

대형 건축물 객실 관리를 위한 USN 프로토콜 설계 및 구현

Design and Implementation of USN Protocol for Managing Rooms in a Large Building

정우정, 류관희*, 김종현**, 김태호**, 최성철**, 정규석**
충북대학교, 정보산업공학과

Woo-Jeong Jeong, Kwan-Hee Yoo*,
Jong-Heon Kim**, Tae-Ho Kim**,
Sung-Chul Choi**, Kyu-Seuk Jeong**
Information & Industrial Engineering,
Chungbuk National Univ.

요약

본 논문에서는 무선 통신을 이용하여 효율적으로 객실을 관리하기 위한 라우팅 방법 및 이를 이용한 객실 제어 시스템의 설계 및 구현에 대해 제안하고자 한다. IEEE 802.15.4 표준 기반 하에 클러스터 트리 구조의 무선 네트워크 망을 구축하고 제어 패킷을 이용하여 상기 네트워크 망을 관리하는 시스템과 상기 시스템에서 송수신된 제어 패킷을 이용하여 각 객실에 구성된 PAN 망을 관리하는 복수의 시스템으로 구성된다.

제안하는 프로토콜은 네트워크 망에 브로드캐스트(BroadCast)를 하지 않고 목적지와 동일한 층으로 패킷을 전송한 후 검색을 통해 패킷을 전송하고, 목적지를 찾지 못하는 경우 라우팅 경로를 요구하는 AODV 라우팅 패킷을 전송하는 방법을 이용함으로써 무선 네트워크망의 트래픽을 감소시키고 효율적인 라우팅 경로를 확보할 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose USN Protocol of Room Control with high efficiency and new routing techniques. I establish a network of cluster hierarchy structure under bases standard for IEEE 802.15.4 and another networks to manage each room use a control packet transmitted and

The proposed protocol does not perform BroadCast over a network and transmits a packet to same layer to the destination and then passes the packet after doing searches. If a destination to be transmitted cannot be looked up, the protocol transmits AODV routing packet so that not only traffic load of a wireless network is decreased, but also efficient routing path can be obtained.

I. 서론

통신 시스템의 발달과 함께 다양한 형태의 네트워크 수요가 증가하고 있다. WPAN(Wireless personal area network)은 개인 주변의 영역을 주 동작범위로 하여, 저가격, 저전력, 근거리, 소형화를 추구하는 네트워크 개념이다. 건물 내부 등 제한된 공간에서 무선 네트워크를 사용될 때 특히 홈 네트워크 분야에서 무선랜과 블루투스가 널리 사용되었다. 하지만 많은 네트워크 개발자들은 무선랜과 블루투스를 적용하기에는 적합하지 않은 많은 응용 사례가 있음을 알게 되었다. 그래서 저

가이면서 하나의 칩셋으로 구성할 수 있고, 배터리를 탑재하고도 1~2년 정도 사용할 수 있는 저전력이며, 다수의 노드들 간의 네트워크 구성 필요성이 대두되었다. 그 중에 대표적인 지그비는 기술표준이 2000년 IEEE 802.15 워크그룹에 제안되었고, 2003년에 12월 IEEE 802.15.4 표준으로 채택된다[1]. 지그비 기술 표준은 개인 건강보호, 산업제어, 전등 및 상업제어, 컴퓨터 주변장치, 가전 제품 등 많은 분야에서 두루 활용되고 있다.[2] 그러나 건물 제어나 객실 관리, 원격 검침기 등 고정된 위치에 있는 디바이스들을 제어할 때 Zigbee가 사용하는 분산 주소 할당 방법은 이용자가 원하는 방법

으로 주소를 할당할 수 없는 단점이 있다. 특정 위치의 디바이스에 고정적인 주소를 할당할 수 있는 방식이 건물 객실 단위 제어처럼 구획을 나누어 사용하는 네트워크 구조에서 적합할 수 있다. 본 논문은 IEEE 802.15.4에 기반하여 주소를 정적으로 할당하는 새로운 USN 프로토콜 설계 및 구현에 대해 제안하고자 한다. 프로토콜의 구체적인 동작 방법 및 시뮬레이션을 제시하여 Zigbee 프로토콜을 적용하기 어려운 구조의 네트워크에 대안이 될 수 있을 것이다.

II. Zigbee 네트워크의 특징 및 주소 할당

Zigbee 표준에서 규정되어 있는 라우팅 알고리즘을 살펴보면 IEEE 802.15.4 MAC이 beacon-enable mode일 경우 트리 라우팅 기법을 이용하고, non-beacon mode일 경우에는 메쉬 라우팅 기법을 사용하도록 권장하고 있다.

