

ZigBee 이용 다자간 명함 교환을 위한 효율적 스케줄링 기법

Novel scheduling method for business card exchange with multi users using ZigBee

이준구* · 임명섭*

Jun-Gu Lee and Myoung-Seob Lim

요약

근거리 소출력 무선통신이 가능한 ZigBee 기술을 이용하여 다자간 자동 명함 교환 시스템을 구성하였다. 모든 노드끼리 교대로 정보를 교환하는 full mesh network의 특성을 갖는 다자간 자동 명함 교환 시스템에서 정보교환에 소요되는 시간을 줄이는 것이 필요하다. 본 논문에서는 먼저 CSMA/CA 방식으로 주고받아 저장된 노드들의 주소 정보를 방송 후 각 노드들은 FIFO에 기반한 노드 순서에 따라 명함정보를 순차적으로 다른 노드들에게 방송한 방법을 제안하였다. 제안한 방식의 소모 시간을 분석하고 CSMA/CA 방식으로 직접 정보를 주고받는 방식과 비교하여, 노드 수와 정보량이 증가함에 따라 제안한 방식의 시간 소모가 직접 정보를 주고받는 방식보다 적음을 알 수 있었다.

Abstract

Autonomous business card exchange system using ZigBee with low power and short range was configured. In the autonomous business card exchange system characterized as full mesh network in which every node exchanges each information one by one, it is necessary to reduce the time taken for information to be exchanged. In this paper, the novel method where the node ID is exchanged based on CSMA/CA and then the information of each node is broadcast to other nodes according to the ID list based on FIFO. The time required for exchanging information using the proposed method was analyzed and compared with the direct exchange method based on CSMA/CA. The results show that it takes less time in the proposed method than the direct exchange time.

Keywords : Wireless autonomous business card exchange system, ZigBee, Collision probability, Full mesh network

I. 서론

무선 통신은 유선 통신으로 불가능하거나 위성통신이나 높은 산을 지나는 중계 통신환경에서 통신 시설을 짓는데 있어 비용이 많이 들거나 불가능할 때 쓰일 수 있는 대체 통신기술이다.

무선 LAN이나 휴대폰 통신은 편리한 이동성 때문에 언제, 어디서나 누구와 통신이 가능하다. 이런 시스템은 공용 통신 인프라 구조시설의 설치에 따른 비용이나 통신 시설의 사용에 따른 사용료 징수가 요구된다.

최근 유비쿼터스 사회나 개인 무선통신 영역에 있어 낮은 파워 소모를 이점으로 갖는 근거리 통신인 ZigBee나

Bluetooth, UWB가 사용되고 있다. 이런 기술들은 USN(Ubiquitous Sensor Network) 영역이나 휴대용 무선 단말 통신기 등의 응용으로 많이 사용되고 있으며 점차 그 영역을 확대하고 있다. 휴대용 단말기에 있어 개인정보를 교환할 수 있는 응용 중의 하나가 전자명함 교환이다. 이런 전자명함 교환 응용은 휴대용 Mobile phone에 내장되는 killer application으로 여겨진다. 전자명함 교환은 회의 장소 등에서 받은 종이명함을 일일이 정렬시 겪는 불편함을 해결할 수 있으며, 명함 정보 갱신과 같은 작업을 손쉽게 할 수 있는 장점을 지니고 있다. 본 논문에서는 많은 사람들이 있는 회의장이나 모임에서 무선방식을 통해 자동으로 명함을 교환하는 시스템 및 방법을 제안하였다. 단말기의 무선 통신으로는 ZigBee가 사용되었으며 네트워크 구성은 Full mesh로 이루어진다. 한사람씩 개인 명함을 교환할 때는 Full mesh 네트워크 환경에서 IEEE802.15.4

* 전북대학교 전자공학과

논문 번호 : 2008-1-1

접수 일자 : 2008. 1. 28

심사 완료 : 2008. 4. 11

CSMA/CA에 기반하여 서로간의 충돌이 발생하게 되며, 이런 충돌은 시간 지연을 생기게 한다. CSMA/CA에 기반한 정보 전송 대신에 새로이 자동적 스케줄링 기법을 통한 명함전송을 제안하였다. 각각 노드의 주소를 획득한 후 수신된 노드의 주소에 따라 명함정보 순서가 정해지며, 명함정보 전송순서를 전송하여 모든 노드가 알게 함으로써 충돌 없이 자동적으로 명함 교환이 가능하게 된다. CAMS/CA에 기반하여 충돌이 있는 환경에서의 명함 정보 전송과 제안한 자동적 스케줄링에 의한 명함정보 전송시의 소비시간을 비교 분석하였다.

