

Wi-Fi 간섭 환경에서 ZigBee 전송률 향상을 위한 확률적 방법

이수진*, 유영환^o

Probabilistic Method to Enhance ZigBee Throughput in Wi-Fi Interference Environment

Sujin Lee*, Younghwan Yoo^o

요 약

차세대 IT 산업으로 주목 받는 사물인터넷(Internet of Things)은 다양한 사물(Things)들을 서로 연결시킬 수 있는 유무선 네트워크 플랫폼을 기반으로 한다. 그러나 이기종 네트워크(Heterogeneous Network)의 특성으로 인해 사물인터넷 플랫폼 개발에 있어 많은 어려움이 있다. 무엇보다도 ZigBee보다 큰 전송 파워를 사용하는 Wi-Fi 때문에 ZigBee 전송은 오류가 발생할 확률이 높아지고 이는 사물인터넷 구현을 힘들게 하는 요소로 작용하게 된다. 본 논문의 제안방법에서는 ZigBee 노드가 충돌 없이 전송 가능한 시간을 분석하고 네트워크 환경에 따라 확률적으로 전송여부를 결정하도록 한다. 이를 통해 같은 주파수 대역을 사용하는 Wi-Fi와 ZigBee의 네트워크 간 간섭 현상을 극복하고 높은 ZigBee 프레임 전송 성공률을 달성할 수 있음을 실험으로 확인하였다.

Key Words : Heterogeneous Network, IoT, Wi-Fi Interference, WPAN, WSN

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT), which has recently attracted attention as next-generation IT industry, is based on a wired and wireless network platform that can connect various Things. However, it is challenging to implement the IoT platform because of the heterogeneity of the network. Particularly, the ZigBee transmission may be significantly harmed due to Wi-Fi with the relatively much higher power, and this is one of the reason making the platform implementation difficult. In this paper, the ZigBee transmission is measured and analyzed by the BEB algorithm for finding the slot time when ZigBee can transmit, and an actual transmission happens stochastically depending on the network environment. The simulation results show that it guarantees high success rate of the ZigBee transmission by overcoming Wi-Fi interference in the 2.4 GHz frequency band.

I. 서 론

유비쿼터스 시대의 도래로 IT산업은 무선 센서 네

트워크(WSN)에서 사물인터넷(Internet of Things)으로 발달되고 있다. 사물인터넷은 실제 환경과 가상 환경을 통합하는 기술 및 서비스로 여러 센서들(온도,

* 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [10043907, 개방형 고성능 표준 IoT 디바이스 및 지능형 SW 개발]

• First Author : Pusan National University Department of Computer Engineering, sujin.lee@pusan.ac.kr, 학생회원

^o Corresponding Author : Pusan National University Department of Computer Engineering, ymomo@pusan.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2014-08-307, Received August 18, 2014; Revised September 11, 2014; Accepted September 11, 2014

습도, 조도, 초음파 센서 등)이 부착된 사물(Things)들과 인간을 연결시킬 수 있는 유무선 네트워크가 공존한다. 하지만 전통적인 방식의 네트워크 동작만으로는 이기종 네트워크(Heterogeneous Network)의 중요한 이슈 중 하나인 간섭 문제를 극복하기에는 적합하지 않고 이를 해결해 나갈 필요가 있다.

본 논문에서는 같은 2.4GHz ISM 대역을 사용하는 IEEE 802.11b/g (Wi-Fi) 네트워크와 IEEE 802.15.4 (ZigBee) 네트워크가 동시에 통신하려 할 때 발생하는 간섭문제를 해결하는 데 초점을 맞추고 있다. ZigBee는 Wi-Fi에 비해 전송 거리가 짧고 신호 세기가 약한데다가 성능이 낮은 하드웨어 기기를 사용하기 때문에 두 네트워크가 공존하는 환경에서 상대적으로 우선순위가 낮아져 패킷 손실이 증가할 수 있다. 또한 사물인터넷 서비스의 실현을 위해서는 이기종 디바이스들에 대해 AP(Access Point)의 역할을 하는 IoT Broker가 존재하게 되는데^[1,2], 여기에서는 Wi-Fi 모듈과 ZigBee 모듈이 근거리에서 동작할 수밖에 없어 간섭문제가 더 심각하다[그림 1]. 두 네트워크가 원활히 동작하기 위해서는 최소 8m의 물리적인 거리가 필요하지만^[3], 이것은 하나의 IoT Broker내에서 두 가지 이상의 네트워크를 서비스하는 사물인터넷 환경에는 맞지 않는다.

