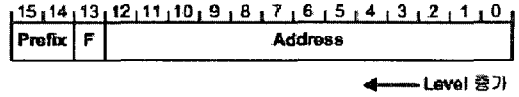


그림 2. TDA의 센서 노드 주소 체계

이러한 주소 체계를 바탕으로 센서 노드에 주소를 할당하는 방법은 그림 3과 같다.

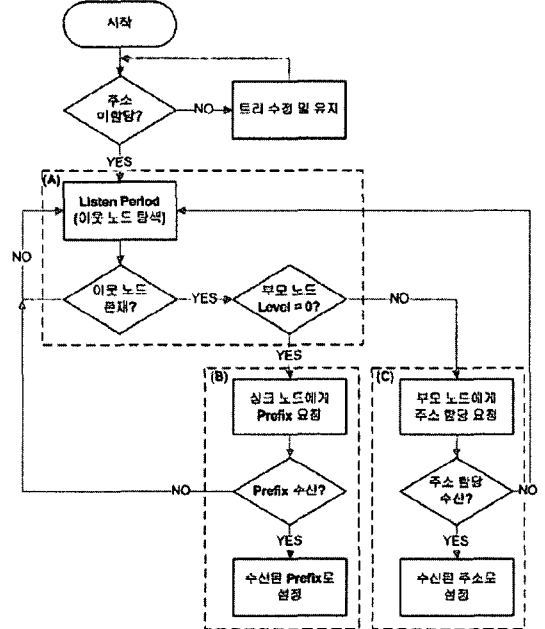


그림 3. TDA의 동적 주소 할당 방법

- (A) 주소를 할당 받은 노드는 트리 수정 및 유지를 수행하며, 주소를 할당 받지 못한 노드는 이웃 노드를 탐색한다. 이때 이웃 노드가 존재 한다면 임시주소를 생성하고 이웃 노드를 부모 노드로 설정하여 주소 할당 요청을 한다.
- (B) 부모 노드의 레벨이 0 이라면, 부모 노드로부터 프리픽스를 동작하기 위한 프리픽스를 부여 받는다. 이때 부여 받은 프리픽스는 14, 15번 비트에 채워지며, 나머지 비트들은 모두 0으로 설정된다.
- (C) 부모 노드의 레벨이 0이 아니라면, 부모 노드의 레벨이 k라고 할 때 (k + 1) 번째 비트의 값을 할당받는다. 만약 할당 받은 값이 1이라면, 프리픽스 + 플래그(0) + 주소 비트로 구성된 주소를 할당받게 된다. 그러나 할당받은 값이 0이라면, 프리픽스 + 플래그(1) + (n+1 ~ 0 번째 비트들 이외는 모두 1인 주소)를 할당받게 된다.

위와 같은 방법으로 Level 2까지 주소를 할당하게 되면 그림 1과 같이 표현된다.

3.2 주소 재할당 메커니즘

3.1절에서 설명한 메커니즘에 따라 동적으로 주소를 할당받은 노드가 주소를 재할당받을 필요가 있는 경우는 이동 등으로 인하여

자신의 부모 노드를 찾지 못할 때와 현재 부모 노드의 라우팅 경로보다 배터리 소모가 적은 노드가 발견되었을 때이다. 이 두 가지 경우에 대해서는 다음과 같이 처리된다.

- 부모 노드를 찾지 못할 때: 자식 노드는 이웃 노드 탐색 상태로 대기하면서 부모 노드로 동작 가능한 노드를 찾는다. 적합한 부모 노드를 찾게 되면, 자신을 포함한 자식 노드들의 주소를 프리픽스를 포함하여 재 지정한다. 이 경우에서 다수의 부모 노드가 존재할 경우, 배터리 소모가 적은 경로를 가지는 노드를 부모 노드로 선택하고 주소를 재할당 받는다.

- 라우팅 경로의 배터리 상태가 변할 때: 현재 부모 노드가 존재하지만, 다른 노드의 라우팅 경로가 배터리 소모가 적다면, 첫번째 경우와 마찬가지로 다른 부모 노드를 선택하고 주소를 재할당 받는다.

3.3 로컬 주소를 가지는 로컬 필드 구성 메커니즘

3.1절과 3.2절을 통해서 주소를 할당 받지 못한 센서 노드들은 이웃노드와 중복되지 않는 로컬 주소를 선택하고 이 주소를 사용하여 가장 배터리 소모가 적은 라우팅 경로를 가지는 부모 노드와 통신 한다. 각 노드들은 TDA 노드(TDA에 의해 주소를 할당받은 노드)가 존재해야만, 다른 TDA 노드들과 통신을 할 수 있다. 로컬 필드 상의 노드들은 자신과 부모 노드 간의 통신에서는 로컬 주소를 사용하며, 싱크 노드와의 일대일 통신에서는 부모 노드의 TDA를 주소를 이용해 통신한다. 이때 부모 노드는 수신 데이터를 로컬 주소를 가지는 센서 필드에 브로드캐스팅 한다. 이러한 방식을 통해서 트리의 주소를 할당 받지 못한 센서 노드가 존재하더라도, 로컬 주소 할당을 통하여 모든 센서 노드가 주소를 할당받을 수 있다. 이렇게 구성된 로컬 필드의 예는 그림 4와 같다.