II. 자동 전자명함 교환기의 구성

ZigBee는 적은양의 데이터로 적은 파워소모와 넓은 통신영역을 가지도록 디자인된 기술이다. 자동적 전자명함 전송 단말기의 무선 통신으로서 ZigBee를 사용하였다. ZigBee는 IEEE 802.15.4을 기반으로 ISM 밴드에서 사용가능하고 2.4GHz 영역에서는 16채널을, 915MHz 영역에서는 10채널, 868MHz에서는 1채널을 사용한다. ZigBee의 최대 통신 속도는 2.4GHz에서는 250kbps, 915MHz에서는 40kbps, 868MHz에서는 20kbps를 갖는다. 868MHz와 915MHz 에서는 BPSK(Binary Phase Shift Keying), 2.4GHz에서는 O-OPSK(Offset-Quadrature Phase Shift Keying)를 사용하며, DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)방식을 사용하여 무선 간섭을 줄인다.

IEEE 802.15.4 의 PHY는 받은 신호크기 측정, Link quality indication, clear channel assessment를 지원한다. 채널 접근에 있어서 경쟁기반과 비경쟁기반이 모두 지원되며 최대 128바이트 크기의 Payload를 가지고 64bit IEEE 주소나 16bit short 주소를 사용할 수 있다. 하나의 네트워크에서 연결 가능한 노드의 수는 65000정도이며 1홉 이내에 연결 가능한 노드수는 255개가 된다. 또한 IEEE802.15.4 MAC은 네트워크에 참여나 이탈을 가능하게 하고 선택적으로 시간동기를 위한 비컨 가용 Superframe 구조를 채택할 수 있으며 채널의 우선 접근을 위한 GTS(Guaranteed Time Slot) 매커니즘을 사용할 수 있다. 채널 접근으로 인한 충돌을 피하기 위해 CSMA-CA(Carrier Sense Multiple Access-Collision Avoidance)알고리즘을 사용한다.

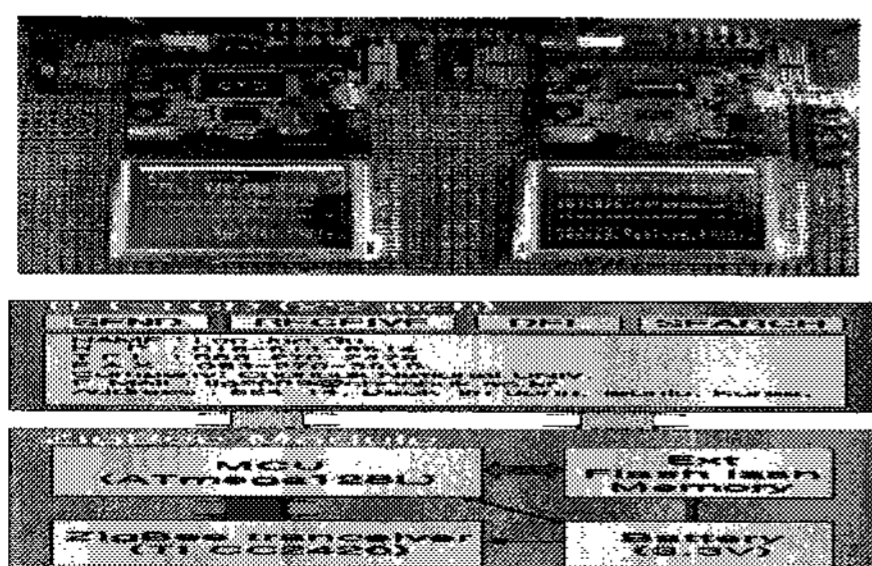


그림 1. 전자명함 교환 단말기 구성도 및 블럭도
Fig.1. Block diagram and Configuration of wireless business card exchange terminal

전자명함 교환 단말기는 ZigBee Module 부와 TFT-LCD 부로 구성되며 ZigBee Module 부의 MCU는 8비트 마이크로프로세서로서 TI CC2420칩과 SPI통신으로 연결되어 데이터를 주고 받는다. 외부 플래시메모리(Extra Flash Memory)는 명함정보를 저장하는 기능을 한다.

TFT-LCD는 2.2 인치로서 ZigBee 모듈과 연결되어 외부 플래시 메모리에 저장된 명함 정보나 자신의 명함정보를 표시한다. 명함 정보는 이름, 핸드폰번호, 전화번호, FAX번호, E-mail, 회사이름, 주소로서 구성되며 ZigBee는 한번에 전송 가능한 Payload 최대 패킷이 2^7 인 128바이트 이므로 최대 데이터정보 패킷크기를 105바이트로 하여 첫 번째 전송시는 이름, 핸드폰번호, 전화번호, FAX번호, E-mail이 전송되고 두 번째 전송시는 회사이름과 주소가 전송된다. 전자명함 교환 단말기는 TinyOS 초소형 운영체제가 사용되며 NesC로 코딩된 언어로 소프트웨어가 구성되었다. UART 통신을 이용하여 컴퓨터와 연결하여 전송된 데이터를 확인하거나 버튼의 역할(입의동작수행)을 하여 LCD에 명함 정보를 표시하거나 데이터 전송 동작 행위를 할 수 있는 스위치로 사용된다. 그림1은 실제 구성한 ZigBee기반 다자간 자동 전자명함 교환을 위한 데모 시스템 및 블럭도이다.

