

# LR-WPAN에서 충돌을 줄이기 위한 제한경쟁 기법

준회원 고수환\*, 정회원 이정규\*\*

## Limited Contention Scheme(LCS) to Reduce Collision in LR-WPAN

Su-hwan Ko\* Associate Member, Jong-kyu Lee\*\* Regular Member

### 요 약

LR-WPAN(Low Rate Wireless Personal Area Network)에서 데이터 충돌은 재전송의 원인이 되며 이로 인한 에너지 소비는 전체 네트워크의 수명을 감소시킨다. 또한 LR-WPAN은 상대적으로 적은 backoff 재시도 횟수를 가지고 있기 때문에 충돌에 대해 민감하다. 본 논문에서 제안하는 LCS(Limited Contention Scheme)는 전체 노드를 일정한 수의 그룹으로 나누어 데이터를 전송하는 방식으로써 경쟁을 하는 노드의 수를 줄여 데이터의 충돌 발생 확률과 재전송을 감소시킨다. 그 결과 데이터의 처리율과 전체 네트워크의 수명은 증가하게 된다. 향후 LR-WPAN의 설계 시 LCS를 이용한다면 배터리의 수명은 늘어나게 되어 저전력 소모를 필요로 하는 응용분야에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

**Key Words** : Limited contention, Collision, Guaranteed time slot, Group, LR-WPAN

### ABSTRACT

Data collision in LR-WPAN(Low Rate Wireless Personal Area Network) causes retransmission of which energy consumption may reduce life of the entire network. Furthermore LR-WPAN is very sensitive to collision as it has relatively fewer frequencies of backoff retries. LCS(Limited Contention Scheme) suggested in this study is a way to transmit data by certain groups of the total nodes so that it can reduce possibilities of data collision and retransmission by decreasing the number of competing nodes. As a result LCS can increase a throughput and the life of the entire network. As using LCS in designing LR-WPAN in the future can extend battery life, LCS can be useful in any application that requires low energy consumption.

### I. 서 론

현대 사회에서 유비쿼터스는 큰 비중을 차지하고 있으며. 홈 네트워크, 헬스케어, 빌딩 자동화 등 실생활에 유비쿼터스 기술이 적용된 분야는 다양하다. 특히 우리나라와 같이 초고속 정보통신 인프라 및 밀집 주거형태를 가진 나라에서는 홈 네트워크 산업이 큰 발전 가능성을 가지고 있다.

이런 유비쿼터스 환경에 적합한 기술이 LR-WPAN이다<sup>[1,2]</sup>. 이는 IEEE 802.15 WG(Working Group)에서 제정한 규격으로써 작은 범위 내에서 무선 연결을 요구하는 분야에 적합하며 저렴한 가격과 긴 배터리 수명을 제공하기 때문에 사용자들에게 경제적인 무선 데이터 통신을 제공할 수 있다<sup>[3]</sup>. LR-WPAN이 다양한 응용분야에 효율적으로 적용되기 위해서는 몇 가지 해결해야 할

\* 한양대학교 컴퓨터공학과 정보통신 연구실(shko@commlab.hanyang.ac.kr), \*\* 한양대학교 (jklee@commlab.hanyang.ac.kr)  
논문번호 : KICS2007-12-554, 접수일자 : 2007년 12월 18일, 최종논문접수일자 : 2008년 4월 24일

문제점들을 가지고 있다. 그중에 하나가 데이터의 충돌이다. LR-WPAN에서는 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 기법을 이용하여 채널에 접근하고, backoff 알고리즘을 사용하여 충돌을 회피할 수 있지만, HNC(Hidden Node Collision)에 대해서는 표준문서에 언급된 내용이 없다. 전체 네트워크에서 발생하는 충돌의 70.3%~99.7%가 HNC이며, 이는 각 노드의 에너지 소비를 증가시켜 네트워크의 수명을 단축시킨다<sup>[4,5]</sup>. 제안하는 LCS는 충돌 발생과 데이터의 재전송을 줄이기 위하여 코디네이터에 등록된 노드들을 그룹으로 나누고 있다. 이로 인해 노드들의 데이터 충돌 확률과 재전송 횟수를 줄일 수 있게 되어 전체 네트워크의 수명을 증가시킬 수 있을 것이다. 또한 논문에서는 그룹을 나누는데 기준이 된 GTS(Guaranteed Time Slot)의 활용 가능성에 대해 소개하고 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 LR-WPAN의 기본 구조와 데이터 전송과정에 대해서 설명하고, HNC 및 HNC를 해결하기 위하여 제안되었던 기법에 대하여 설명한다. III장에서는 제안한 LCS에 대해서 설명하며 IV장에서는 충돌 발생 환경에서 표준문서에 기술된 내용과 LCS의 성능을 비교 평가한다. 마지막으로 V장에서는 논문의 결론을 맺는다.