로컬 필드에 위치한 센서 노드들은 현재의 부모 노드보다 라우팅에 효율적인 부모 노드가 존재한다면 부모 노드를 변경하게 되며, 트리의 주소를 사용 가능하게 된다면 자신을 포함한 자식 노드들의 주소를 3.2절과 동일하게 주소를 재할당받아 사용할 수 있다.

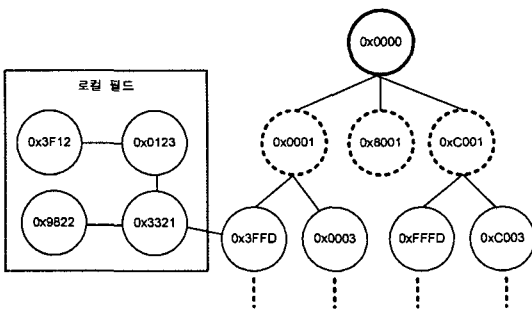


그림 4. 로컬 주소를 할당하여 로컬 필드를 구성한 예

4. 시뮬레이션 결과

TDA 메커니즘의 검증에 있어서는, ns-2를 이용하여 100m X 100m의 공간에서 100개의 노드를 무작위로 배치시켜 주소 할당을 시뮬레이션하였다. 선으로 연결된 노드들은 주소를 할당받은 노드를 의미하며, 그렇지 않은 노드들은 통신이 불가능한 거리에 있는 노드들이다.

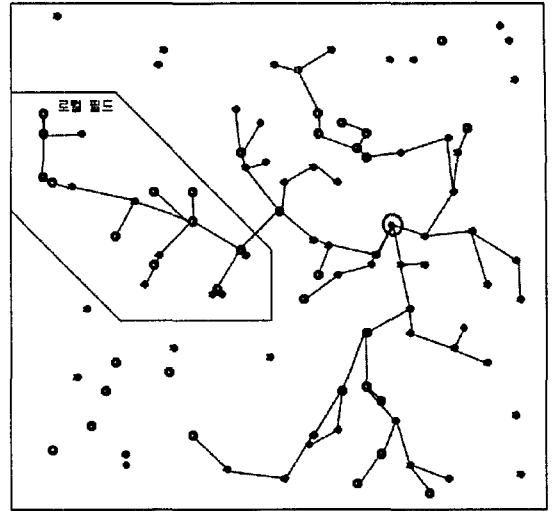


그림 5. TDA 메커니즘의 시뮬레이션 결과

그림 5의 시뮬레이션 결과, 그림 4에서 제시한 것과 같이 트리형태로 주소가 할당되고 로컬필드가 생성됨을 확인할 수 있었다.

5. 결론 및 향후 센서 네트워크에서 과제

지금까지의 주소 할당 메커니즘은 보드 설계 시에 순차적으로 주소를 할당하는 메커니즘이거나 하드웨어 칩을 이용하는 메커니즘을 주로 사용하였다. 이러한 주소 할당 메커니즘은 주소의 재사용이 불가능할 뿐만 아니라, 라우팅을 하기 위해서 부가적인 메모리를 필요로 한다. 이러한 문제를 해결하고자 본 논문에서는 주소 재사용, 배터리 상태를 고려한 주소할당, 토폴로지 변경에 대한 재구성이 유연한 트리 기반 동적 주소 할당 메커니즘을 제안하였다.

향후 과제로는 대규모 센서 네트워크에서도 효율적으로 동작하기 위해 TDA를 최적화하는 것이다.

참고 문헌

- [1] Akyildiz, I.F. 외 3명, "A Survey on Sensor Networks", Georgia Institute of Technology, IEEE Communications Magazine, Vol. 40, Issue 8, 2002.
- [2] V. Bharghavan, A. Demers, S. Shenker, L. Zhang, "MACAW: A Media Access Protocol for Wireless LANs", Proc. of ACM SIGCOMM, 1994.
- [3] V. Bharghavan, "A Dynamic Addressing Scheme for Wireless Media Access", Proc. of IEEE ICC '95, 1995.
- [4] Hill, J.L., Culler, D.E., "Mica: a wireless platform for deeply embedded networks", IEEE Micro, Vol. 22, Issue 6, 2002.
- [5] Schurgers, C. 외 3명, "Distributed on-demand address assignment in wireless sensor networks", Parallel and Distributed Systems, IEEE Trans., Vol. 13, Issue 10, 2002.
- [6] Jeremy Elson, Deborah Estrin, "An address-free architecture for dynamic sensor networks", Tech. Rep. of USC, 2000.