트리 라우팅 기법은 분산 주소 할당 기법에 의해 동작한다. 이 분산 주소 할당의 하나인 Cskip 알고리즘은 트리 라우팅이 가능하도록 의도적인 16bit 주소를 설정한다. 아래에서 어떻게 Zigbee 센서 네트워크에서 주소 할당이 이루어지는지 보여준다. 우선 Cskip 알고리즘을 사용하려면 다음 정보가 각 노드들에 정의 되어야 한다 [3].

- 1) C_m : 코디네이터나 라우터가 가질 수 있는 최대 자식 개수
- 2) L_m : 트리 토폴로지의 최대 깊이
- 3) R_m : 자식으로써 갖게 되는 최대 라우터의 개수
- 4) d : 지금 노드가 속한 깊이

이렇게 정의된 값들을 이용하여 각 노드에 대해 논리적인 주소를 할당하는데 다음 식 (1)과 (2)에 의해 주소를 할당한다.

$$Cskip(d) = 1 + C_m(L_m - d - 1), \quad \text{if } R_m = 1$$

$$\frac{1 + C_m - R_m - C_m R_m^{L_m - d - 1}}{1 - R_m}, \quad \text{otherwise (1)}$$

$$A_n = A_{paren} + Cskip(d) * R_m + n(1 \leq n \leq (C_m - R_m)) \quad (2)$$

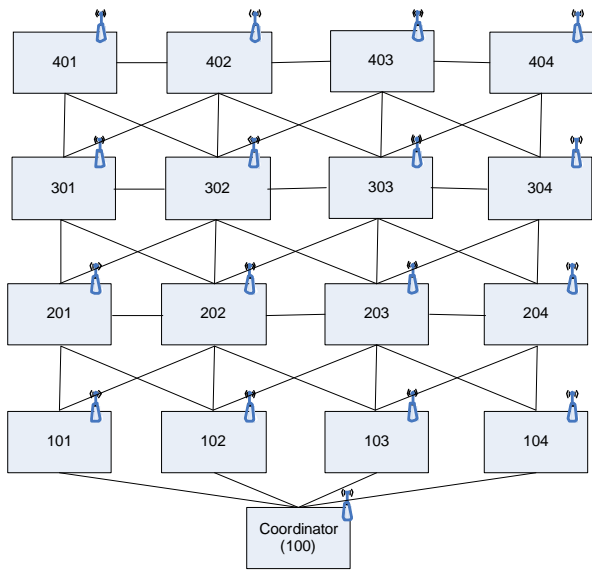
깊이가 결정되어 있고, 최대 자식의 개수와 노드가 가질 수 있는 최대 라우터의 개수가 정해져 있을 때 식 (1)과 (2)를 이용하여 주소를 분산적으로 할당 할 수 있다.

이렇게 주소를 할당했을 때 R_m 이 2라고 가정하면 그 네트워크의 최대 깊이는 15를 넘을 수가 없다. 그 이유는 16bit 주소 영역을 블록화하여 여러 라우터 노드들에게 일정한 분량만큼 나누어 주는 방식이기 때문이다. Depth가 늘어나면 그 만큼 하위 노드들이 R_m 의 지수 승으로 증가하기 때문에 최대 깊이가 줄어들게 된다.

이런 방법으로 고층 건물에 Zigbee 방식의 네트워크를 구성하여 주소를 할당할 때 층간에 하나의 depth가 증가한다고 가정하면 15층보다 높은 층은 주소를 할당 받지 못한다. 또한 각 객실이 할당 받은 주소에 대한 정보를 관리해야 특정 객실의 상태를 알 수 있고 객실 내부의 네트워크도 Zigbee를 사용하면 주소 할당 및 정보 관리가 복잡해진다

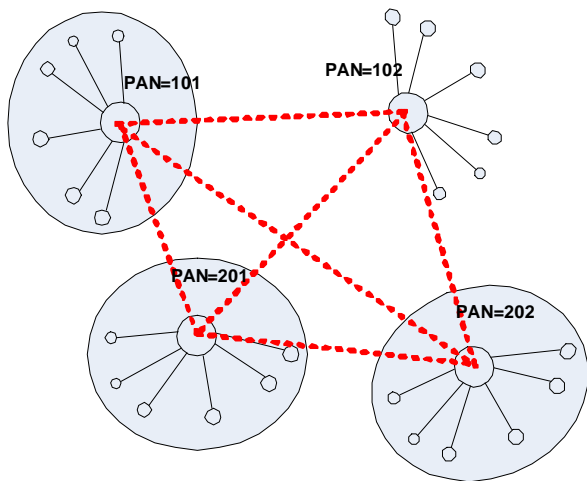
III. 객실 관리를 위한 프로토콜 통신망

제안하는 프로토콜은 각 기기마다 정적으로 주소를 할당한 후 원하는 위치에 설치하는 방식이다. 호실이 정해져 있는 건물 내부의 기기 제어 등에 최적화 되어 있다. 최단 경로를 통해 통신을 할 수 있도록 층 간에는 위치 기반의 라우팅 방법을 적용했으며 같은 층 내에서는 동적인 라우팅을 하도록 설계하였다