## II. LR-WPAN

LR-WPAN은 저속의 저가, 저전력 소모의 장점을 가지며, 근거리 무선통신에 사용된다. 네트워크 중앙에 위치하고 있는 코디네이터는 WPAN 내부에 있는 노드들에게 네트워크 기기의 동기화, 비콘 주기, 네트워크 식별자 등과 같은 정보가 포함되어 있는 비콘 프레임을 주기적으로 브로드캐스팅 한다. 비콘과 비콘 프레임 사이의 구간을 슈퍼프레임이라고 하며 Active 구간과 Inactive 구간으로 나뉜다. Active 구간은 CSMA/CA 기법을 통하여 데이터 송수신이 이루어지는 CAP(Contention Access Period) 구간과 실시간 데이터와 같은 QoS가 보장되어야 하는 데이터를 위한 CFP(Contention Free Period) 구간으로 나뉘게 된다. 슈퍼프레임 구간의 길이는 BO(Beacon Order)값에 의하여 조절되며, SO(Superframe Order)는 슈퍼프레임내의 Active 구간의 길이에 영향을 준다. 그림1은 노드가 코디네이터에게 데이터를 전송하는 과정을 보여주고 있

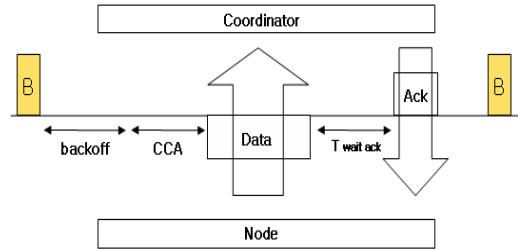


그림 1. 노드가 코디네이터로 데이터를 전송하는 과정  
Fig. 1. Process that transmit data from node to coordinator

다. WPAN 내부에 있는 노드들은 CAP구간 동안 데이터의 송수신을 위하여 CCA(Clear Channel Assessment) 과정을 수행한 후 채널의 사용여부를 판단한다. 채널이 다른 노드의 데이터 전송으로 인해 사용할 수 없을 경우 backoff 알고리즘을 수행하여 데이터의 충돌을 회피한다. 채널을 사용할 수 있을 경우 코디네이터에게 데이터를 전송하게 되고, 코디네이터는 FCS(Frame Check Sequence) 결과 에러가 없다면 ack 프레임을 전송하여 성공적으로 수신하였음을 노드에게 알린다.

WPAN 내부에 있는 모든 노드들은 코디네이터의 전송범위 내에 있지만 그림2와 같이 각 노드들은 자신의 전송 범위 밖에 있는 다른 모든 노드들의 신호를 감지 할 수 없다. 임의의 노드가 코디네이터에게 데이터를 전송하고 있을 때, 전송범위 밖의 다른 노드가 코디네이터에게 데이터를 전송할 경우 데이터의 충돌이 발생하게 되며 이를 HNC라고 한다. LR-WPAN의 표준문서에서는 RTS/CTS(Request To Send/Clear To Send)와 같은 충돌회피 기법을 사용하지 않기 때문에 HNC와 같은 상황에서의 충돌을 줄이기 위한 연구가 계속 진행되고 있다.

현재 HNC를 줄이기 위해 제안된 기법들을 살펴보면 WPAN 내부에 있는 노드들이 네트워크를 구성하기 전에 polling 과정을 통하여 hidden 관계를 미리 파악한 후 코디네이터가 각 노드들로부터 정보들을 종합하여 그룹을 형성하는 기법이

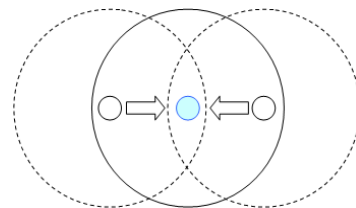


그림 2. HNC 발생상황  
Fig. 2. HNC occurrence situation

있다<sup>[6]</sup>. 또한 충돌이 발생한 노드들 중 하나를 CFP 구간에 할당하여 모든 충돌 노드를 한번에 하나씩 해결해 나가는 기법도 제안되었다<sup>[7]</sup>.