제안 방법은 Wi-Fi의 간섭환경을 고려하여 ZigBee coordinator(ZC)가 전송 가능한 Wi-Fi 슬롯 시간(Slot Time)을 분석하고, p -Persistent CSMA 방식을 사용하여 p 의 확률로 전송을 시도하거나 $1-p$ 의 확률로 다음 단계까지 기다린다. 즉, 효율적인 전송 시기와 전송확률을 제안함으로써 간섭문제를 극복함과 동시에 제안한 방식이 사물인터넷에 보다 효과적으로 적용함을 보이고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 선행된 연구들의 특징과 한계점을 조사하고, III장에서는 Wi-Fi/ZigBee 간섭 환경에서의 문제점을 극복하기 위해 본 논문이 제안하는 알고리즘을 설명할 것이다. 이

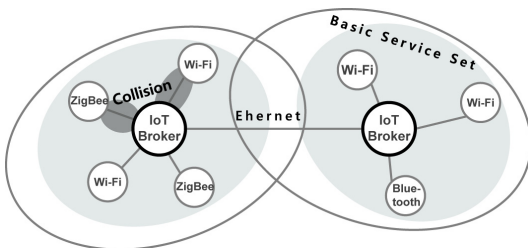


그림 1. 사물인터넷 환경
Fig. 1. Internet of Things environment

어서 IV장에서 실험을 통해 제안 알고리즘을 확률적으로 분석한 결과를 확인하고 간섭환경을 모델링 하여 그 성능을 증명한 후, V장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 백오프 알고리즘

본 논문은 IEEE 802.11 DCF(Distributed Coordination Function)의 표준 백오프 알고리즘인 BEB(Binary Exponential Backoff)을 분석하여 ZigBee coordinator가 전송 가능한 슬롯을 찾는다. 그림 2에서와 같이 경쟁 윈도우(CW:contention window)의 크기는 백오프 카운터가 0인 노드의 MSDU(MAC protocol data unit)가 전송을 성공하는 지 충돌하는지 여부에 따라 식(1)과 같이 결정된다.

$$W_i = 2^i W, \text{ where } i \in (0, m) \quad (1)$$

하지만 랜덤 함수에 의해 결정되는 백오프 시간의 길이를 정확히 예측하기는 불가능하므로, 새로운 백오프 알고리즘^[4,5]를 제안하여 전송 성공 시 경쟁윈도우 크기를 점차적으로 줄이는 방식으로 해결한다.

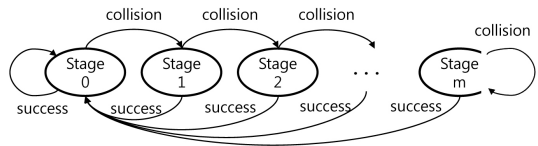


그림 2. 2진 지수 백오프
Fig. 2. Binary Exponential Backoff

2.2 Wi-Fi/ZigBee의 물리계층 관련연구

Wi-Fi는 2.4GHz 대역에서 22MHz 대역폭으로 구성된 13개의 채널을 가지고 이 중에 통신에 지장이 없는 3개의 채널을 사용하며, ZigBee는 2.4GHz 대역에서 16개의 채널로 이루어져 있고 각각 2MHz의 대역폭을 가진다. 이 때 1개의 Wi-Fi 채널이 4개의 ZigBee 채널과 겹쳐있는데, 이러한 중첩(overlap) 채널 중에서도 Wi-Fi 중심주파수에 가까운 2개 채널이 더 높은 상호 간섭을 일으킬 수 있다. 그래서 관련 연구^[3,6,7]에서는 채널을 분리하거나 같은 채널 내 중심주파수가 겹치지 않는 채널을 선택하는 채널 홉핑(Hopping) 기법을 제안 한다. 하지만 이러한 채널을 찾기 위해서는 미리 간섭을 탐지하여 최적의 채널을 찾은 후 모든 디바이스가 채널을 변경해야 하는데, 이를 위한 오버헤드가 크고 시간이 오래 걸릴 수 있을

뿐만 아니라 네트워크 이용률이 높은 경우 여전히 간섭이 존재한다.