▶▶ 그림 1. 객실 관리 네트워크 구조 예

[그림 1]은 한 건물에 객실 관리 프로토콜의 고정 주소 할당 방법을 적용한 예이다. 각 방마다 라우터를 설치하고 라우터들은 Mesh 형식의 네트워크를 구성하여 통신한다. 각 방 안에 여러 가지 디바이스가 있다면 클러스터 형식의 네트워크를 구성하여 디바이스는 라우터로만 통신한다. 이때 여러 디바이스 들은 라우터의 PAN ID를 같이 사용하여 PAN 망 내의 통신을 이용한다.



▶▶ 그림 2. 객실 관리 프로토콜 PAN망 내의 통신

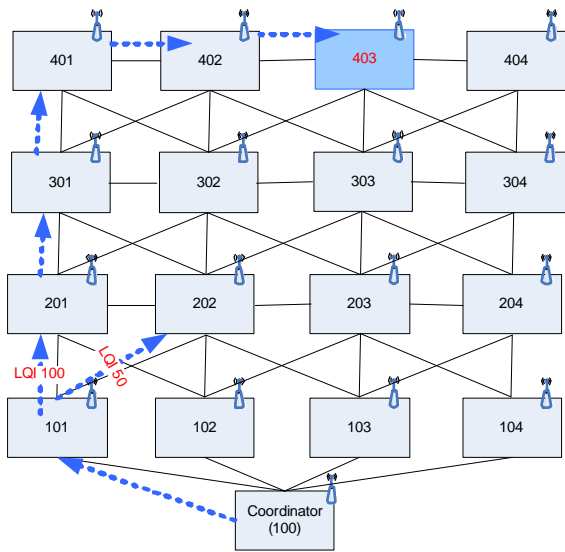
각 방의 노드들은 독립적인 PAN 단위로 통신 하고 이 때 PAN ID는 각 방의 호실을 사용할 수 있다. 각

방의 PAN ID를 다르게 하기 때문에 다른 방의 Packet 과 충돌 문제를 피할 수 있다. 각 방안의 노드에서 발생 되는 Packet은 PAN을 중심으로 처리되고 다른 PAN으로 이동 할 경우 라우터들 간의 전달이 이루어 지기 때문에 전달 루트가 간단하다.

네트워크 구성 요소는 Base Station, Cluster Head, Cluster End 3가지로 나뉜다. Base Station은 네트워크의 중심이 되는 노드이며 중앙 제어 컴퓨터 연결되는 노드이다. 하나의 네트워크에 하나만 존재 한다. Cluster Head는 작은 네트워크 그룹의 중심이 되며 라우팅 기능을 수행한다. 여러 개의 End Device를 관리 할 수 있으며 End Device로부터 받은 Packet을 처리하거나 다른 그룹으로 전송하는 역할을 한다. Cluster End는 작은 네트워크 그룹에서 센서와 제어만을 담당 한다. 통신은 같은 네트워크의Cluster Head 사이에서만 이루어진다.

디바이스의 통신 세팅은 다음과 같이 나뉘어 진다. 첫번째 채널 Number, PAN ID, 16 bit Address 여기서 채널은 각 설치되는 건물마다 다르게 세팅을 하고 (옆 건물과의 간섭과 같은 어드레스 충돌 또는 Router 간의 통신 충돌 등을 방지하기 위해서) PAN ID와 16 bit Address를 설정을 하게 된다. 주로 PAN ID는 한 클러스터에 해당하는 구역을 설정하며 각 방마다 다른 PAN ID를 가진다.

