
대형 건물 객실 관리를 위한 무선 프로토콜 설계 및 구현

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

정우정*, 최성철*, 정규석*, 김종현*, 류관희**

충북대학교 유비쿼터스바이오정보기술연구센터*, 충북대학교 컴퓨터교육과 및 정보산업공학과**

Woo-Jeong Jeong(wjjeong@cbnu.ac.kr)*, Sung-Chul Choi(spbrain@cbnu.ac.kr)*,

Kyu-Seuck Jeong(jeongku11@cbnu.ac.kr)*, Jong-Heon Kim(honey@cbnu.ac.kr)*,

Kwan-Hee Yoo(khyoo@cbnu.ac.kr)**

요약

무선 네트워크 환경에서 지그비(Zigbee) 프로토콜을 이용하여, 대형 건물에서 사용되는 다양한 전자기기를 원격에서 제어하고 모니터링 하기 위한 시스템 구축이 시도되고 있다. 하지만 지그비의 DAA의 어드레스 할당 방식이 깊이(Depth)에 제한이 있어 규모가 큰 건물에서는 네트워크를 구성할 수 없는 문제점을 갖고 있을 뿐만 아니라 지그비가 사용하는 AODV 라우팅 방식이 노드의 수가 많으면 방송(Broadcast)이 빈번하게 발생해서 방송폭주(Broadcast storm)의 문제를 일으켜 통신 장애가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하는 새로운 무선 프로토콜을 제안한다. 제안한 프로토콜은 고정 주소 할당 방식을 사용하여 깊이의 제한을 개선하였으며 층간의 패킷 이동에 정적 라우팅 방식을 고안하여 Broadcast시에 발생하는 문제점을 개선하였다. 또한 객실마다 독립된 PAN 망 구성을 통하여 전체 네트워크와 관계없이 내부 통신이 안정적으로 동작할 수 있도록 하였다. 특히, 본 논문에서는 제안한 무선 프로토콜을 구현하여 대형 건물에 설치된 기기 제어의 실제 적용을 통해 안정성과 실용성을 입증하였다.

■ 중심어 : | USN | WPAN | 무선 네트워크 | Zigbee | AODV |

Abstract

In wireless networks environment, there are attempts for constructing systems through which we can monitor and control various electronic devices used in large buildings at remoteness by using Zigbee protocol. Since address assignment method of DAA in Zigbee has a depth restriction, we cannot construct a network in large buildings. And also communication failures are frequent in a large network since broadcast storm can be occurred due to frequent broadcasts among a lot of nodes at AODV routing used in Zigbee. In order to solve these problems, in this paper, we propose a novel protocol which has improved the restriction of depth by using a fixed address assignment method, and has enhanced the broadcast occurrence by devising a static routing method to a packet movement between floors. Regardless of entire network, additionally, this was to enable internal communication reliably by composing an independent PAN. Specially, in this paper, we implemented the proposed wireless protocol and proved stability and practicality through experiment appliances of control of devices established in a large building.

■ keyword : | USN | WPAN | Wireless Network | Zigbee | AODV |

* 이 논문은 2009학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

접수번호 : #090924-003

심사완료일 : 2009년 10월 30일

접수일자 : 2009년 09월 24일

교신저자 : 류관희, e-mail : khyoo@cbnu.ac.kr

I. 서론

전자 및 정보 통신 기술의 발달로 대형 건물에서 사용되는 전자 기기의 수가 급속도로 증가하고 있다. 그래서 규모가 큰 건물에서 사용되는 모든 전자 기기를 사람이 직접 제어하는 것은 거의 불가능하다[1]. 이러한 환경에서 설치된 많은 기기들을 원격에서 제어하고 모니터링 하기 위해서는 네트워크를 구축하여 통신을 이용하는 방법이 필요하다[2]. 이를 위한 네트워크는 유선 혹은 무선으로 구축할 수 있다. 그러나 유선 네트워크를 구축할 때는 초기 설치비용이 많이 들고 확장이 어려운 단점이 있다. 특히 기존 건물에 유선네트워크를 구축할 경우 설치비용뿐만 아니라 설치 난이도 또한 문제가 되어, 무선 네트워크를 선호하고 있다[3].

특허출원, 기술 동향 분석에 따르면 다양한 무선 프로토콜 중에 지그비(Zigbee)가 홈 네트워크 분야에서 두각을 나타내고 있다[4]. 지그비 프로토콜은 다른 무선 네트워크, 예를 들어 블루투스, IrDA 등에 비해 저가이며 전력 소모가 적은 장점이 있어서 무선 홈 네트워크 분야에 적합하다고 평가 받고 있다[5]. 하지만 지그비 프로토콜을 이용하여 대형 건물 기기 제어 시스템에 적용할 때 크게 3가지 문제점을 가지고 있다. 첫째로 지그비의 주소 할당 방식 DAA(Distributed Address Assignment Mechanism)[6]는 깊이(Depth)에 제한이 있다. 특히 대형 건물은 음영지역이 많고 구조가 다양하기 때문에 실제로 지그비로 네트워크를 구성하려고 시도 했을 때 통신이 되지 않는 디바이스(device)가 생겨서 어려움을 겪는다. 두 번째로 지그비에서 사용하는 On-demand 방식의 AODV(The Ad hoc On Demand Distance Vector) 라우팅 프로토콜(Routing Protocol)은 플러딩(flooding) 방식을 사용하기 때문에 방송폭주(broadcast storm)와 같은 문제가 발생할 수 있다[7]. 세 번째로 지그비 네트워크는 하나의 PAN(Personal Area Network) 망으로 이루어지기 때문에 조정자에 장애가 발생하면 전체 네트워크에 영향을 준다[6].