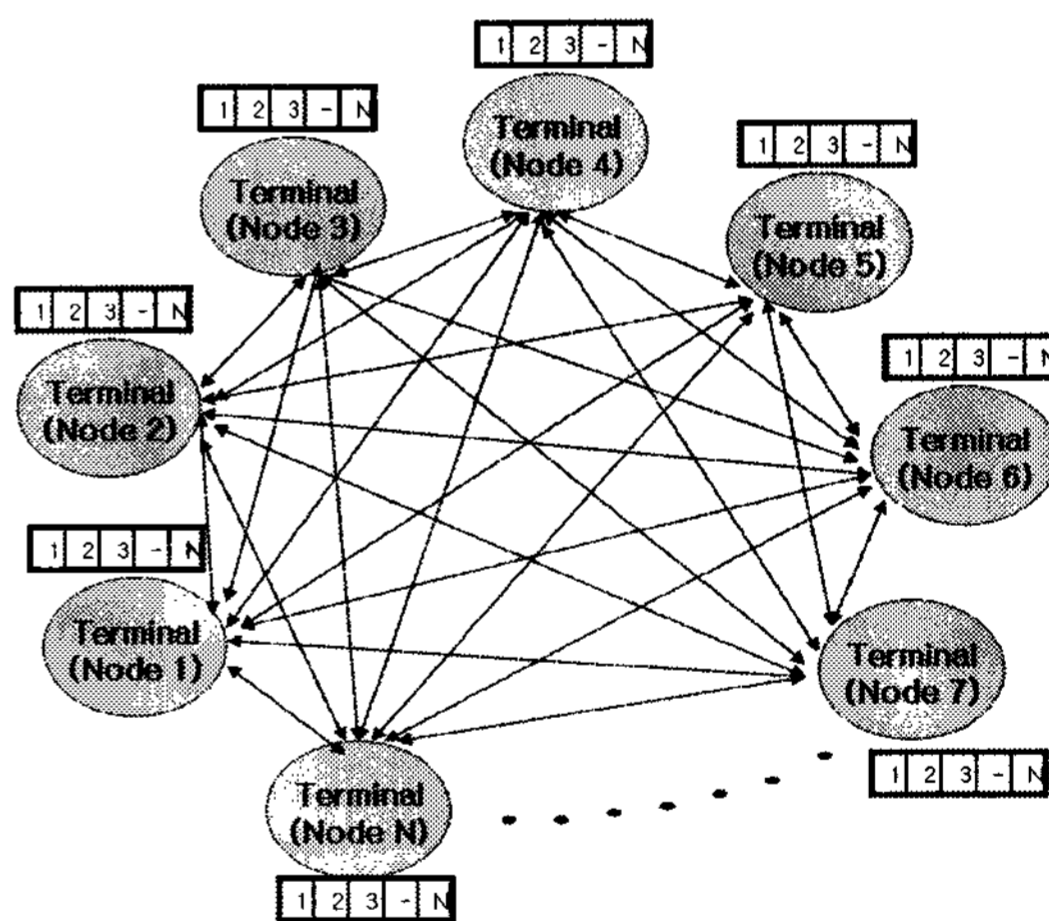


그림 2. Full mesh 네트워크에서의 N개 노드들의 명함정보 교환

Fig.2. Full mesh network of N nodes for exchanging business card information

명함 정보 전송 단말기들은 그림2와 같이 Full mesh 네트워크 환경에서 Peer to Peer 통신을 하게 되며 그림은 N개의 노드들이 통신을 하는 예시를 보여준다.