CBT(Cooperative Busy Tone)를 이용한 채널 예약 기법¹⁸⁾은 주변 Wi-Fi 노드들에게 채널 상태를 알려주어 ZigBee의 전송을 보호한다. 데이터 전송 채널과 예약 채널을 동시에 사용할 수 있어 채널 스위칭 방식^{16,7)}보다 오버헤드를 줄일 수 있긴 하지만 여전히 채널 예약을 위한 추가 오버헤드가 든다. 또한 실제 환경에서 Wi-Fi 트래픽의 통계적 분석과 ZigBee 성능 모델링을 통하여 ZigBee 프레임의 제어하는 연구⁹⁾는 처리량을 최대화하는 최소 프레임 크기를 계산하여 ZigBee의 충돌 확률을 낮춘다. 이 연구는 간섭의 영향이 적은 채널을 찾기 위한 오버헤드가 없다는 장점이 있지만, 간섭레벨이 높은 환경에서 Wi-Fi 채널과 공정한 경쟁이 힘들고 효율성이 떨어지는 단점이 있다.

본 연구에서는 기존의 CSMA 환경 내 MAC 계층에서 ZigBee의 추가적인 오버헤드 없이 확률적으로 충돌을 회피하는 빈 슬롯구간을 찾는다. 또한 성능을 증명하기 위해 필요한 시스템 파라미터는 IEEE 표준 규격에 따라 실제 사물인터넷 환경에 가깝게 모델링하고, Wi-Fi/ZigBee 공존환경에서 ZigBee 노드수가 증가함에도 높은 Goodput을 보장하여 간섭을 극복한다.

III. 제안 알고리즘

3.1 네트워크 환경

본 논문은 IEEE 802.11b/g의 기본적인 매체 접근 기법인 DCF 방식을 사용한다고 가정하고, BEB 백오프 알고리즘을 분석한다. 또한 숨은 터미널 문제(hidden terminal problem)를 해결하기 위해 RTS/CTS를 전송한다. IEEE 802.15.4의 노드들은 ZigBee coordinator에게 주기적으로 데이터를 전송하여 이것을 집계한 ZigBee coordinator가 IoT Broker에게 전송한다. IoT Broker에는 Wi-Fi 모듈과 ZigBee 모듈이 함께 장착되어 있고, Wi-Fi 노드들과 ZigBee coordinator는 두 네트워크 환경이 공존한 환경에서 IoT Broker와 서로 데이터를 주고받는다[그림 3].

또한 ZigBee coordinator는 CSMA의 세 가지 방법(non-Persistent, 1-Persistent, p -Persistent) 중 채널이 idle 일 때 p 의 확률(접근 권한을 가진 스테이션 중 자신이 선택될 확률)로 프레임을 전송하는 p -Persistent 방식을 택한다. 그리고 $1-p$ 의 확률로 다음 슬롯까지 기다리고 그 후 채널의 상태에 따라 다시 p 의 확률로 전송하거나 $1-p$ 의 확률로 기다린다. 이러한 과정은 프레임이 전송되거나 다른 호스트가 전송을 시작할 때

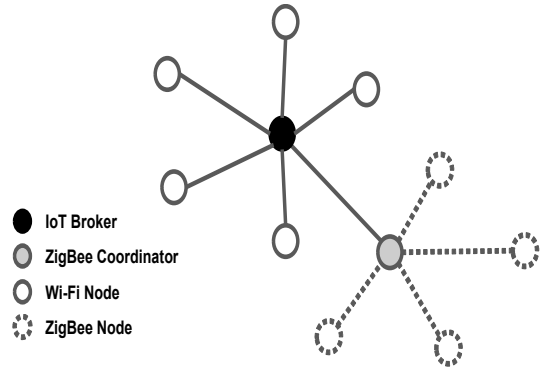


그림 3. 제안 네트워크 환경
Fig. 3. Proposed network environment

까지 반복된다.

3.2 ZigBee 전송시점 및 확률 결정

제안한 알고리즘은 Wi-Fi 패킷 전송 상황을 관찰하여 ZigBee의 전송시점을 결정하는 단계와 백오프 슬롯 시간 별 전송가능성 분석을 통해 전송확률을 결정하는, 두 단계로 이루어져 있다. 먼저 첫 번째 단계는 ZigBee coordinator가 전송 가능한 시기를 알기 위해서 필요하다. 다음 단계는 ZigBee coordinator가 계산된 확률로 전송을 결정하여 네트워크 효율성을 높인다.