본 논문에서는 IEEE 802.15.4 표준을 기반으로 대형 건물 객실 기기들을 원격 제어, 모니터링 하기 위한 새로운 무선 프로토콜을 제안하고자 한다. 제안한 프로토

콜은 기존 지그비 어드레싱(addressing)의 깊이 제한 문제를 해결하기 위해 고정 어드레스 할당 방식을 사용한다. 또한 지그비의 AODV 라우팅의 방송폭주 문제를 방지하기 위한 새로운 라우팅 방법을 제시한다. 그리고 지그비 네트워크와 다르게 개별 객실을 하나의 PAN 망으로 설정하여 전체 네트워크에 영향을 받지 않고 각 객실은 안정적인 통신을 할 수 있도록 프로토콜을 설계하였다. 특히, 본 논문에서는 제안한 프로토콜의 동작을 시험용 장비로 검증하고 시뮬레이션 프로그램(Simulation Program)을 이용하여 일반적인 AODV 라우팅 방법과 비교해 본 후, 실제 대형 건물의 원격 제어, 모니터링 시스템에 적용함으로써 무선 프로토콜의 성능 및 안정성을 입증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 관련 연구와 문제점을 살펴보고, III장에서는 객실 기기 제어 및 모니터링을 위해 새롭게 제안한 무선 프로토콜을 설명하며, IV장에서는 제안한 무선 프로토콜의 실험 환경 및 결과를 기술한다. 마지막 V장에서는 논문으로부터 얻어진 결과를 언급하고 향후 연구 과제를 제시한다.

II. 관련 연구

이번 장에서는 대형객실 건물관리를 위해 사용될 수 있는 무선 프로토콜인 IEEE 802.15.4와 지그비 프로토콜에 대해 설명하고 문제점에 대해 기술한다.

1. IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4는 물리 계층(PHY)과 미디어 액세스 컨트롤 계층(MAC)을 정의하는 표준으로서, 저속도 무선 개인 통신망(LR-WPANs)를 위한 표준 중 하나이다. IEEE 802.15 워킹 그룹이 관리하고 있다. IEEE 802.15.4는 Zigbee, WirelessHART, MiWi 표준의 기저 계층이 되었다. 특히, 내부 구조 없이도 가까운 거리에 있는 장치끼리 통신을 할 수 있는 점을 강조하였고 저 전력 소비까지 염두에 두었다. 기본 프레임워크는 10m 거리 내, 대략 250kbit/s 전송비율을 전제조건으로 하였다[8]. IEEE 802.15.4 표준의 주요 목적은 어드레싱과

네트워킹을 제공함으로써 고난이도의 무선 기술을 개발하지 않아도 응용을 개발 가능하도록 하는 것이다. 최근 홈오토메이션 분야에서 IEEE 802.15.4는 저렴한 가격과 부품의 집약화로 인해 많이 사용되고 있다[9].

2. 지그비 프로토콜

지그비 네트워크는 기본적으로 하나의 네트워크에 하나의 PAN망을 구성한다. 새로운 디바이스가 네트워크에 Join을 할 때 연계 과정을 거치게 되는데 이때 이전에 존재하는 디바이스로부터 새로운 사용 가능한 어드레스를 받아오게 된다. 이 때 어드레스는 트리 주소(Tree Address) 모델에 따라 상위 노드로부터 나눠진 어드레스 중 일부를 받는다. 이러한 Join 과정 중 어드레스를 자동으로 나누는 방법을 DAA라고 하며 주소 트리(Address Tree)는 조정자를 중심으로 깊이(Depth), 최대자식(Max Children) 수, 최대 라우터(Max Router) 수에 의해서 계층적으로 만들어 진다[6].

지그비의 어드레스 방식인 DAA는 쉽게 네트워크를 구성할 수 있으며 구성된 네트워크에서 라우팅할 때 계산식이 간단하여 트리 라우팅을 쉽게 구현 할 수 있는 장점이 있다. 그러나 DAA 방식은 [그림 1]에서 보는 것과 같이 전체 16bit 주소 영역을 블록화 하여 여러 라우터 노드들에게 일정한 분량만큼 나누어 주는 것으로 깊이가 늘어나면 그만큼 하위 노드들이 최대 라우터(Max Router) 수의 지수 승으로 증가하기 때문에 최대 깊이(Max Depth)가 줄어드는 문제가 생긴다.