### III. Limited Contention Scheme(LCS)

기기의 장시간 사용을 목표로 하고 있는 LR-WPAN에서는 CAP구간 동안 CSMA/CA 기법과 CCA과정을 거쳐 데이터의 송수신이 이루어지고 있다. 하지만 표준문서에서는 데이터의 송수신시 발생할 수 있는 충돌에 대한 언급이 없고, RTS/CTS와 같은 충돌을 줄이기 위한 기법도 사용하지 않기 때문에 충돌과 재전송으로 인한 불필요한 에너지 소비가 발생하게 된다. 또한 표준문서에서 사용하고 있는 CSMA/CA 기법은 트래픽이 낮은 환경에서는 유용하게 사용될 수 있지만 트래픽이 높은 환경일수록 효율적이지 못하다. 따라서 표준문서의 CSMA/CA 기법을 유지하면서 트래픽이 높은 환경에서도 효율적으로 사용할 수 있는 LCS가 필요하다. 본 논문에서 제안하고 있는 LCS는 CSMA/CA와 TDMA (Time Division Multiple Access) 기법의 특징들을 가지고 있어 WPAN 내부의 노드들을 그룹으로 나눈 후 그룹에 포함된 노드들은 데이터를 전송하기 위하여 경쟁한다.

#### 3.1 그룹별 데이터 전송

제안하는 기법은 성형 토폴로지를 가정하고 있다. 코디네이터는 WPAN 내부에 있는 노드들에게 주기적으로 비콘 프레임을 브로드캐스팅 하고, 노드들은 가입 요청 메시지를 이용하여 코디네이터에게 등록을 요청한다. 이를 통해 코디네이터는 자신에게 등록을 요청한 노드들의 주소를 알게 되고, 자신이 가지고 있는 slave table에 노드들의 정보를 기록한다. 코디네이터는 그룹화 과정을 거쳐 slave table에 기록되어 있는 노드들을 그룹으로 나눈 후 데이터를 전송할 수 있게 한다. 또한 나눈 그룹 수와 동일하게 현재 슈퍼프레임 구간을 나눈다. 그림3은 경쟁 노드들을 그룹으로 나누어 전송하기 위한 슈퍼프레임 구간을 나타내며 노드들이 그룹화 될수록 SO와 BO의 값도 변경된다. 만약 WPAN 내부에 N개의 노드들이 데이터를 보내기 위하여 SO=BO=6 구간에서 경쟁을 한다면 N/2개의 노드들을 각각 SO=BO=5인 길이를 갖는 구간에 나누어 경쟁할 수 있도록 그룹화 과

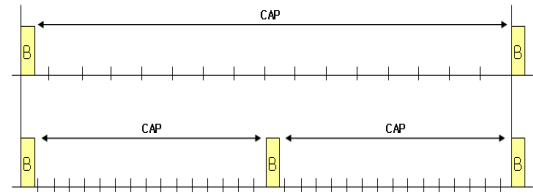


그림 3. WPAN 경쟁노드들의 그룹화  
Fig. 3. Grouping of competition nodes in WPAN

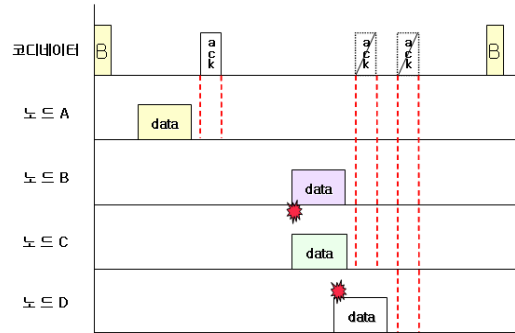


그림 4. LR-WPAN에서의 충돌  
Fig. 4. Collision in LR-WPAN

정을 수행한다. WPAN 내부의 경쟁 노드들을 트래픽이 낮을 경우에는 적은 수의 그룹으로 나누고, 트래픽이 높을수록 많은 수의 그룹으로 나누어 경쟁할 수 있도록 분산시키기 때문에 데이터의 충돌과 재전송이 줄어들게 된다. 따라서 추가적인 에너지 소비가 감소하여 전체 네트워크의 수명은 증가하게 된다.

코디네이터가 주기적으로 브로드캐스팅하는 비콘 프레임 내부의 주소목록(address list)에는 목적지 주소가 16-bit short 부터 64-bit long 주소까지 저장 가능할 수 있다. 이를 이용하여 코디네이터는 그룹별로 각 그룹에 속한 노드의 주소를 포함한 비콘 프레임을 전송한다. 비콘 프레임을 수신 받은 노드들은 자신의 주소가 비콘 프레임에 포함되어 있고, 전송할 데이터를 가지고 있다면 전송을 시작한다. 만약 자신의 주소가 비콘 프레임에 포함되어 있지 않다면 다음 비콘 프레임이 도착할 때까지 대기한다.