3.2.1 ZigBee coordinator 전송시점 결정

이 단계는 전송할 프레임이 가진 Wi-Fi 노드가 IoT Broker에게 RTS(Request To Send)를 보내는 것으로 시작한다. 이를 받은 IoT Broker는 채널접근 예약을 위해 CTS(Clear To Send)를 전송하게 되고 다른 노드들은 NAV(Network Allocation Vector) 설정에 따라 전송할 수 없게 된다. CTS 포맷의 Duration 영역 값만큼 채널접근 예약이 끝나면 다시 경쟁에 참가하는 Wi-Fi 노드들은 백오프 슬롯 시간만큼 기다린 후에 다시 전송하는데, 제안방법은 NAV가 끝나는 시점에 ZigBee coordinator가 먼저 IoT Broker에게 전송하도록 한다. 즉, ZigBee가 Wi-Fi 전송의 빈 슬롯 사이에 전송함으로써 Wi-Fi 프레임과의 충돌을 피하려는 것이다[그림 4].

ZigBee coordinator가 Wi-Fi 전송보다 먼저 전송하기 위해서는 NAV가 끝나는 시점을 정확히 알 수 있어야 한다. 이 동작을 위해서 IoT Broker는 Wi-Fi 노드에게 채널 예약에 대한 응답으로 CTS를 전송할 때 ZigBee coordinator에게 빈 슬롯 시간을 알 수 있도록 별도의 메시지를 전송한다. 이 메시지에는 ZigBee coordinator에게 전송될 Wi-Fi의 NAV Duration 값이

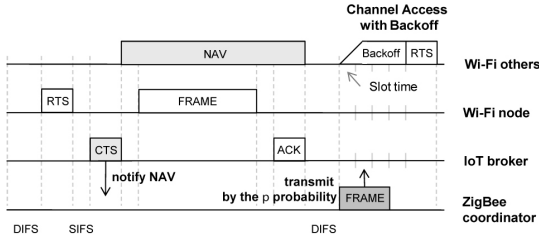


그림 4. ZigBee coordinator의 전송 시기
Fig. 4. Example of transmission period

포함된다. ZigBee coordinator는 수신된 메시지를 통해 Wi-Fi 전송이 끝나는 시점에 바로 전송을 할 수 있게 된다.

3.2.2 ZigBee coordinator 전송확률 결정

확률 p 는 ZigBee coordinator의 프레임 전송 성공률을 높이기 위해 필요하고, 전송에 참여하는 노드들 수와 슬롯 시간당 발생하는 프레임 전송횟수를 분석하여 결정된다. 먼저 Wi-Fi 프레임 전송이 서로 독립적이고 슬롯 구간(t) 당 발생하는 평균 프레임 전송 횟수(λ)가 푸아송 분포를 따른다고 가정한다. 처음 전송이 일어날 때까지 걸린 시간을 T 로 정의하면, $T \geq t$ 일 확률은 지수분포(Exponential distribution)를 따르고,

$$P(T \geq t) = e^{-\lambda t}, (t > 0) \quad (2)$$

이것을 확률변수 t 의 누적분포함수(CDF)로 나타내면 식(2)와 같이 정의할 수 있다^[10].

$$F_T(t) = P(T < t) = 1 - P(T \geq t) = \tau \quad (3)$$

$$f(t; \lambda) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda t} & \text{where } t \geq 0 \\ 0 & \text{where } t < 0 \end{cases} \quad (4)$$

t : ZigBee 프레임이 차지하는 슬롯 시간
 λ : t 시간당 발생하는 평균 패킷 전송 횟수

즉, 위의 식(3)은 임의의 Wi-Fi 노드가 슬롯구간 ($0, t$)내에서 한 번 이상 전송을 시도하는 확률(τ)과 같고, 이것을 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{tr} = n\tau(1-\tau)^{n-1} \quad (5)$$

ZigBee coordinator는 계산된 P_{tr} 의 확률로 IoT Broker에게 전송한다. 반면 다수의 노드들이 경쟁에 참여하고 이 때 결정되는 백오프 시간의 길이를 예측할 수 없기 때문에, ($0, t$)구간만 전송을 시도하는 것이

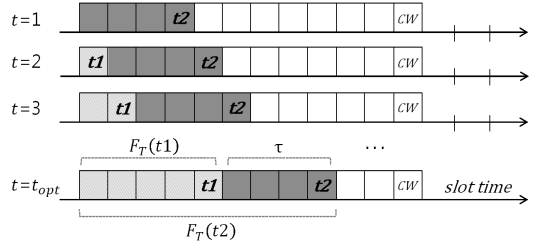


그림 5. ZigBee coordinator 전송확률
Fig. 5. Transmission probability of ZigBee coordinator

아니라 ZigBee coordinator 프레임이 전송을 시도했을 때 성공 가능한 구간까지 재시도 한다[그림 5].