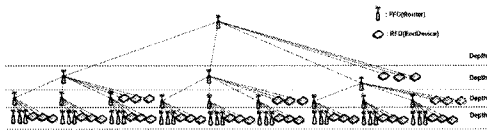


그림 1. 깊이의 증가와 노드 수 변화

이러한 방식을 사용할 경우, 노드 수가 적은 소규모 네트워크에서는 큰 상관이 없으나 대형 건물 객실 제어 위한 네트워크에서는 어드레스 할당이 불가능한 경우가 생길 수 있다. 대형 건물의 층수와 객실 수를 감안하면 깊이의 제한은 큰 걸림돌이 된다. 또한 유동적인

환경에서 위의 매개변수(최대 깊이, 최대 자식, 최대 라우터)를 적절히 지정하는데 어려움이 있다. 그리고 최대 라우터 수가 정해져 있기 때문에 주변에 라우터가 없거나 혹은 있더라도 최대 자식 수만큼 자식 노드가 가득 차 있을 경우 새로운 노드가 접속하지 못하는 문제가 발생을 한다[10]. 이러한 문제로 인하여 중간에 리셋에 의한 재접속이라든지 Orphan 상황처럼 노드가 고립이 되거나 잠시 통신이 되지 않는 상황이 발생하였을 경우에 네트워크 복구가 힘들다[11].

플러딩은 패킷을 수신한 노드가 자신의 모든 이웃 노드에게 패킷을 전송하는 기법으로 MANET(mobility ad hoc network)에서 경로 탐색에 사용되는 가장 간단한 기법이다. 하지만 무선 네트워크에서 플러딩을 수행하였을 경우 중첩되는 전파 범위로 인하여 동일한 패킷의 중복 수신이 불가피하다. 이러한 중복 패킷의 과도한 송수신은 노드 상호간의 무선 매체 점유를 위한 경쟁과 그로 인한 패킷 충돌을 유발시키는 원인이 된다 [7].

III. 객실 기기 제어 및 모니터링에 적합한 프로토콜 제안

이런 장에서는 무선 네트워크 환경에서 정적으로 주소를 할당하여 지그비 어드레스의 깊이가 제한 문제를 개선하고, 각 객실이 새로운 PAN망을 형성하도록 하는 새로운 무선 프로토콜을 제안한다. 제안한 무선 프로토콜에서는 AODV 라우팅에서 발생하는 방송 폭주 문제를 줄이기 위해서 층간의 패킷 이동은 방향성을 갖도록 하였으며, 층 내에서만 제한적으로 RREQ 메시지를 플러딩하도록 하였다. 또한 2 홉(hop) 안에 있는 노드는 Find Route Request 메시지를 통해 Broadcast 없이 찾을 수 있도록 하여 Broadcast 발생을 줄일 수 있도록 하였다.

1. 네트워크 구성 요소 및 어드레스

네트워크 구성 요소는 Base Station, Cluster Head, Cluster End 3가지로 나뉜다.

- (1) Base Station: 네트워크의 중심이 되는 노드이며 중앙 제어 컴퓨터와 연결되는 노드이다. 하나의 네트워크에 하나만 존재 한다.
- (2) Cluster Head: 작은 네트워크 그룹의 중심이 되며 라우팅 기능을 수행한다. 여러 개의 End Device를 관리할 수 있으며 End Device로부터 받은 패킷(Packet)을 처리하거나 다른 그룹으로 전송하는 역할을 한다.
- (3) Cluster End: 작은 네트워크 그룹에서 센서 제어를 담당한다. 통신은 같은 네트워크의 Cluster Head 사이에서만 이루어진다.

디바이스의 어드레스 설정은 건물 번호, PAN ID, End Address 세 가지이다. 건물 번호는 설치되는 건물마다 각각 다르게 설정 하고, 옆 건물 간의 간섭, 어드레스 충돌 또는 라우터간의 통신 충돌 등을 방지하기 위해서 PAN ID는 객실마다 부여한 식별자를 설정한다. End Address는 각 PAN망 내에서 통신할 때 사용되는 어드레스로 Cluster Head는 항상 0이며 Cluster End는 0x0001부터 0xffff까지 16bit영역을 어드레스로 사용한다. 라우팅을 위해서 PAN ID는 [그림 2]와 같이 상위 8bit는 층간 정적 라우팅에 사용되는 영역이고 하위 8bit는 층내 동적 라우팅을 위해 사용되는 어드레스이다.

층 주소 8bit(0~255)	층내 주소 8bit(0~255)
---------------------	----------------------

그림 2. PAN ID 어드레스 구성

2. 객실 관리 프로토콜의 위상(Topology)

각 객실마다 Cluster Head가 있고 Cluster Head들은 그물(mesh) 형식의 네트워크를 구성하여 통신한다. 각 Cluster 안에 Cluster End가 있다면 [그림 3]과 같이 별 모양 형식의 네트워크를 구성하여 Cluster Head와 통신한다. 이때 Cluster End들은 Cluster Head의 PAN ID를 같이 사용하여 PAN망 내의 통신에 이용한다.

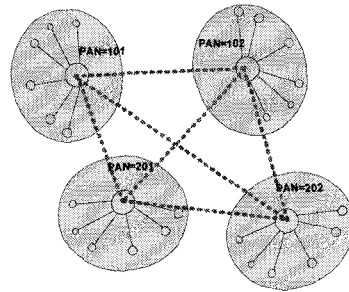


그림 3. 객실 관리 프로토콜 PAN망 내의 통신

라우팅 방법은 다음과 같다. 건물에서 각 객실의 Cluster Head와 Base Station간의 통신은 그물 라우팅에 의해서 이루어진다. 층간 라우팅은 그 어드레스에 대한 정적 라우팅(Static Routing) 방법으로 이루어진다. 예를 들어 1층에서 4층으로 전달할 경우 1층의 객실 101호에서 시작하면 [그림 4]와 같이 101호의 이웃(neighborhood)인 201호나 혹은 202호 중 LQI가 높은 쪽으로 전달한다. 이런 방식으로 4층까지 층간 어드레스 계산에 의해서 가장 가까운 곳 우선순위와 LQI가 큰 쪽으로 라우팅 한다. 층 내 라우팅은 AODV나 혹은 2홉 라우팅 방식으로 라우팅 한다.