그림 4에서 노드 A는 데이터를 무사히 전송하게 되어 코디네이터에게 ack 메시지를 받게 되지만, 노드 B와 C는 데이터 전송과정에서 동일한 backoff slot을 선택하여 contention 충돌이 발생하는 경우이고, 노드 C와 D는 hidden 관계에 있기 때문에 데이터의 충돌이 발생하게 된다. 노드들을 그룹으로 나눌 때 hidden 관계를 고려하여 나눈

것이 아니기 때문에 그림4에서처럼 충돌이 발생할 수 있다. 그룹화 과정을 거친다면 이런 contention 및 hidden 충돌 발생 확률을 낮출 수 있다.

3.2 노드들의 그룹화 과정

충돌과 재전송 문제는 WPAN 내부의 노드들을 그룹으로 나눈 후 그룹별로 데이터를 전송할 경우 상당수 감소시킬 수 있지만 충돌과 재전송이 발생하지 않도록 완벽하게 해결하지는 못한다. 따라서 향후 데이터의 충돌과 재전송을 더욱 줄일 수 있는 가능성을 고려하여 WPAN 내부의 노드들을 그룹으로 나눌 경우 다음과 같은 사항을 따른다.

표 1. 그룹화 과정에서 사용되는 파라미터  
Table 1. Parameter used at grouping process

Symbol	Parameter
$N$	전체 노드의 수
$m$	그룹의 수
$n$	그룹에 속한 노드의 수
$T_{tr}(x)$	$x$ byte 데이터의 전송에서부터 ack 메시지의 수신까지 걸리는 시간
$T_{data}(x)$	$x$ byte 데이터를 전송하는데 걸리는 시간
$T_{wait\ ack}$	데이터 전송 후 ack 메시지를 수신하는데 대기하는 시간
$T_{ack}$	ack 메시지를 수신하는데 걸리는 시간

※  $1slot = 3 \times 2^{BO}UBPs, 1UBPs = 320\mu s$

$$T_{tr}(x) = T_{data}(x) + T_{wait\ ack} + T_{ack} \quad (1)$$

$$\frac{16 \times 3 \times 2^{BO} \times 320}{16 \times T_{tr}(x)} \leq 2^k = m \quad k=0,1,2,\dots \quad (2)$$

GTS는 실시간 데이터와 같은 QoS를 보장해 주기 위해서 활용될 뿐만 아니라 다른 용도로 사용될 수 있어야 한다. hidden관계로 인하여 충돌이 빈번히 발생하는 노드를 GTS에 할당해줄 수 있다면 높은 성능 향상을 보일 수 있을 것이다. 즉, GTS를 실시간 데이터의 QoS 뿐만 아니라 전체 노드들을 위하여 일부노드를 격리시킬 수 있는 공간으로 활용될 수 있어야 한다. 슈퍼프레임내의 GTS는 최대 7개의 slot까지 할당이 가능하지만 slot의 크기는 SO와 BO의 값에 의하여 변화되고, 노드가 전송하는 데이터의 크기에 따라 할당할 수 있는 노드의 수도 제한되어 있다. 그룹의 수를 설정할 때 데이터의 전송률을 향상시키고, 충돌발생을 줄이기 위하여 향후 특정노드를 GTS에 할

당 가능하도록 고려하였다. 최대 7개의 노드가 GTS에 할당되기 위해서는 식(1)에서의 데이터를 전송하고 코디네이터에게 ack 메시지를 전송받는 시간( $T_{tr}$ )이 최소한 한 GTS 내에서 이뤄져야 한다. 슈퍼프레임은 16개의 균등한 slot으로 구성되기 때문에 식(2)에서처럼 현재 슈퍼프레임 구간을 나눠줌으로써 그룹의 수를 구할 수 있다.

$$\frac{N}{m} = n \geq 8 \quad (3)$$

$$m = \begin{cases} 2^k & n \geq 8 \\ 2^{k-i} & i=i+1 \text{ otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