이 구간 내에도 전송을 시도하지 않았다면 다음 백오프 스테이지까지 기다린다. 여기에 Wi-Fi 네트워크에 존재하는 n 개 노드들이 동시에 전송을 시도할 확률을 이용하면 확률 $p(=P_{tr})$ 를 얻을 수 있게 된다 [Algorithm 1].

Algorithm 1: Transmission probability

```

1: Input:  $t_1 \leftarrow 0, t_2 \leftarrow \text{zigbee frame length}$ ,
 $t'_1 \leftarrow t_1, t'_2 \leftarrow t_2$ 
2: Output:  $P_{tr}$ 

// Phase 1: Finding slot time
3: if IoT Broker  $\rightarrow$  send(CTS) to a wifi node
4:   ZC  $\leftarrow$  notify (NAV finish time)

// Phase 2: Determining probability
5: if  $P_{tr}(n) \neq \emptyset$  then
6:    $P = 1$ 
7: else
8:   for  $t'_2 \in t_{opt}$  do
9:      $t'_1 \leftarrow t_1, t'_2 \leftarrow t_2$ 
10:     $\tau \leftarrow \int_{t'_1}^{t'_2} e^{-\lambda t} dt$ 
11:     $P_{tr} \leftarrow n\tau(1-\tau)^{n-1}$ 
12:     $t_1 \leftarrow t'_1 + 1 \text{ slot time}$ 
13:     $t_2 \leftarrow t'_2 + 1 \text{ slot time}$ 
14:    ZC  $\rightarrow$  send(frame)  $\times (1 - P_{tr})$ 
15:   end for
16: end if
    
```

IV. 실험

본 장에서는 제안방법의 성능을 평가하기 위해 Matlab을 이용하여 네트워크 환경에 따른 이론적인 성능을 확률적으로 분석하고, 사물인터넷의 간섭 환경을 모델링하여 해당 네트워크에서 ZigBee 전송의 효

을 확인한다. 시뮬레이션에 필요한 시스템 파라미터는 IEEE 802.11b/g와 IEEE 802.15.4 표준규격에 다르으며, 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameters

Parameter	Wi-Fi(b/g)	ZigBee
packet payload	0.5/1/10Mbyte	254bits
MAC header	272bits	16bits
PHY header	128bits	8bits
ACK	112bits+PHY	7bits+PHY
RTS	160bits+PHY	-
CTS	112bits+PHY	-
Channel Bit Rate	5/20Mbps	250kbps
Propagation Delay	1 μ s	1 μ s
Slot Time	20/9 μ s	320 μ s
SIFS	30/10 μ s	-
DIFS	50/28 μ s	-

4.1 확률적 분석

전체 네트워크에 표 1과 같이 설정하고 임의의 Wi-Fi 노드가 슬롯구간 [Initial CW, Max CW]내에서 한 번 이상 전송을 시도하는 확률(τ)을 패킷 크기와 전송 속도 별로 알아본다. Wi-Fi 패킷은 그림 6과 같이 구성되어 있고, 한 개 패킷이 전송을 시도할 때 첫 번째 슬롯 시간에서의 누적 분포 함수를 보여준다.

그림 7을 살펴보면 슬롯 시간이 증가함에 따라 페이로드 크기 별 전송 시도 확률을 알 수 있다. 802.11b에서 32슬롯(초기 경쟁윈도우)일 때 0.5Mbyte의 패킷은 전송시도확률이 41.93%인데, 같은 조건에서 10Mbyte의 패킷은 1.54%이다. 이것은 패킷 크기가 클 때보다 작을 때 전송 시도 확률이 높음을 나타낸다. 반면 802.11g에서 32슬롯일 때 0.5Mbyte의 패킷은 59.30%, 10Mbyte는 0.7%의 전송 시도 확률을 보이는데 이것은 전송속도가 높을수록 패킷크기에 대한 더 민감한 결과를 나타냄을 알 수 있다. 정리하면 Wi-Fi 노드는 슬롯시간이 지남에 따라 패킷크기가 작을수록 NAV가 끝나자마자 전송을 시도할 확률이 높