III. 동작구성 및 흐름도

1. 그룹내에서의 명함정보 전송동작흐름

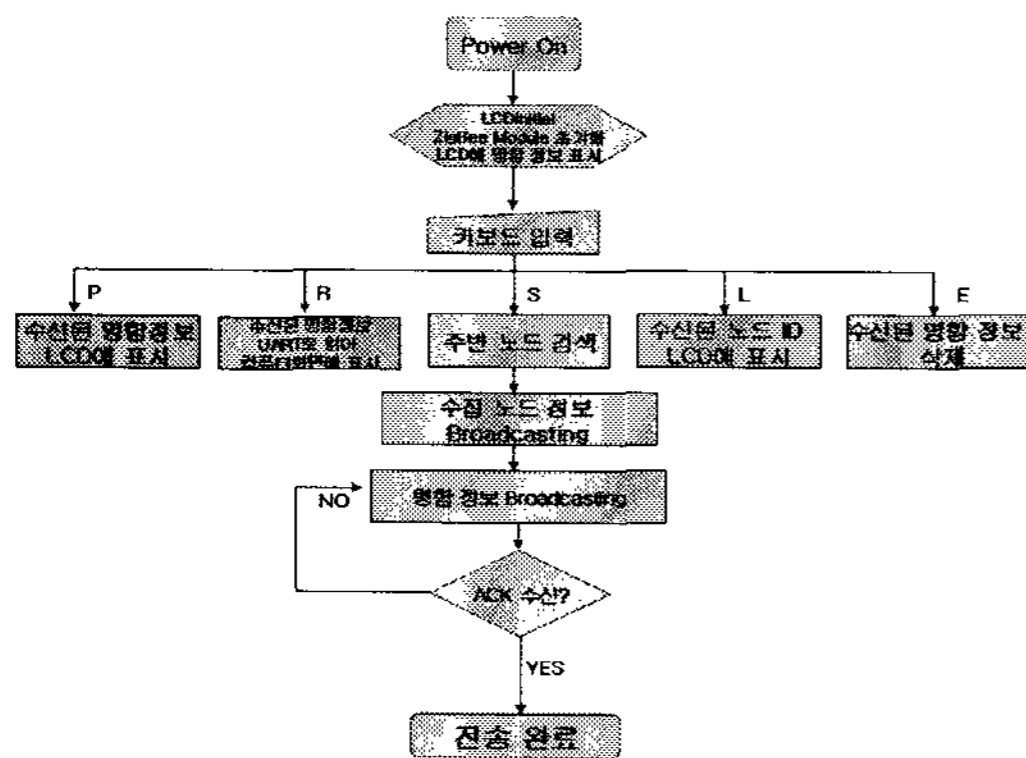


그림 3. 명함정보 전송동작 흐름도

Fig.3. Flow chart of data transfer from one node

명함 정보 전송에 따른 동작 흐름도는 그림3과 같다. 전원을 인가하게 되면 TFT-LCD 와 ZigBee 모듈이 초기화 되고 TFT-LCD에 자신의 명함 정보가 표시되게 된다. 컴퓨터의 직렬포트와 연결된 단말기는 UART 통신으로 키보드의 입력을 받는다. 키보드 입력 P는 현재 외부 플래쉬 메모리에 저장된 명함 정보를 TFT-LCD화면에 표시하는 동작을, R은 수신된 명함 정보를 UART 통신에 의해 컴퓨터 화면에 표시, L을 누르면 수신된 노드의 ID를 TFT-LCD 화면에 표시하게 되고 E를 누르면 현재 수신되어 저장된 명함 정보를 삭제하는 동작을 하게 된다. 어느 한 노드가 키보드 버튼의 S를 누르게 되면 주변 노드에 Broadcast 방식으로 검색하는 신호를 보내게 되고 주변에 있는 노드들은 신호를 수신하고 자신의 노드 ID를 Unicast로 전송하게 된다. 이로서 S 버튼을 누른 디바이스는 주변 노드들의 노드 ID를 획득하게 되고 메모리에 저장되게 된다. 모든 노드들이 명함정보 순서를 알 수 있도록 검색을 통하여 얻은 주위노드의 주소정보를 다른 노드들에게 Broadcasting 한다. 이로서 모든 노드들이 메모리에 저장된 노드 순서에 따라 명함 정보를 Broadcasting 방식으로 자동 전송하게 된다.

예를 들어 그림2에서 Node ID가 1인 Device 가 S버튼을 누르면 주변의 노드들이 검색되고 메모리에는 [2,3,4,5...N]가 저장된다고 가정한다. 메모리에 저장된 아이디가 ([2,3,4,5...N])명함 정보 순서를 결정하게 된다. Node 1인 Device가 Broadcasting 방식으로 주위노드 ID와 함께 자신의 ID를 추가하여[1,2,3,4,5...N] 방송하고 난 후 자신의 명함 정보를 Broadcasting 방식으로 전송하게 된다. 주위노드 ID정보를 받은 노드들은 모두 주위노드 ID정보를 획득하게 되고 순서를 알 수 있게 된다. 1번 노드로부터 명함 정보를 받은 2번 노드는 자신의 차례임을 알고 Broadcasting으로 명함정보를 전송하며 Node 3은 Node2 로 명함 정보를 받고 다음순서가 자기임을 알고 명함을 전송한다. 즉 주위노드 ID 정보로부터 자신의 앞에 있는 노드(메모리 주소에서 자신의 위치보다 앞에 있는 노드)에게 명함정보를 전송받게 되면 다음이 자기임을 알게 되고 명함을 전송하게 되는

것이다. 순차적으로 명함이 전송됨에 따라 노드들간의 충돌을 방지 할 수 있고 빠르게 명함이 전송될 수 있다.