슈퍼프레임의 길이와 비콘 구간의 길이는 SO와BO의 값에 의해 2의 지수형태로 증가 및 감소되기 때문에 그룹의 수도 마찬가지로 2의 지수형태의 그룹수를 가진다. 한 GTS내에 데이터 송수신이 완료될 경우 최대 7개까지 처리가 가능하다. 따라서 WPAN 내부의 노드들을 그룹으로 나눌 경우 식(3)에서처럼 각 그룹의 노드 수는 최소 8개 이상으로 구성될 수 있게 고려한다. 만약 그룹화 과정을 통하여 얻은 그룹에 속한 노드의 수가 8개 미만으로 구성된다면 모든 노드를 GTS에 할당해줄 수 있기 때문에 CAP구간 내에서의 경쟁이 불필요하게 되고, 표준문서에서 정의하고 있는 CSMA/CA의 접근방식에 어긋나게 된다. 따라서 식(4)에서처럼 초기값이 0인  $i$ 값을 1증가시키는 과정을 반복하여 각 그룹의 노드 수가 최소 8개 이상으로 구성될 수 있도록 2의 지수형태를 가진 그룹수를 감소시킨다.

$$\frac{2^{BO}}{2^k} = 2^{BO_{Group}} \geq 2^0 \quad (5)$$

SO와 BO의 값은 표준문서에 정의되어 있는  $0 \leq SO \leq BO \leq 14$ 를 따르며, 올바른 데이터의 전송을 위하여 식(5)에서처럼 각 그룹의 BOgroup 값은 0이상이 되어야 한다.

$$\lfloor \frac{N}{m} \rfloor = a, N = am + b \quad (6)$$

WPAN 내부에 존재하는 노드의 수는 일정하지 않으며, 각 그룹에 속한 노드의 수가 항상 균등하게 나눠지지 않는다는 점이다. 이럴 경우 식(3)을 이용하여 전체노드를  $m$ 개의 그룹으로 나누지만, 그룹안에 속한 노드의 수는 다르게 한다.  $a$ 개의 노드의 수를 가지는 그룹의 수는  $m-b$ 개,  $a+1$ 개의 노드의 수를 가지는 그룹의 수가  $b$ 개가 되도록 구성한다.

### 3.3 데이터 전송시 발생하는 drop 및 충돌

그림 5에서는 데이터의 전송 중에 발생할 수 있는 drop과 충돌상황을 보여주고 있다. drop은 표준문서에서 정의하고 있는 재전송 횟수 3회를 초과할 경우와 backoff 재시도 횟수가 5회를 초과하였을 경우 발생하며, 데이터 충돌은 노드들이 동일한 backoff slot을 선택하여 데이터를 전송하는 경우 발생하는 contention 충돌과 데이터의 전송유무를 감지하지 못하여 발생하는 hidden 충돌이 있다. 데이터 충돌이 발생하였을 경우에 노드는 코디네이터에게 ack 메시지를 전송받지 못하여 데이터를 재전송하게 되지만 연속된 충돌이 발생할 수 있고, 빈번한 데이터의 재전송으로 인해 추가적인 에너지 소비가 발생한다. LCS는 충돌과 재전송을 줄이기 위한 기법이며 GTS에 노드의 할당 또한 가능하다. 만약 3회의 재전송에도 불구하고 전송에 실패한 노드 혹은 hidden 관계에 있는 노드를 선택하여 다음 슈퍼프레임 내의 CFP 구간에 GTS를 할당해 주게 된다면 즉, 충돌 발생 노드 및 충돌발생 가능성이 있는 노드를 할당해 주게 되면 CAP구간 내에서 데이터 충돌과 재전송 횟수가 줄어들게 되어 에너지 소비는 더욱 감소할 것이다.