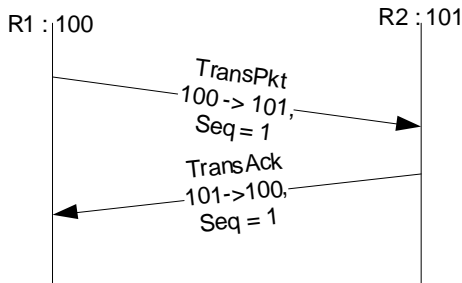
라우팅 방법은 다음과 같다. 건물에서 각 방과 코디네이터간의 통신은 서로간의 메쉬 라우팅에 의해서 이루어진다. 여기서 층간 라우팅은 그 어드레스에 대한 정적 라우팅(Static Routing) 방법으로 이루어진다. 예를 들어 1층에서 4층으로 전달할 경우 1층의 101에서 시작한다고 하면 [그림 3]에서 보듯이 101호의 이웃 (neighborhood)인 201호나 혹은 202호 중에 LQI가 높은 순대로 전달을 한다. 이런 방식으로 4층까지 층간 어드레스 계산에 의해서 가장 가까운 곳 우선순위와 LQI 우선순위로 라우팅을 한다. 층내 라우팅은 AODV(Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing)나 혹은 Table 방식의 동적 라우팅을 이용한다.



▶▶ 그림 3. 코디네이트와 객실 간의 통신

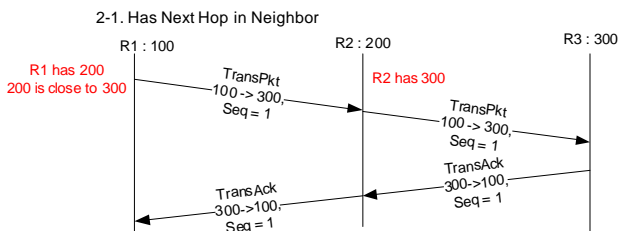
IV. 객실 관리 프로토콜의 Signal Flow

Routing 방법은 다음과 같다



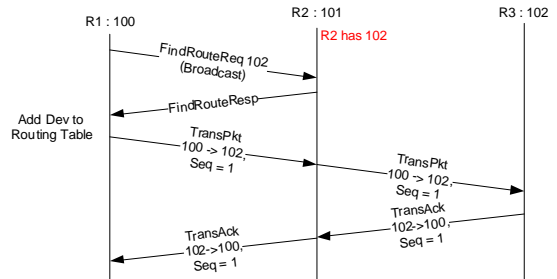
▶▶ 그림4. Neighbor Routing

라우팅의 첫번째 단계로 이웃에 해당되는 노드가 존재하면 그 노드로 패킷을 전송한다



▶▶ 그림 5. Static Routing (between regions)

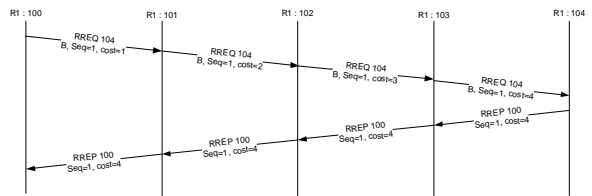
[그림 5]와 같이 다른 층으로 패킷을 전송하는 경우 각각의 이웃을 검사한 다음 그쪽 방향으로 패킷이 갈 수 있는지를 계산한다.



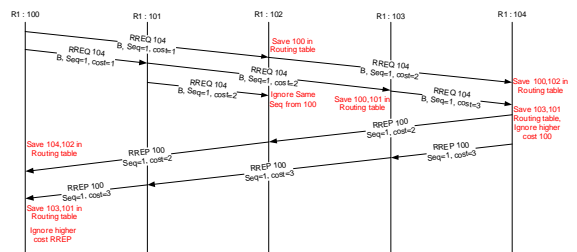
▶▶ 그림 6. Find 2 Hop Routing Path

AODV로 패킷을 찾기 전에 우선 근처 노드가 찾고자 하는 노드의 이웃인지를 검사한다. AODV 패킷을 한번 시작하면 많은 패킷이 발생되기 때문에 이러한 패킷량을 줄이기 위해서 2 hop 의 노드를 찾기 위함이다.