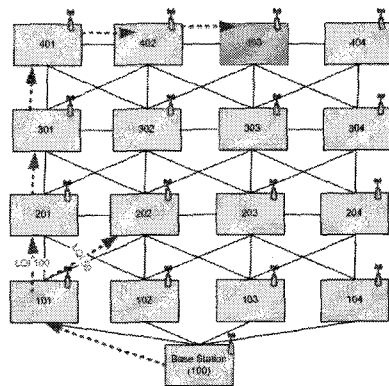


그림 4. Base Station과 객실 간의 통신

3. 객실 관리 프로토콜의 신호흐름(Signal Flow)

프로토콜의 동작은 Join 과정을 통해 네트워크를 구축한 이후에 필요한 정보를 Trans Pkt를 이용하여 전송한다. Join 과정은 Cluster Head 디바이스에서 다음

과 같은 신호흐름으로 처리된다.

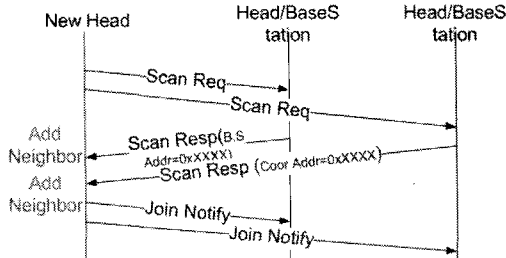


그림 5. Cluster Head에서의 Join 과정

[그림 5]와 같이 Cluster Head인 경우에 전원이 켜지면 Scan Req를 Broadcast로 보내서 주위에 다른 Cluster Head나 Base Station의 정보를 수집한다. 만약 응답이 없으면 위의 과정을 일정시간 간격으로 반복한다. 이웃 노드의 정보를 얻어 오면 Cluster Head는 Join이 성공한 상태로 되고 이후에 다른 노드가 Scan Req를 보내면 Scan Resp로 응답한다. Join 과정에서 이웃에 다른 Cluster Head의 정보를 저장한 후 패킷 전송 때 활용한다. Cluster End는 해당되는 PAN ID의 Cluster Head로 접속을 시도하며 Join이 실패하면 계속 재시도 한다. Cluster End는 Cluster Head에 접속하여 독립적인 별 모양 망을 형성한다.

Join 과정이 끝난 후 패킷을 전송할 때 [그림 6]과 같이 다른 층으로 패킷을 전송하는 경우 이웃 테이블을 참고하여 목적지가 있는 층으로 패킷을 보낸다. RREQ의 Broadcast를 줄이기 위해서 고안한 층간 정적 라우팅 방법이다. 정적 라우팅이 가능하기 위해서는 층간 통신은 반드시 이루어져야 하는 전제 조건이 있다. 실제 건물에 설치할 때 층간 통신이 이루어지지 않는다면 창가나 복도에 라우팅을 위한 노드를 추가해서 층간의 라우팅을 가능하게 할 수 있다. 대형 건물에서 저층에서 고층으로 패킷을 전송할 때 AODV 라우팅을 사용하면 Broadcast storm으로 통신 장애가 생길 수 있다. 하지만 정적 라우팅을 이용하면 Broadcast로 인한 통신 장애가 발생할 가능성이 훨씬 낮아진다.

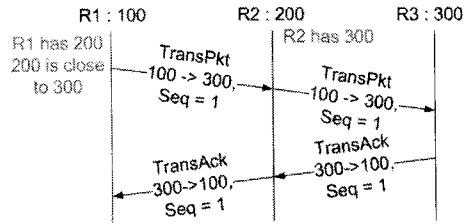


그림 6. 층간 정적 라우팅 과정

[그림 7]은 RREQ로 패킷을 찾기 전에 이웃 노드가 찾고자 하는 노드의 이웃인지 Find Route Request 명령을 이용하여 찾는 과정을 나타내고 있다. RREQ 패킷을 전송하면 Broadcast로 인해 많은 패킷이 발생되기 때문에 패킷량을 줄이기 위해서 2 홉의 노드를 찾을 필요가 있다. 디바이스의 무선 전송 범위가 여러 개의 객실을 포함할 정도로 넓다면 2 홉 라우팅 방법으로 대부분의 패킷 전송이 이루어지기 때문에 RREQ로 인한 Broadcast를 줄일 수 있다.