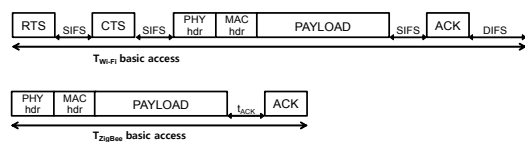


그림 6. Wi-Fi/ZigBee 프레임 구성
Fig. 6. Wi-Fi/ZigBee mechanisms

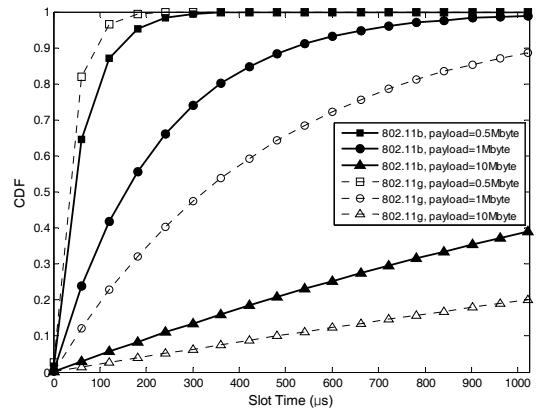


그림 7. 패킷 크기 별 Wi-Fi 노드의 전송 시도 확률
Fig. 7. Probability of attempts to a Wi-Fi transmission increasing slot time, per payload size

음을 알 수 있다.

전송 속도 변화에 따른 결과를 자세히 알아보기 위해서 페이로드 크기를 1Mbyte로 고정하고 802.11g 환경에서 분석했다. 802.11g는 이론상 최대 속도가 54Mbps이지만, 실제속도는 20Mbps 정도의 성능을 보인다. 이와 유사하게 슬롯시간에 따른 전송속도 별 결과를 살펴보면 그림 8과 같다. 32슬롯 내에서 10Mbps의 속도에서는 전송을 시도할 확률이 25.08%인데 반해 54Mbps에서는 70.61%의 결과를 보여 그 차이가 큰 것을 알 수 있다. 이것은 경쟁윈도우 크기가 고정되어 있을 때 전송 속도가 빠를수록 전송을 시도할 확률이 높으므로 제안 아이디어가 빠른 전송속도를 가진 환경에서 더 큰 효율성을 보인다는 것을 알 수 있다.

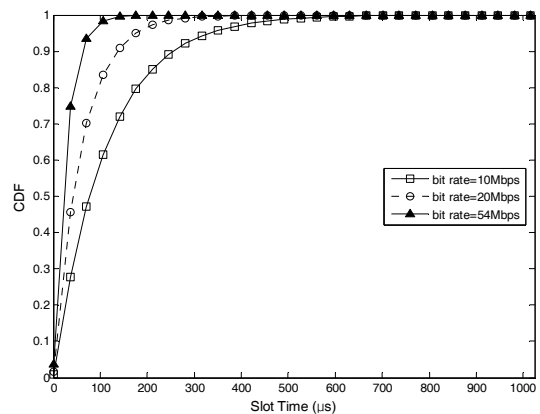


그림 8. 전송 속도 별 Wi-Fi 노드의 전송 시도 확률
Fig. 8. Probability of attempts to a Wi-Fi transmission increasing slot time, per bit rate

4.2 성능 모델링

확률적으로 분석한 결과를 토대로 사물인터넷 간섭 환경을 모델링하여 네트워크상에서 성공적으로 전송된 ZigBee 패킷을 확인한다. 이러한 측정값을 Goodput이라고 하는데, 네트워크가 손실을 겪고 있어 불안정한 상태인 경우에는 Throughput보다 더 정확한 측정값을 보여준다.

$$Goodput_{ZigBee} = \frac{s}{T_{data} + n + T_{ack}} \quad (6)$$

$$T_{data} = \frac{s + H_{phy} + H_{mac} + H_{ack}}{Rate} \quad (7)$$

$$T_{ack} = \frac{H_{phy} + H_{mac} + H_{ack}}{Rate} \quad (8)$$

시뮬레이션 동작 모델은 각 스테이션이 항상 전송할 데이터를 가지고 있는 포화상태를 가정하였고, 실험에 필요한 파라미터 값은 표 1과 같다. 각 동작은 10회 반복 실행하여 평균값을 사용하였다. 성능을 확인하기 위한 Goodput은 식(6)에 따라 계산된다^[11]. T_{data} , T_{ack} 는 식 (7),(8)과 같이 나타낼 수 있고, n 은 ZigBee 패킷의 평균 수, s 는 ZigBee 프레임크기를 나타낸다.