2. 그룹내에 새롭게 참가한노드의 명함정보 전송동작

그림4는 명함 정보 전송이 완료된 그룹에 새로운 노드가 나타날 경우에 대한 동작 흐름도를 나타낸다. 새로운 노드에서 개인명함 정보를 개시하고자 할 경우 자신의 아이디와 함께 명함정보를 Broadcasting으로 전송하게 되면 수신 노드들은 이미 주위노드의 정보를 알고 있으므로 자신의 순서를 알게 되고 새로 그룹내에서 명함을 교환을 하고자 하는 노드와 차례대로 명함 교환이 이루어진다.

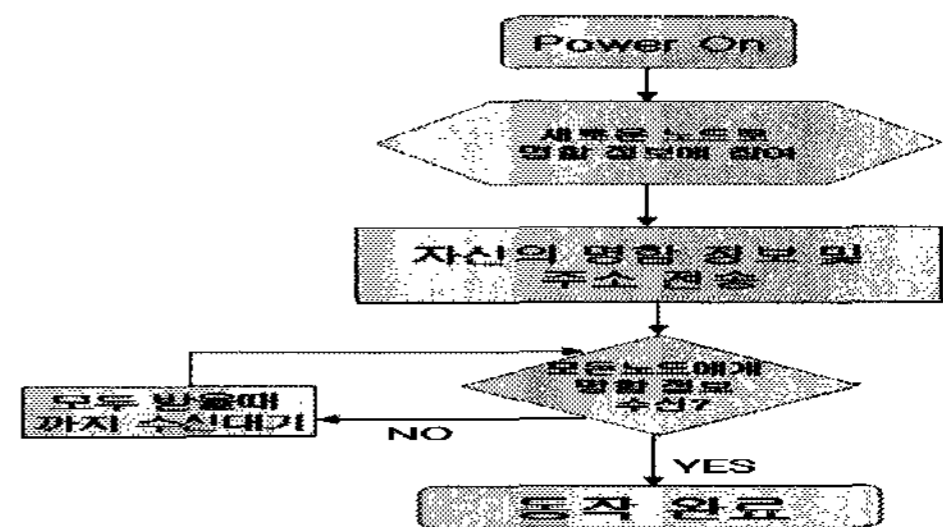


그림 4. 추가 노드의 명함정보 전송 및 수신 동작 흐름도

Fig.4. Flow chart of scheduling for information exchange in update case for the new additional node

IV. 실험 결과

먼저 전송속도는 타이머를 20ms로 맞추어 명함정보 전송 동작을 하게 하였으며 이에 따르는 전송속도를 계산해보면 총패킷 크기는 data(105Byte)+헤더7Byte = 112Byte가 된다. (112Byte*8bit)/0.02초 = 44.8Kbps의 전송속도를 가지게 된다. 지그비의 전송속도가 최대 250Kbps라는 점을 감안한다면 절반에도 미치지 못하는 속도가 나오게 된다. 그러나 여기서 TinyOS 초소형 운영체제에 의한 제어와 함께 외부 플래쉬 메모리에 대한 쓰기 작업까지 포함하기에 이론적인 속도에도 미치지 못하는 속도가 나온 것으로 보여진다. 처음 동작에서 주변 노드 검색시 Broadcasting으로 노드 검색 신호를 보내게 되면 주위 노드들은 자신의 아이디를 보내게 되는데 여기서 충돌이 생기게 된다. N을 총 노드의 수라하고 슬롯 T시간동안 노드가 정보를 보낼 확률이 P_s 라 하면 슬롯 시간동안 충돌 없이 프레임을 보낼 확률 P는

$$P = N \times P_s (1 - P_s)^{N-1} \quad (1)$$

P를 최고($P: \frac{\partial P}{\partial P_s} = 0$)로 하는 P_s 를 만족하는 조건은

$$P_s = \frac{1}{N} \text{ and } P = (1 - \frac{1}{N})^{N-1} \quad (2)$$

$P=1$ 일 때 프레임이 전송된다고 가정하였다. 일반적으로 확률 P 에 따라 T/P 의 시간이 필요하게 된다. 처음 타임 슬롯동안 $P_0=(1-\frac{1}{N})^{N-1}$, 다음 타임슬롯동안 $P_1=(1-\frac{1}{N-1})^{N-2}$, ..., $N-1$ 번째 $P_{N-2}=(1-\frac{1}{N-(N-2)})^{N-1-(N-2)}$, N 번째는 $P_{N-1}=1$ 이 된다. 따라서 총 걸리는 시간은

$$T \sum_{i=0}^{N-1} \frac{1}{P_i} = T \sum_{i=0}^{N-1} \frac{1}{(1-\frac{1}{N-i})^{N-1-i}} \quad (3)$$

이 된다. Ack(보낸 신호에 대한 수신 확인)가 있는 경우와 없는 경우에 따라 노드수 N 에 따른 소비시간을 계산하였다.