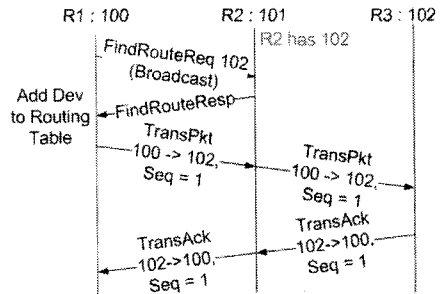


그림 7. 2홉 라우팅 경로 찾는 과정

IV. 제안한 무선 프로토콜의 실험 결과

1. 테스트 보드를 통한 실험

Atmega128과 CC2420을 이용하여 개발한 시험판에서 객실 제어 프로토콜을 구현한 디바이스를 이용하여 실험하였다. [그림 8]은 프로토콜을 실험하기 위한 시험판이고, [그림 9]는 디바이스 100 호에서 403호로 패킷을 전송한 경우이다. 층간에는 정적 라우팅을 통해 전송 되었고 4층에서는 층간 동적 라우팅을 통해 전송 된다. 그리고 [그림 10]는 100호에서 403호까지 층간 라

우팅의 패킷을 보여준다.

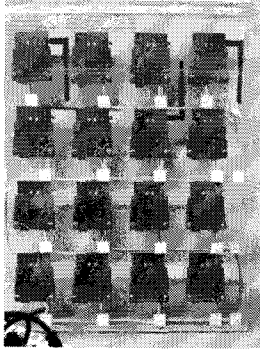


그림 8. 시험 판

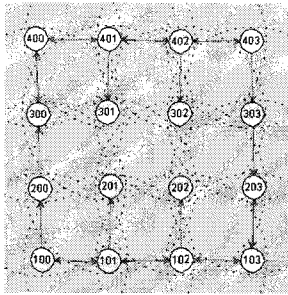


그림 9. 100에서 403으로 패킷 전송

이	PSReq	ReqPA	SeqNo	RxPA	SeqAck	TSR	CMD	KNK	MMK	MVK	MMK	CHK	TEL
497	5	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
500	5	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
501	5	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
502	4	100	0	100	0	FINC_ROUTERREQ	0	403	0	100	0	17	0
503	5	100	0	100	0	FINC_ROUTERREQ	0	403	0	100	0	17	0
504	5	100	0	100	0	FINC_ROUTERREQ	0	403	0	100	0	17	0
505	2	100	0	100	0	AODV_REQ	0	403	0	100	0	17	0
506	2	100	0	100	0	AODV_REQ	0	403	0	100	0	17	0
507	10	100	0	100	0	AODV_REQ	0	403	0	100	0	17	0
508	10	100	0	100	0	AODV_REQ	0	403	0	100	0	17	0
509	13	100	0	100	0	AODV_REQ	0	403	0	100	0	17	0
510	11	100	0	100	0	AODV_REQ	0	403	0	100	0	17	0
511	11	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
512	11	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
513	12	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
514	11	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
515	11	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
516	11	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
517	11	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
518	12	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
519	11	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
520	12	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
521	12	100	0	100	0	TRANSPRT	403	0	100	0	17	0	
522	13	100	0	100	0	FINC_ROUTERREQ	0	103	0	100	0	17	0
523	13	100	0	100	0	FINC_ROUTERREQ	0	103	0	100	0	17	0
524	13	100	0	100	0	FINC_ROUTERREQ	0	103	0	100	0	17	0
525	13	100	0	100	0	FINC_ROUTERREQ	0	103	0	100	0	17	0
526	13	100	0	100	0	FINC_ROUTERREQ	0	103	0	100	0	17	0
527	11	100	0	100	0	AODV_REQ	0	103	0	100	0	17	0
528	11	100	0	100	0	AODV_REQ	0	103	0	100	0	17	0
529	11	100	0	100	0	AODV_REQ	0	103	0	100	0	17	0
530	10	100	0	100	0	AODV_REQ	0	103	0	100	0	17	0
531	10	100	0	100	0	AODV_REQ	0	103	0	100	0	17	0
532	10	100	0	100	0	AODV_REQ	0	103	0	100	0	17	0
533	10	100	0	100	0	AODV_REQ	0	103	0	100	0	17	0
534	10	100	0	100	0	AODV_REQ	0	103	0	100	0	17	0
535	10	100	0	100	0	AODV_REQ	0	103	0	100	0	17	0

그림 10. 100에서 403으로 패킷 전송 과정

2. 시뮬레이션을 이용한 성능 실험

객실 관리 프로그램에서 사용한 층 간 정적 라우팅 방법이 기존의 AODV 라우팅 방법에 비해 얼마만큼 효율적인지 시뮬레이션 프로그램을 통해 비교 시험하였

다. 시뮬레이션은 무선 통신의 PHY 부분과 MAC 일부를 대신하여 점대점 통신을 컴퓨터로 시험할 수 있도록 만든 것이다. 무선 통신에서 PAN ID를 통한 전송 및 Broadcast를 지원하여 노드의 RF 전송 범위를 GUI(Graphical User Interface)를 통하여 쉽게 조절할 수 있고 노드의 위치를 지정할 수 있다. GUI는 JAVA 프로그래밍 언어를 통해 개발하였다. 개발된 시뮬레이션 프로그램은 [그림 11]과 같이 각 클라이언트/서버 구조로 되어 있으며 서버는 UDP(User Datagram Protocol)를 이용하여 무선 통신을 시뮬레이션 한다. 각각의 클라이언트는 독립적으로 하나의 노드 역할을 한다.