먼저 ZigBee 노드 수에 따른 기존 네트워크 환경과 간섭 네트워크 환경과의 Goodput을 비교한다. 여기서 간섭 네트워크 환경은 전송확률 결정을 제외한 전송시점만을 결정한 상태이고, 파라미터는 10개의 Wi-Fi 노드와 1Mbyte의 페이로드로 고정하였다. 그림 9에서

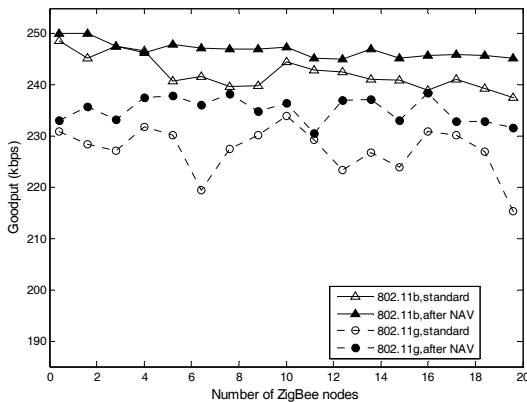


그림 9. 802.11b/g에서 전송시점 당 평균 Goodput
Fig. 9. Average Goodput versus the ZigBee nodes, per 802.11b/g network

보는 바와 같이 Wi-Fi 노드의 전송이 끝나는 시점 즉, NAV구간 직후에 전송하는 것이 기존 환경보다 더 높은 Goodput을 보인다. 한편, 802.11g에 비해 802.11b가 더 높은 Goodput를 보이는데 이것은 802.11g가 전송속도도 빠르고 슬롯 시간이 짧아 빈 슬롯구간이 상대적으로 작아 ZigBee가 간섭의 영향을 더 많이 받는 것으로 보인다.

마지막으로 그림 10에서는 IEEE 801.11g환경에서 p-Persistent CSMA 방식을 적용하여 본 연구에서 제안한 ZigBee의 전송시점과 전송 확률 p 가 네트워크에 미치는 영향을 확인한다. 여기서 전송확률 p -Persistent는 네트워크를 시작하자마자 Wi-Fi가 전송을 시작하는 경우와 전체 네트워크 트래픽 발생의 평균치가 되는 지점을 정하여 실험하였다. 앞서 실험한 결과와 같이 기존네트워크에 비해 제안 방식이 전송확률에 따라 각각 6.37%, 8.8% 높은 Goodput을 보장해준다. 한 가지 주목할 만한 점은 노드 수의 증가에도 Goodput의 변화가 크지 않다는 점이다. 이것은 네트워크가 혼잡한 경우에도 적절한 전송 확률로 간섭의 영향을 줄였기 때문에 사물인터넷 환경에서도 상대적으로 전송이 원활히 이루어 질 수 있다는 것을 확인했다.

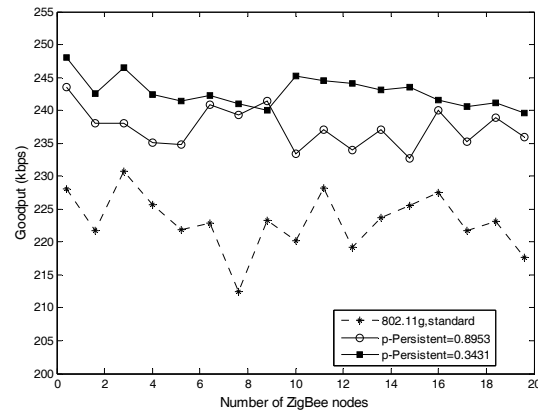


그림 10. 확률 p 당 평균 Goodput 변화
Fig. 10. Average Goodput versus the ZigBee nodes, per the probability p

V. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.11b/g (Wi-Fi) 네트워크와 IEEE 802.15.4 (ZigBee) 네트워크가 공존하는 환경에서 상대적으로 전송파워가 낮아 간섭의 영향을 많이 받는 ZigBee의 데이터 전송 오류 발생률을 줄이

는 방법을 소개하고 있다.