먼저 Ack 신호를 수신하지 않을 경우, 노드수 N 에 따르는 결과를 도출하였다. 명함정보 데이터는 한번만 전송한다고 가정하고 계산되었다.

제안하는 방법에 의한 명함정보 전송과정은 먼저 주위노드를 검색하고 검색된 주위노드 ID list를 전송한다. 끝으로 자신의 명함 정보를 전송한다.

검색 신호에 의해 $N-1$ 노드들이 자신의 주소를 Unicast로 전송할 때 주소를 획득에 걸리는 시간에 대한 계산식은

$$T_{address} \times \sum_{i=1}^{N-1} \frac{1}{P_i} \quad (4)$$

$T_{address}$ 는 하나의 노드가 주소전송에 걸리는 시간이며 $N-1$ 노드들이 자신의 주소를 unicast로 동시에 전송하기때문에 충돌이 있는 환경이므로 식(3)을 이용하였다. 주소를 획득 후 주변 노드 ID list를 전송할 경우 걸리는 시간은

$$T_{mem} \quad (5)$$

T_{mem} 은 획득한 주변 노드 ID list를 Broadcasting으로 전송하는데 걸리는 시간이다.

획득한 주변 ID list를 전송 후, ID list 순서에 따라 명함 정보를 자동으로 Broadcasting 하면,

$$T_{data} \times N \quad (6)$$

T_{data} 는 하나의 노드가 명함정보 전송시 걸리는 시간이다. 따라서 (4)+(5)+(6)을 계산하면 Ack 신호가 없는 경우 제안하는 방법에 의해 노드수 N 에 따라 걸리는 시간이 된다. 일반적으로 N 개의 노드들이 충돌환경에서 순서없이 전송할 경우에 따른 계산식은

$$T_{data} \times \sum_{i=0}^{N-1} \frac{1}{P_i} \quad (7)$$

T_{data} 는 하나의 노드가 명함정보 전송시 걸리는 시간이다. 충돌환경이므로 식(3)을 이용하였다.

Ack가 있는 경우, 제안하는 방법과 충돌환경에 있는 경우에 따른 시간을 비교해 보면, 먼저 제안하는 방법때문에

서는 주변노드 주소획득, Ack 획득, 주위노드 ID list 전송, Ack 수신, 자신의 명함정보 전송, Ack 수신이다. 먼저 주변노드 주소 획득 및 Ack 획득에 걸리는 시간에 대한 식은

$$(T_{address} \times \sum_{i=1}^{N-1} \frac{1}{P_i}) + (N-1) \times T_{ack} \quad (8)$$

$T_{address}$ 는 하나의 노드가 자신의 주소전송에 걸리는 시간이며, $N-1$ 노드들이 자신의 주소를 Unicast로 동시 전송하고 충돌이 있는 환경이므로 식(3)을 이용하였으며 T_{ack} 는 하나의 노드로부터 Ack를 받는데 걸리는 시간으로 계산하였다. 주위노드 ID list 정보를 Broadcasting 으로 전송하고 $N-1$ 노드에게 Ack를 받으므로 걸리는 시간은

$$T_{mem} + T_{ack} \sum_{i=1}^{N-1} \frac{1}{P_i} \quad (9)$$

T_{mem} 은 수집한 주위노드 ID list 정보를 다른 노드에게 전송할 때 걸리는 시간이며, T_{ack} 는 하나의 노드로부터 Ack를 받는데 걸리는 시간이다.

주변노드 ID 검색에 의해 획득한 ID list에 따라 명함정보를 Broadcasting으로 전송할 경우는

$$(N \times T_{data}) + (N \times T_{ack} \times \sum_{i=1}^{N-1} \frac{1}{P_i}) \quad (10)$$

T_{data} 는 하나의 노드가 명함정보 전송시 걸리는 시간이다. 따라서 (8)+(9)+(10)에 의해 Ack 신호가 있는 경우 제안하는 방법에 대한 노드수 N 에 따라 걸리는 시간이 계산된다.

N 노드들이 충돌환경에 있을 경우에 따른 식은

$$(T_{data} \times \sum_{i=0}^{N-1} \frac{1}{P_i}) + (N \times T_{ack} \times \sum_{i=1}^{N-1} \frac{1}{P_i}) \quad (11)$$

T_{data} 는 하나의 노드가 명함정보 전송시 걸리는 시간이며, T_{ack} 는 하나의 노드로부터 Ack를 받는데 걸리는 시간으로 계산하였다. 명함정보 전송은 충돌환경이고 Ack 수신역시 충돌환경이며 N 개의 노드가 받아야한다. 위에 따르는 수식 계산 결과들을 그래프로 각각 나타내어 보면 다음과 같다.