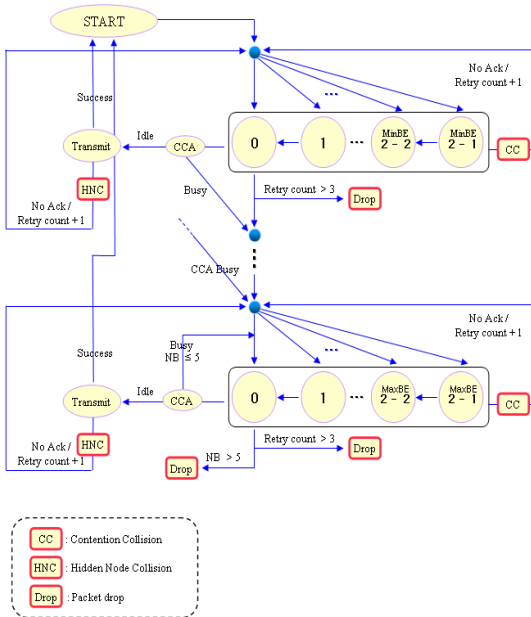


그림 5. Drop 및 충돌 발생과정  
Fig. 5. Drop and collision occurrence process

## IV. 성능 평가

### 4.1 성능평가 모델

기본 모델은 LR-WPAN 표준에서 정의하고 있는 내용을 기반으로 설정 하였으며, 성능 평가를 수행하기 위하여 다음의 가정들을 두고 NS-2 시뮬레이션을 통해서 분석하였다. 첫째, 노드들은 동일한 전송범위를 가지고 있다. 둘째, 노드들은 성능평가 도중 WPAN 외부로 이동하지 않고, 고정되어 있으며 무선으로 통신한다. 셋째, 노드들의 데이터 크기는 센서 데이터에 맞게 일정한 크기로 고정시켰다. 넷째, 노드들은 고정된 크기의 데이터를 평균 발생률( $\lambda$ )을 갖는 Poisson 분포로 발생한다.

표 2. 성능 평가 파라미터  
Table 2. parameter of simulation

Attribute	Value
Area	20m × 20m
Transmission rate of data frames	250 Kbps
Unit backoff period	20 Symbol
Backoff period length	$2^3 \sim 2^5$ UBPs
CCA time	128 $\mu$ s
T wait ack period	512 $\mu$ s
ACK frame period	498 $\mu$ s
MAC beacon order	3 ~ 6
MAC superframe order	3 ~ 6
Beacon frame size	0.96 ms
Transmission range	13 m
Number of node	50, 100
Data frame size	50 byte

### 4.2 성능 평가

그림 6은 HNC가 발생하는 환경에서 트래픽의 변화에 따라 표준문서와 제안된 기법의 평균 처리율을 측정하였다. 표준문서에서는 RTS/CTS와 같은 충돌을 줄일 수 있는 기법을 사용하고 있지 않기 때문에 트래픽이 증가할수록 데이터의 충돌도 증가하게 된다. 따라서 코디네이터는 각 노드들이 전송한 데이터를 올바르게 수신 받지 못하게 되어 처리율은 점점 감소하게 된다. 제안된 기법을 사용하게 되면 WPAN 내부에 있는 노드들이 그룹으로 분류되어 데이터를 전송하기 때문에 표준문서에 비해 데이터의 충돌발생과 drop되는 데이터의 수가 감소하게 되어 높은 처리율을 보였다. WPAN 내부에 50개, 100개의 노드를 위치



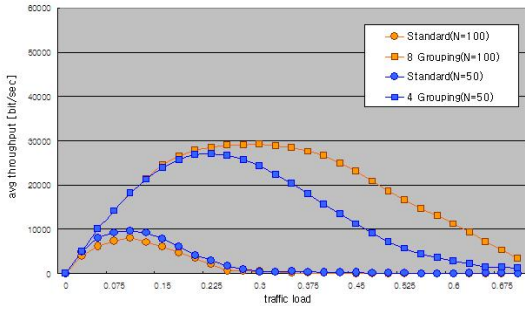


그림 6. traffic load의 증가에 따른 평균 처리율  
Fig. 6. average throughput by traffic load's increase

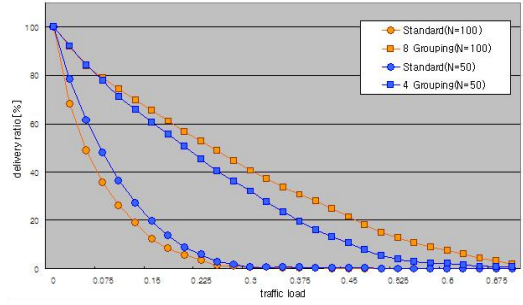


그림 8. traffic load의 증가에 따른 전송 성공률  
Fig. 8. delivery ratio by traffic load's increase

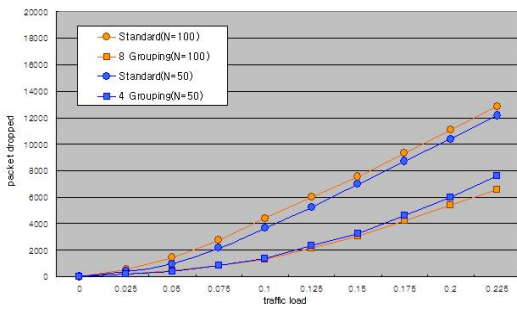


그림 7. traffic load의 증가에 따른 drop된 패킷의 수  
Fig. 7. number of packet dropped by traffic load's increase