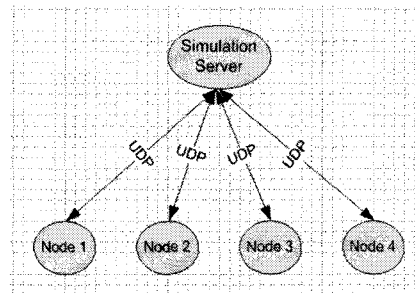


그림 11. 시뮬레이션 프로그램

시뮬레이션 프로그램을 이용하여 AODV 방식으로 라우팅할 때 네트워크에 발생하는 패킷 수와 객실 관리 프로토콜을 이용했을 때 발생하는 패킷 수를 비교하였다. 한 층에 6개의 객실이 있다고 가정하고 노드가 층간에는 1홉, 층 내에는 2홉의 무선 통신이 가능하다고 가정하였다. 1층부터 7층까지 층수가 늘어날 때 노드의 위치 및 패킷의 이동 모습을 시뮬레이션 하였다. [그림 12]는 49개 노드가 모두 AODV방식으로 라우팅 할 때 100에서 시작하여 가장 먼 166 노드까지 패킷이 전송되는 경로를 시뮬레이션 하였고 [그림 13]은 객실 관리 프로토콜 라우팅 방식으로 100에서 시작하여 가장 먼 706 노드까지 패킷이 전송되는 경로를 시뮬레이션 하였다. 객실 관리 프로토콜은 층간 라우팅이 정적으로 이루어져서 목적지 노드와 다른 층에 있는 노드들은 Broadcast를 발생시키지 않은 것을 확인할 수 있다.

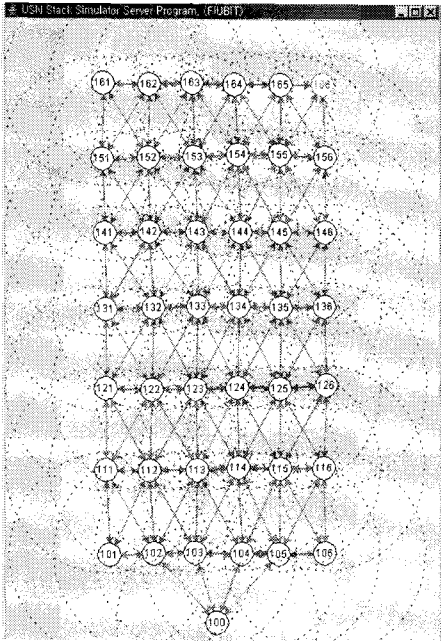


그림 12. 시뮬레이션 (AODV 방식)

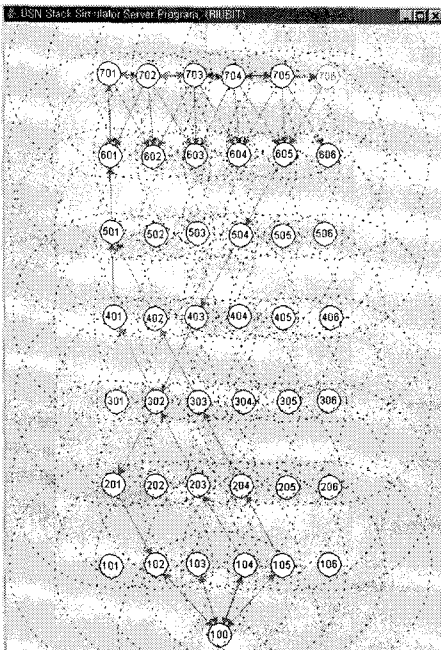


그림 13. 시뮬레이션 (객실 관리 프로토콜)

층수를 1층에서 7층까지 증가 시켜서 각 층의 끝에 해당하는 노드에 패킷을 전송할 때 시뮬레이션 프로그램

램에 발생한 패킷의 수를 비교하면 [표 1]과 같다.

표 1. 층수에 따른 패킷수 비교

	AODV 라우팅	객실 관리 라우팅
1층	14	14
2층	20	20
3층	31	26
4층	43	29
5층	58	35
6층	66	42
7층	81	47

[그림 14]는 1층에 있는 노드에서 각 층에 있는 노드로 패킷을 전송할 때 발생하는 패킷의 수를 AODV 라우팅 방식을 사용할 때와 객실 관리 프로토콜을 사용할 때를 비교한 것이다. AODV 라우팅 방식에서는 층수가 늘어나면 RREQ를 발송하여 찾아야 하는 노드의 범위가 한 층의 객실 수만큼 증가하기 때문에 패킷수가 급격히 증가한다. 하지만 객실 관리 프로토콜에서는 층간 라우팅을 이용하여 목적지가 있는 층까지는 RREQ를 발송하지 않고 전송한 후 목적지 층 내에서만 RREQ를 발송하기 때문에 패킷수의 증가가 완만하다. 그리고 패킷 비율을 살펴보면 [그림 15]처럼 AODV 라우팅에서는 층수가 증가할수록 경로 설정에 사용되는 RREQ나 RREP 패킷이 차지하는 비중이 계속 증가하여 패킷의 효율성이 떨어지는 것을 알 수 있다. 객실 관리 프로토콜에서는 [그림 16]과 같이 층수가 증가하여도 경로 설정에 사용되는 패킷과 실제 정보를 전송하기 위한 패킷의 비율이 거의 일정한 것을 알 수 있다. 또한 시뮬레이션 프로그램에서는 Broadcast 메시지와 Broadcast가 아닌 메시지를 똑같이 1개의 패킷으로 가정하여 통계를 얻었지만 실제 무선 통신에서 Broadcast가 끼치는 영향을 생각한다면 층간 정적 라우팅의 효율성은 그래프의 수치보다 더욱 뛰어나다고 볼 수 있다.