논문에서 제안한 기법은 Wi-Fi DCF 방식의 BEB 백오프 알고리즘의 특성을 이용하여 ZigBee가 Wi-Fi의 빈 슬롯구간에 전송하도록 하는 충돌회피 방식을 제안하였다. 특히 ZigBee coordinator의 전송확률을 조절하여 네트워크 환경에 따라 효과적으로 전송함으로써 상호 간섭 현상을 개선시킨다.

제안방법을 증명하기 위해서 Matlab를 이용한 확률적 분석을 수행하여 패킷크기와 전송속도별로 그 결과를 확인하고, 그 결과 같은 조건 내 패킷크기가 작고 전송속도가 빠른 데이터를 가진 Wi-Fi 노드가 전송시도확률이 높음을 알 수 있었다. 또한 사물인터넷 환경 모델링을 통하여 ZigBee 패킷에 대한 Goodput을 결과 값으로 나타내었다. 결론적으로 제안하는 알고리즘은 기존 네트워크 공존 환경에 비해 전송 성공률 측면에서 약 7.6% 향상된 성능을 가진다는 것을 확인할 수 있었다.

References

[1] Y. Kim, Y. Jeon, and I. Chong, "Device objectification and orchestration mechanism for IoT," *J. KICS*, vol. 38C, no. 01, pp. 19-32, Jan. 2013.

[2] J. Kim and J. Lee, "A study on the service platform for Internet of Things," in *Proc. KICS ICC 2012*, pp. 260-261, Jan. 2012.

[3] A. Sikora, "Compatibility of IEEE 802.15.4 (ZigBee) with IEEE 802.11 (WLAN), bluetooth, and microwave ovens in 2.4GHz ISM-Band," Steinbeis-Transfer Center, Embedded Design and Networking, University of Cooperative Education Loerrra, September 2004.

[4] N. Song, B. Kwak, J. Song, and L. E. Miller, "Enhancement of IEEE 802.11 distributed coordination function with exponential increase exponential decrease backoff algorithm," *The 57th IEEE Semiannual*, vol. 4, pp. 2775-2778, Apr. 2003.

[5] V. Bharghavan, A. Demers, S. Shenker, and L. Zhang, "MACAW: A media access protocol for wireless LAN's," in *ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, vol. 24, no. 4, pp. 212-225, Oct. 1994.

[6] S. Pollin, M. Ergen, M. Timmers, A. Dejonghe, L. Van der Perre, I. Moerman, F. Catthoor, and A. Bahai, "Distributed cognitive coexistence of 802.15.4 with 802.11," *CROWNCOM 2006*, pp. 1 - 5, Mykonos Island, Greece, Jun. 2006.

[7] J. S. Han, S. H. Lee, H. S. Kim, and Y. H. Lee, "Mitigation of co-channel interference in ZigBee," in *Proc. KICS ICC 2011*, pp. 908-909, Korea, Feb. 2011.

[8] X. Zhang and G. Shin, "Enabling coexistence of heterogeneous wireless systems: Case for ZigBee and WiFi," in *Proc. Twelfth ACM Int. Symp. Mobile Ad Hoc Networking and Computing ACM*, Paris, France, May 2011.

[9] J. Huang, G. Xing, G. Zhou, and R. Zhou, "Beyond co-existence: exploiting WiFi white space for Zigbee performance assurance," in *Network Protocols (ICNP)*, pp. 305-314, Kyoto, Japan, Oct. 2010.

[10] L. Alberto, *Probability, statistics, and random processes for electrical engineering*, 3rd Ed., Pearson Press, 2008.

[11] L. Le, S. Albayrak, M. Elkotob, and A. C. Toker, "Improving TCP Goodput in 802.11 access networks," in *IEEE Int. Conf. Commun., ICC'07*, pp. 4494-4499, Glasgow, Scotland, Jun. 2007.

이 수 진 (Sujin Lee)



2009년 : 인제대학교 정보통신 공학과 학사
 2013년~현재 : 부산대학교 컴퓨터공학과 석사과정
 <관심분야> 사물인터넷, 무선 이동네트워크, 수중네트워크, RFID/USN

유 영 환 (Younghwan Yoo)



1996년 : 서울대학교 컴퓨터공
학과 학사

1998년 : 서울대학교 대학원 컴
퓨터공학과 석사

2004년 : 서울대학교 대학원 컴
퓨터공학과 박사

2004년~2006년 : 신시내티대학

교 전기컴퓨터공학부 연구원

2007년~현재 : 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야> 무선/이동네트워크, IoT, 수중네트워크,
네트워크융합