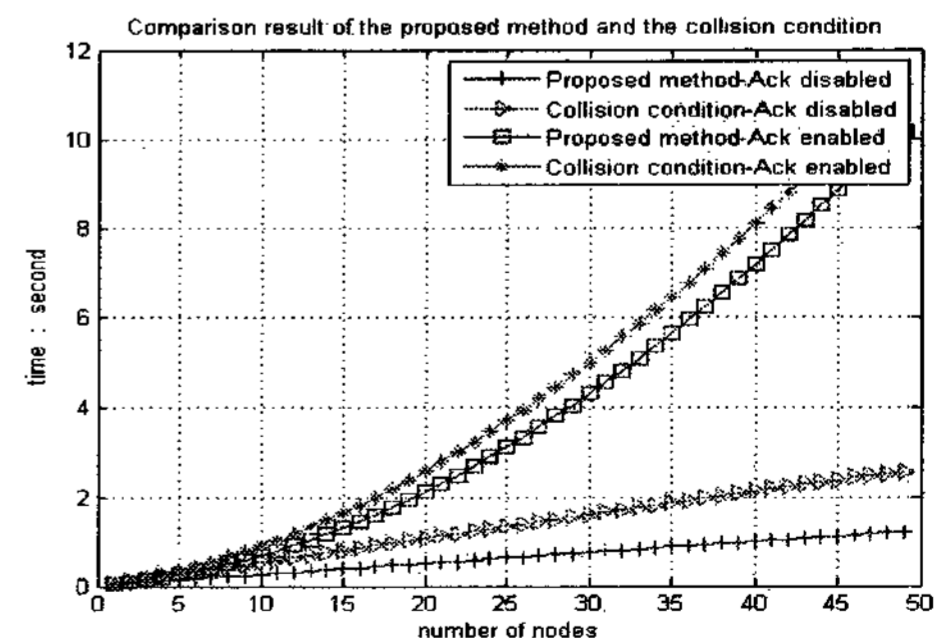


그림 5 제안하는 방법과 충돌환경에서 명함정보 전송시 결과 비교

Fig.5. Comparison Result of proposed method and collision condition at the Ack disabled and enabled

모든 식에 $T_{data}=0.02s$, $T_{address}=0.0017s$, $T_{ack}=0.0014s$, $T_{mem}=0.02s$ 로 넣고 그래프를 도출하였으며 위 파라미터는 데모 시스템을 통해 측정된 값들이다.

그림5를 통하여 노드들의 수가 증가함에 따라 제안하는 방법이 충돌이 있는 환경보다 적은 시간이 소비된 것은 확인할 수 있다. 그림5는 명함정보 데이터를 한번만 전송했을 경우이다.

만약 그림(jpg, bmp)과 같은 많은 양의 데이터를 전송할 경우에는 그림 데이터를 여러번 나누어 전송해야 한다.

이에 따른 소비시간을 그래프로 도출하면,

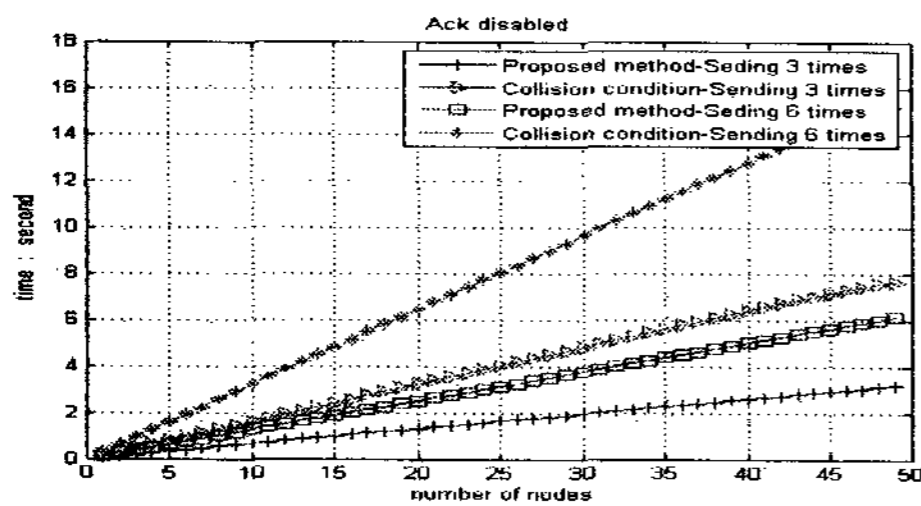


그림 6. 제안하는 방법과 충돌환경에서 명함정보 전송시 결과 비교(Ack disabled)

Fig.6. Comparison result of the proposed method and collision condition at the Ack disabled