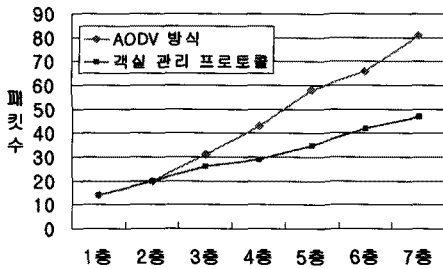


그림 14. 1층에서 각 층에 있는 노드로 패킷을 전송할 때 발생하는 패킷 수 비교 그래프

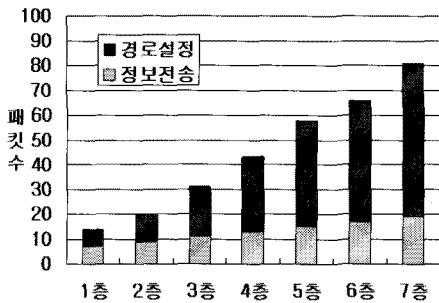


그림 15. 층수에 따른 AODV라우팅 패킷 비율

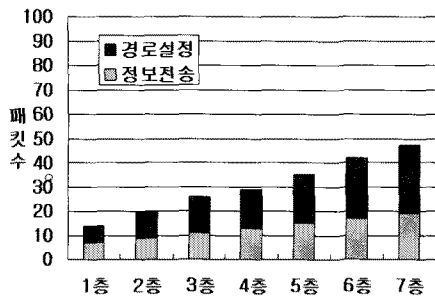


그림 16. 층수에 따른 객실 관리 프로토콜 패킷 비율

3. 실증 시험

3.1 호텔 객실 관리 네트워크 시스템 구축

본 연구에서는 객실 관리 무선 프로토콜을 이용하여 실제 호텔 객실 관리 네트워크 시스템을 구축하였다. 각 객실마다 하나씩 배치된 라이터 테이블은 객실 내의 전자 기기, 예를 들어 전등, 도어, 키택 등의 장비를 제어하고 상태를 표시하는 장치이다. 라이터 테이블은

Cluster Head와 연동되고 객실 내의 전자 기기는 Cluster End와 연동되어 동작한다. 호텔의 로비에 배치되어 있는 중앙 관제용 PC는 Base Station과 연동되어 동작하며 각 객실의 기기 상태를 모니터링 하고 제어할 수 있다.

3.2 망 구성도

[그림 17]에서 보는 것과 같이 Base Station과 RS232로 통신하는 중앙 관제용 PC를 통해 각 방에 설치된 Cluster Head로부터 받은 상태를 모니터링하고 원격 제어를 수행한다.

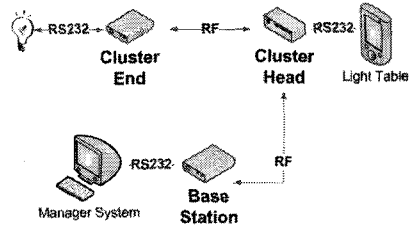


그림 17. 호텔 객실 관리 시스템 네트워크 구조

3.3 설치 및 운영 상황

본 논문에서 제시된 시스템은 현재 제주도 서귀포시 서귀동 제주크리스탈 호텔에 2008년 6월에 설치하여 현재까지 운영 중이다. 6층 건물 73개 객실에 [표 2]와 같이 총 370개의 노드가 설치되었다.

표 2. 디바이스별 설치 현황

	설치 개수	연동 기기
Base Station	1	중앙 관제 PC
Cluster Head	73	라이터 테이블
Cluster End	296	전등, 키택, 도어, 리모컨

각 객실의 전등 On/Off 상태, 도어의 개폐 상태, 키택 홀더에 키택의 유무와 종류, 리모컨의 배터리 잔량 등을 로비에 있는 중앙 관제 PC에서 확인할 수 있다. 객실 내에서 리모컨을 이용하여 전등을 제어할 때 객실 관리 프로토콜의 PAN망 내 통신을 이용한다. 중앙 관제 PC에서는 모니터링뿐만 아니라 객실의 전등을 끄고 켜는 원격 제어 기능을 사용 중이다.

V. 결론

대형 건물 내에서 사용하는 전등, 에어컨, 리모컨, 도어락 등 많은 전자 기기를 원격으로 제어, 모니터링 하려는 요구가 많았다. 처음에 지그비 프로토콜을 이용하여 네트워크를 구성하려고 여러 번 시도하였지만 DAA의 어드레스 할당 방식은 Depth에 한계가 있어서 원하는 건물에 네트워크를 구성할 수 없었다. 하나의 건물을 두 개의 지그비 네트워크로 구성하는 등 차선책을 사용하였지만 AODV 라우팅의 Broadcast storm으로 통신에 장애가 발생하여 안정적인 통신을 할 수 없었다. 그래서 본 논문에서는 여러 개의 객실이 있는 대형 건물의 기기 제어, 모니터링에 최적화 된 프로토콜을 설계하였다. 새로운 프로토콜은 고정 주소 할당 방식을 사용하여 Depth의 제한을 개선하였으며 패킷 전송에 있어서 중간 정적 라우팅 방법을 사용하여 Broadcast의 발생을 줄였다. 또한 객실마다 독립된 PAN망을 구성하여 객실 내부 통신은 전체 네트워크의 영향을 받지 않도록 하였다. 시뮬레이션을 통해 라우팅 중에 발생하는 패킷 수가 줄어들었음을 확인하였고 실증 시험을 통해 안정성을 테스트해보았다.