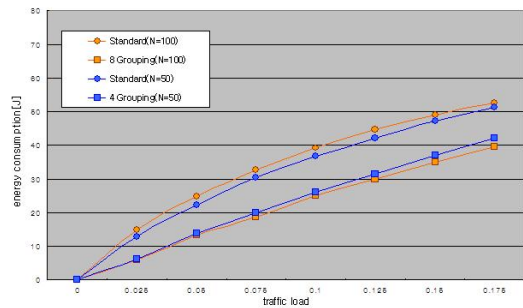


그림 9. traffic load의 증가에 따른 에너지 소비량  
Fig. 9. energy consumption by traffic load's increase

시키고,  $SO=BO=6$ 인 구간에서 데이터를 보내기 위하여 경쟁을 하고 있다. 제안사항에서는 앞서 설명한 그룹화 방식에 의하여 50개 노드일 경우 위 구간을 4개의  $SO=BO=4$ 인 구간으로 나누고, 100개 노드일 경우 8개의  $SO=BO=3$ 으로 나눈 후 데이터를 전송하게 된다.

그림 7은 트래픽이 증가할수록 drop되는 데이터의 수를 나타낸다. 제안사항은 그룹으로 나누어 데이터를 전송하기 때문에 표준문서에 비하여 데이터의 충돌이 적게 발생하여 상대적으로 drop되는 데이터의 수가 적어졌음을 보인다.

그림 8은 각 노드들이 전송한 데이터를 코디네이터가 올바르게 수신에 성공했는지를 측정하였다. 표준문서에서는 트래픽이 증가할수록 전송 성공률이 떨어지지만 제안사항에서는 노드들을 그룹으로 분류하여 데이터를 전송하기 때문에 그림7에서 보여주듯이 트래픽이 증가하여도 상대적으로 drop되는 데이터의 수가 감소하여 전송 성공률이 최대 42%(number of node=50, traffic load=0.175, 13.6% → 55.6%), 53.1%(number of node=100, traffic load=0.15, 12.3% → 65.4%) 향상되었다.

그림 9는 표준문서와 제안사항의 에너지 소비량을 비교하였다. 저전력 소모를 필요로 하는 LR-WPAN에서 데이터의 전송은 에너지 소모에 큰 영향을 준다. 만약 충돌로 인하여 노드들이 데이터를 재전송하게 된다면 추가적인 에너지 소모로 인하여 전체 네트워크의 수명은 단축될 것이다. 제안사항에서는 각 노드들이 그룹별로 데이터를 전송하기 때문에 traffic load가 증가하여도 데이터의 충돌이 표준문서에 비해 줄어들게 된다.

표준문서( $SO=BO=6$ )에 비해 제안사항( $SO=BO=4$ )이 많은 비콘을 전송하지만 데이터의 충돌이 감소하여 drop되는 데이터의 수와 재전송이 줄어들어 네트워크의 에너지 소비량이 감소하였다. 100초 동안 성능 평가한 결과 에너지 소비가 최대 10.7J(number of node=50, traffic load=0.1, 36.7J → 26J), 14.5J (number of node=100, traffic load=0.125, 44.5J → 30J) 감소하였다. Transmitting Power는 1mW이며, RX\_Thresh와 CS\_Thresh는 87dbm(≈ 13m)로 가정하고 있다.