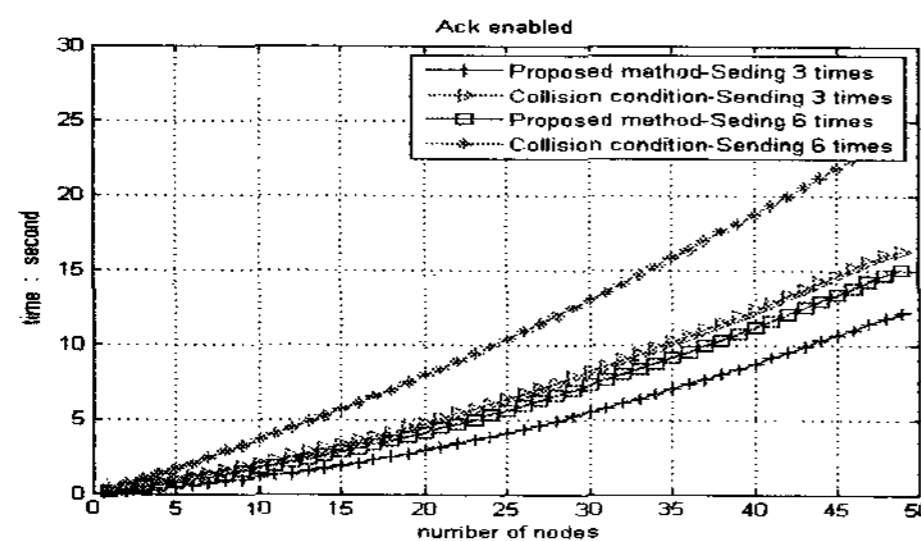


그림 7. 제안하는 방법과 충돌환경에서 명함정보 전송시 결과 비교(Ack enabled)

Fig.7. Comparison result of the proposed method and collision condition at the Ack enabled

전송할 데이터의 양이 많아 질 경우에는 제안하는 방법과 충돌환경에서의 그래프는 노드수에 따라서 차이가 점점 커지는 것을 그림6, 그림7을 통해 알 수 있다.

V. 결 론

ZigBee 기술을 이용하여 다자간 자동 전자명함 교환 단말기를 구성하였다. 다자간 서로 정보를 교환하는 특성을 갖는 full mesh network에서 정보를 주고받는 시간을 줄이기 위해 처음에는 다자간 CSMA/CA 방식으로 주소를 주고받은 후 메모리에 저장된 주소를 FIFO방식으로 정해진 순서에 의거 명함정보를 Broadcasting하는 방식을 제안하였다. 제안한 방식에서 소모되는 시간을 분석하고, CSMA/CA 기

반 자유경쟁 모드에서 직접 전송하는 방법과 비교한바 제안한 방식이 적은 시간을 소모함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

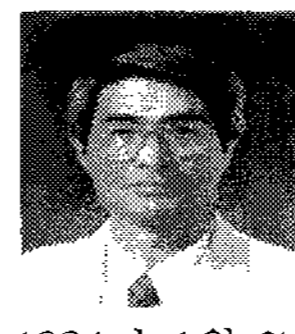
- [1] N. Baker, "ZigBee and Bluetooth strengths and weaknesses for industrial applications", Computing & Control Engineering Journal, 2005.
- [2] J. Zheng and Myung J. Lee, "A comprehensive performance study of IEEE 802.15.4", Sensor Network Operations, IEEE Press, Wiley Interscience, Chapter 4, pp. 218-237, 2006
- [3] E. Ziouva and T. Antonakopoulos, "CSMA/CA Performance under High Traffic Conditions: Throughput and Delay Analysis", Computer Communications, 2002,25:313-321.
- [4] ZigBee Alliance, ZigBee Specification, 053474r13 IEEE Std 802.15.4 2006
- [5] 최동훈, 배성수, 최규태, "지그비 기술과 활용"
- [6] 심재창, "IEEE 802.15.4 and ZigBee 소개", Sep.5, 2006
- [7] (주)한백전자 기술연구소, "ZigBee를 이용한 유비쿼터스 센서 네트워크 시스템"
- [8] (주)휴인스 기술연구소, "유비쿼터스 무선센서 네트워크"
- [9] http : www.tinyos.or.kr (TinyOS Korea Forum)



이 준 구(Jun-Gu Lee)

2007년 2월 전북대 전자정보공학부 학사
2008년 현재 전북대 전자공학과 대학원생

※주관심분야 : ZigBee, CDMA



임 명 섭(Myoung-Seob Lim)

1982년 2월 연세대 전자공학과 석사
1990년 2월 연세대 전자공학과 박사

1984년 1월 ~ 1985년 8월 대우통신 종합연구소 연구원
1985년 9월 ~ 1996년 9월 한국전자통신연구원 이동통신기술 연구단 실장
1996년 10월 ~ 현재 전북대학교 전자·정보공학부 교수
※주관심분야 : CDMA, Wireless LAN, System On a Chip, OFDM, Vehicular Infotronics