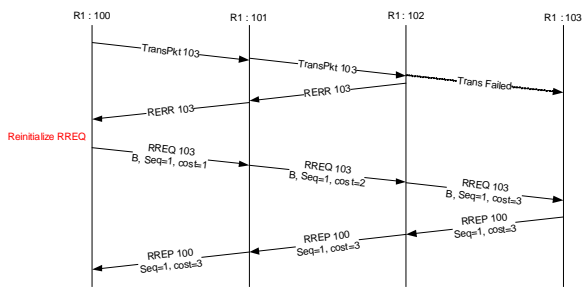
AODV Routing



▶▶ 그림7. RREQ Msg



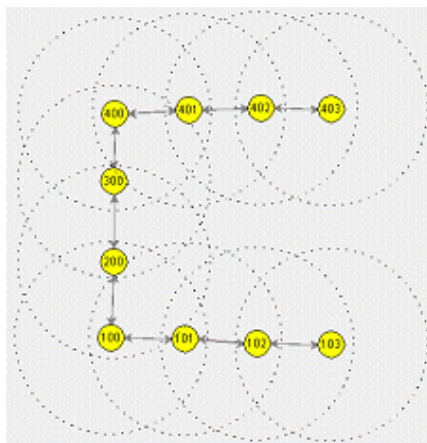
▶▶ 그림 8. Multi Path RREQ



▶▶ 그림 9. RRR

같은 층에서의 라우팅은 AODV방식을 이용한다. AODV는 [그림 7]과 같이RREQ Broadcast 메시지를 보내서 목적지까지 Routing Path를 만든다. 이를 이용하여 역으로 RREP메시지를 보내서 자신의 위치를 알려준다. RREP를 받으면 라우팅 테이블에 목적지와 그 다음 Path 노드를 추가를 하여 Packet를 전송을 한다. 만약 중간에 라우팅에 에러가 발생하면 RERR메시지를 보내서 에러가 발생한 Routing를 지우고 다시 RREQ를 보내서 Routing Table를 다시 생성한다.

V. 객실 관리 프로토콜의 실험 결과



▶▶ 그림 10. 103에서 403으로 패킷 전송

[그림 10]은 103에서 403으로 패킷을 보내는 시험을 캡처한 것이다. 103에서 100까지는 동적 라우팅으로 전송한 후 100에서 100까지는 층간 라우팅으로 전송된다. 400에서 403까지는 동적 라우팅에 의해 전송된다.

ID	DestPA	DestAddr	SrcPANID	SrcAddr	NWK_CMD	NWK_P	NWKE	NWK...	NWK End...	NEK
fff	0	100	0	fff	FIND_ROUTER...	fff	0	100	0	4
fff	0	100	0	fff	ACQV_RREQ	fff	0	100	0	5
fff	0	101	0	fff	ACQV_RREQ	fff	0	100	0	5
fff	0	102	0	fff	ACQV_RREQ	fff	0	100	0	5
102	0	103	0	100	ACQV_RREP	100	0	103	0	3
101	0	102	0	100	ACQV_RREP	100	0	103	0	3
100	0	101	0	100	ACQV_RREP	100	0	103	0	3
101	0	100	0	103	TRANSFKT	103	0	100	0	4
102	0	101	0	103	TRANSFKT	103	0	100	0	4
103	0	102	0	103	TRANSFKT	103	0	100	0	4
102	0	103	0	100	TRANSACK	100	0	103	0	4
101	0	102	0	100	TRANSACK	100	0	103	0	4
100	0	101	0	100	TRANSACK	100	0	103	0	4

▶▶ 그림 11. 100에서 103으로 패킷 전송

[그림 11]는 100에서 103으로 패킷을 전송할 때 패킷 분석 프로그램으로 캡처한 화면이다. 100에서 FIND_ROUTER 메시지를 발송해서 경로를 찾은 후 전송하고 있다. 층내 동적 라우팅 방식을 실험한 것이다.

VI. 결론 및 향후 연구과제

본 프로토콜은 각 장비마다 정적으로 주소를 할당할 후 원하는 위치에 설치할 수 있는 방식이다. 호실이 정해져 있는 건물 내부 기기 제어 등에 최적화 된 알고리즘이라 할 수 있다. 통신에서 효율성을 높이기 위해 층간 전송에서는 위치 기반 라우팅 방법을 사용하고 같은 층에서는 동적인 라우팅 방법을 사용하였다. 많은 노드간의 통신 실험에서 간결한 경로를 통한 효율적인 전송을 확인할 수 있었다.

정적인 주소할당 방식은 디바이스 수가 많아질수록 주소를 할당하고 설정하는 과정이 커져서 주소 할당이 또 하나의 작업이 된다. 이런 경우를 감안하여 정적인 주소할당과 동적인 주소할당을 접목한 프로토콜은 향후 연구해 볼만한 가치가 있을 것이다. 또한 실제 시스템에 적용하기 위해서는 저전력 구동을 염두에 둔 기반 보드 설계와 프로토콜 효율성 재고가 선행되어야 할 것이다.

■ 참고 문헌 ■

[1] 박재성 한국홈네트워크산업협회 대외협력팀 "지그비 기술 및 표준화 추진 동향" 2007.6 p5

-
- [2] KETI 전자부품연구원 "USN 개념 및 최근 동향 분석"
2005.1
- [3] ZigBee Alliance " ZigBee-2006 specification,
ZigBee document 064112" 2006
- [4] IEEE computer Society, "IEEE Std,
802.15.4-2003",2003. 10.
- [5] Zigbee Allinace, www.zigbee.org