## V. 결 론

LR-WPAN은 저전력 소모를 필요로 하는 근거리 무선통신 기술이기 때문에 에너지의 소모를 줄이는 것은 가장 큰 이슈 중에 하나이다. LR-WPAN에서는 상대적으로 데이터 전송에 많은 양의 에너지를 소비하기 때문에 데이터의 충돌이나 재전송 여부가 배터리의 수명에 큰 영향을 미치게 된다. 하지만 표준문서에서는 데이터의 충돌과 재전송이 빈번히 발생하는 환경에 대해서는 언급된 부분이 없다. 표준문서에서는 비콘 프레임을 받은 모든 노드들이 보낼 데이터가 있다면 CAP구간 내에서 경쟁을 하고, 경쟁을 하는 노드의 수가 많을수록 충돌 발생 빈도 또한 높다. 만약 제안된 LCS를 이용하여 전체 노드들을 일정한 수의 그룹으로 나누어 그룹별로 데이터를 전송하게 된다면 네트워크의 트래픽을 분산시킬 수 있어 데이터의 충돌과 재전송 발생을 줄이고, 데이터 처리율과 전체 네트워크의 수명을 증가시킬 수 있을 것이다. 또한 그룹화 과정에서 CFP구간의 하나의 GTS에 데이터의 전송과 확인이 이루어 질수 있도록 고려하였기 때문에 향후 이 GTS를 이용하여 충돌발생 노드 및 재전송 횟수가 많은 노드를 할당할 수 있다면 CAP구간 내에서 데이터의 충돌과 재전송 횟수가 줄어들게 되어 데이터 처리율 및 에너지 소비 측면에서 향상된 성능을 보일 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Jose A. Gutierrez, Marco Naeve, Ed Callaway, Monique Bourgeois, Vijay Mitter, and. Bob Heile, "IEEE 802.15.4-A Developing Standard for Low-Power, Low-Cost Wireless Personal Area Networks", *IEEE Network Magazine*, Vol.15, issue 5, pp.12-19, Sep/Oct. 2001
- [2] Rose, Bill, "Home Networks : A Standard Perspective", *IEEE Communications Magazine*, Vol.39, issue 12, pp.78-85, Dec. 2001
- [3] Sean Middleton, "IEEE 802.15 WPAN Low Rate Study Group PAR", *doc. number IEEE, P802.15-00 /248r3*, Sep. 2000
- [4] "IEEE Standard Part 15.4:Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area networks (LR-WPANs)", *IEEE*, Dec. 2003
- [5] Jianliang Zheng, Lee, M.J, "Will IEEE 802.15.4 Make Ubiquitous Networking a Reality : a discussion on a potential low power, low bit rate standard?", *Communications Magazine IEEE*, Vol.42, issue 6, pp.140-146, June. 2004
- [6] L.J. Hwang, S.T. Sheu, Y.Y. Shih, Y.C. Cheng, "Grouping Strategy for Solving Hidden Node Problem in IEEE 802.15.4 LR-WPAN", *WICON*, pp.26-32, July. 2005
- [7] Shiann-Tsong Sheu and Yun-Yen Shih, "P-Frozen Contention Strategy (PFCS) for Solving Collision Chain Problem in IEEE 802.15.4 WPANs", *IEEE Vehicular Technology Conference*, pp.1323-1327, May. 2006
- [8] A. Bachir, D. Barthel, M. Heusse, A. Duda, "Hidden Node Avoidance in Wireless Sensor Networks", *IEEE Wireless Networks*, Vol.1, pp.612-617, June. 2005
- [9] P. C. Ng, S. C. Liew, K. C. Sha, and W. T. To, "Experimental Study of Hidden Node Problem in IEEE 802.11 Wireless Networks", *IEEE Sigcomm*, Aug. 2005
- [10] "Data sheet for CC2420 2.4GHz IEEE 802.15.4/ Zigbee RF Tran-sceiver", Chipcon AS, 2006
- [11] T.D. Hamalainen, M. Kohvakka, M. Kuorilehto, M. Hannikainen, "Performance analysis of IEEE 802.15.4 and ZigBee for large-scale wireless sensor network applications", *ACM International*, pp.48-57, Oct. 2006
- [12] Sheu, S-T, Shih, Y-Y, "A Collision-free Based Rotational Listening Strategy(RLS) for IEEE 802.15.4 WPAN", *Communications, 2007. ICC '07. IEEE International Conference*, pp.4535-4541, June. 2007
- [13] Anis Koubâa, Mario Alves, Melek Attia, Anneleen Van Nieuwenhuysse, "Collision-Free Beacon Scheduling Mechanisms for IEEE 802.15.4/Zigbee Cluster- Tree Wireless Sensor Networks", *ASWN2007*, May. 2007

고 수 환 (Su-hwan Ko)

준회원



2006년 단국대학교 컴퓨터 과학  
과 학사  
2008년 한양대학교 컴퓨터 공학  
과 석사  
<관심분야> 무선데이터 통신, 홈  
네트워크, Zigbee

이 정 규 (Jong-kyu Lee)

정회원



1979년 한양대학교 전자공학과  
학사  
1986년 UCLA 전자공학과 석사  
1989년 UCLA 전자공학과 박사  
1979년~1984년 국방과학연구소  
연구원  
1990년~ 현재 한양대학교 전자컴

퓨터공학부 교수

1997년~2001년 한양대학교 공학기술연구소 소장  
2001년~2004년 한양대학교 정보통신원 부원장  
2004년~2006년 한양대학교 일반대학원 부원장  
<관심분야> 무선데이터 통신, 통신망 성능분석,  
이동 및 위성 통신망 분석, Stochastic Process