새로운 프로토콜은 성능과 안정성은 확보할 수 있었지만 초기 설치 단계에 기기마다 고정 어드레스를 설정하는 작업의 번거로움이 있었다. 또 사용하던 디바이스가 고장 나면 교체할 때마다 디바이스에 맞는 고정 어드레스를 설정해야 하기 때문에 유지, 관리 측면에서는 동적인 어드레스 할당보다 불편이 따른다. 이런 점을 감안하여 정적인 주소 할당과 동적인 주소 할당을 접목한 프로토콜은 향후 연구해 볼만한 가치가 있을 것이다. 또한 배터리로 동작이 가능하도록 저전력 구동을 염두에 둔 기반 보드 설계와 프로토콜 효율성 재고가 남겨진 과제이다.

[2] 김창환, *유선 홈 네트워크 기술 동향*, 전자부품연구원 전자정보센터, 2003.

[3] N. Kokkos, A. Floros, N. Tatlas, and J. Mourjopoulos, "A paradigm for wireless digital audio home entertainment. Audio Engineering," Society 120th Convention, Paris, 2006(5).

[4] 조인영, *Zigbee를 이용한 자동제어 시스템 개발 동향*, 대한설비공학회, 2006.

[5] 박재성, *지그비 기술 및 표준화 추진 동향*, 한국 홈네트워크산업협회 대외협력팀, 2007.

[6] *ZigBee-2006 specification, ZigBee document 064112*, ZigBee Alliance, 2006.

[7] Y. C. Tseng, S. Y. Ni, Y. S. Chen, and J. P. Sheu, "The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network," *ACM/Kluwer Wireless Networks*, Vol.8, pp.153-167, 2002(3).

[8] *Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*, IEEE Std.802.15.4, 2003.

[9] E. Callaway, P. Gorday, L. Hesiter, J. A. Gutierrez, M. Naeve, B. Heile, and V. Bahl, "Home networking with IEEE 802.15.4: a developing standard for low-rate wireless personal area networks," *IEEE Communications Magazine*, Vol.40, Issue.8, pp.70-77, 2002(8).

[10] Y. C. Wong, J. T. Wang, N. H. Chang, H. H. Liu, and C. C. Tseng, "Hybrid Address Configuration for Tree-based Wireless Sensor Networks," *IEEE Communications Letters*, Vol.12, No.2, pp.414-416, 2008.

[11] M. S. Pan and Y. C. Tseng, *The Orphan Problem in Zigbee-based Wireless Sensor Networks*, ACM, 2007.

참 고 문 헌

[1] 이운철, *최근의 홈 네트워크 기술동향 및 시장 전망*, ETRI IT 정보센터, 2003.

저자 소개

정우정(Woo-Jeong Jeong) 준회원



- 2007년 2월 : 연세대학교 기계 전자공학부 졸업(공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오정보기술 연구센터 주임연구원, 충북대학교 정보산업공학과(석사과정)

<관심분야> : USN, WSN, Adhoc, VoIP

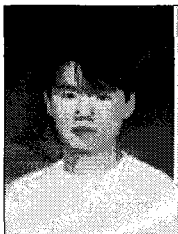
최성철(Sung-Chul Choi) 준회원



- 2006년 2월 : 경북대학교 전자전 기컴퓨터학부(공학사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오정보기술 연구센터 선임연구원, 충북대학교 전파공학과(석사과정)

<관심분야> : USN, WSN, Adhoc, VoIP

정규석(Kyu-Seuck Jeong) 정회원



- 2003년 2월 : 충북대학교(정보통신공학)
- 2003년 4월 ~ 2006년 9월 : 하이드스(LCD 제조 업체) 재직, MES 시스템 담당
- 2006년 10월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 선임연구원

- 2008년 2월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사 과정(데이터베이스 & 네트워크)

<관심분야> : 데이터베이스, 무선 통신

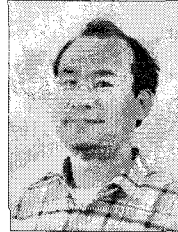
김종헌(Jong-Heon Kim) 정회원



- 1997년 2월 : 충북대학교 전파공학과(공학사)
- 1999년 2월 : 충북대학교 대학원 전파공학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 충북대학교 대학원 전파공학과 박사 수료
- 2005년 1월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 책임연구원

<관심분야> : USN, 무선통신 시스템 , VoIP, DSP

류관희(Kwan-Hee Yoo) 종신회원



- 1985년 : 전북대학교 전산통계학과 졸업(이학사)
- 1988년 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
- 1995년 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)

• 1988년 ~ 1997년 : (주)데이콤 종합연구소 선임연구원

• 1997년 ~ 현재 : 충북대학교 정보산업공학과 및 컴퓨터교육과 교수

• 2003년 ~ 2005년 : 카네기멜론대학교 로보틱스 연구소 방문교수

<관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, 계산 기하학, 덴탈 및 메디칼 로보틱스 시스템