IEEE 802.15.4 기반 CSMA/CA 충돌에 대한 실험결과에 근거한 Energy Save에 대한 연구

Study of Energy Save upon Result of CSMA/CA Collision on IEEE 802.15.4

신진철, 박홍성
Jin Chul Shin, Hong Sung Park

Abstract - This paper is seeing as one big cause that reduce Life Time of sensor node become soft if BackOff Time is prolonged in CDMA/CA of competition way that consist at data transmission of each sensor nodes base sensor network environment. So solution method uses GTS, wish to reduce competition Node's , and minimise data transmission delay.

Key Words :Zigbee, Snesor Network, CSMA/CA, GTS, Power Saving

1. 서론

서로 통신이 가능한 수많은 센서 노드들이 우리가 생활하는 환경에 눈에 보이지 않게 스며들고 있다. 이로 인해 생활하면서 자신도 모르게 환경에 맞는 서비스를 받게 되고 쉽게 정보를 얻게 되며, 사물 자체에서 원하는 서비스를 요청하지 않아도 원하는 서비스를 받게 되는 지능적인 환경으로 진화되고 있다.

Sensor Node는 일정한 지역에 수십에서 수천개 이상이 사용될 수 있다. 이러한 Sensor Node들에게 주기적으로 Power를 공급한다는 것은 인력 낭비일 뿐만 아니라 비효율적인 일이 된다. 따라서 이러한 Sensor Node에서 가장 중요하게 생각되고 있는 것이 Power 소모에 따른 Life Time을 어떻게 보장할 수 있는가에 있다. 특성상 Sensor Node는 수개월에서 수년의 Life Time을 유지해야 한다. 또한 Sensor Node는 그 크기가 작기 때문에 초기에 공급되는 Power의 양 또한 적은 것이 특징이다. [1] 따라서 이러한 문제점과 Sensor Node의 특성에 맞게 IEEE 802.15.4라는 새로운 표준이 등장하게 되었다. IEEE 802.15.4의 목표는 저 저력, 저 비용을 목적으로 낮은 전송율의 값싼 장치 사이의 무선 접속성을 위해 MAC 계층과 PHY계층에 대해 표준을 제공하고 있다. IEEE 802.15.4의 MAC계층에서는 비동기 경쟁기반의 접근뿐만 아니라 경쟁 기반의 접근과 비경쟁기반의 접근이 둘 다 가능한 비콘 동기화된 Superframe 구조로 정의되어 있다. 한 Superframe은 CAP(Contention Access Period)와 CFP(Contention Free Period)로 나눠져있다. CFP안의 Node들은 시간지연에 민감하며, 데이터 전송시 CSMA/CA에서 데이터 전송 실패가 일어나서는 안 될 데이터 스티림을 교환하며, CAP안에서는 비동기 데이터의 전송을 위해 서로 경쟁한다.[3] 이 경쟁과정에서 채널을 사용하지 못 할 경우 Random Backoff가 일어나고 Random Backoff가 발생하는 과정에서의 Power가 무의미 하게 소모되며, 또한 Random Backoff는 Coordinator의 Superframe에서 SO값이 0이 될 때 까지 반복되고 SO값이 끝나게 되면 전송실패 메시지와 함께 다음 Superframe을 기다리게 된다. 이는 Sensor Noded의 Life Time을 줄이는 치명적인 요인이다. 또한 데이터 전송 실패는 긴급한 상황에 대해 실시간으로 대처해야 하는 환경에서는 치명적인 결과를 나타낼 수 있는 요인이기도 하다. 하지만 센싱된 데이터를 전송할 때 실패 없는 데이터를 전송하기 위해서는 Backoff를 계속해서 반복해야 하는데 이것은 Superframe을 전송하는 Coordinator에서 SO값을 늘려야 하는 결과를 불러온다. 결과적으로 Coordinator에서도 Power를 더욱 사용하기 때문에 Coordinator의 Life Time 또한 줄어들게 되는 결과를 초래한다. 따라서 Sensor Network에서 중요시 여겨지는 데이터 전송과, 불필요한 Power 소모로 인해 줄어드는 Life Time을 보정할 수 새로운 방법을 필요로 하고 있다.

본 논문은 2장에서 MAC 구조에 대해 설명하고, 3장에서 실질적인 TEST를 통해 얻은 Node수에 따른 데이터 전송 지연시간에 대해 논의 하며, 4장에서 GTS 사용방법에 대해 제한함과 동시에 성능적인 부분에 대해 논의 하며, 5장에서 결론을 내린다.

저자 소개
* 신진철: 강원대학 전자통신공학 석사과정
**. 박홍성: 강원대학 전자통신공학 교수

2. IEEE 802.15.4 MAC

2.1 Suferframe 구조

IEEE802.15.4에서 Beacon enable 모드에서 저전력 소모를 위해 Superframe을 사용한다. PAN Coordiantor는 예정된 간격으로 Superframe Beacon을 송신한다. 두 Beacon 사이에는

주기와 무관하게 16개의 동일한 타임 슬롯으로 나누어지며, Beacon, CAP, CFP로 구성된다. CAP(Contention Access Period)에서는 타임슬롯의 채널 접근을 위해 End device들은 경쟁을 통하여 채널에 접근을 할 수 있는 CSMA/CA 알고리즘을 사용하며, CFP(Contention Free Period)는 구간에 GTS(Guaranteed Time Slots)을 할당하여 경쟁 없는 채널을

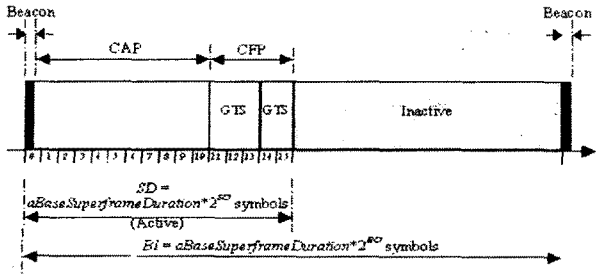

그림 1. The superframe structure

접근함으로써 대역폭을 보장해 준다. 또한 Superframe은 활성과 비활성 구간으로 나눌 수 있으며, 비활성 구간에는 저전력 모드로 들어가게 된다. Superframe 구조는 BO(macBeaconOrder)와 SO(macSuperframeOrder)의 값에 의해 결정되게 되는데, BO는 비콘 간격의 길이(2^{BO}*aBaseSuperFrameDuratioin)의 길이를 결정하고, SO는 Superframe의 활성부분(2^{SO}*aBaseSuperFrameDuration)을 결정한다.

3. 실험 환경 및 결과

실제 환경에서 Superframe duration에 따른 데이터 전송 성공률을 측정하기 위해 CC2420DB를 사용하여 실험을 하였다. CC2420DB는 Atmega128의 8bit MCU를 사용하고 있다.

실험의 시나리오는 같은 Superframe에서 End Device의 개수에 따라 변화되는 데이터 전송 시간을 측정하였고, 데이터는 한번에 112Byte를 임의로 생성하여 Coordinator에게 전송되게 하였다.

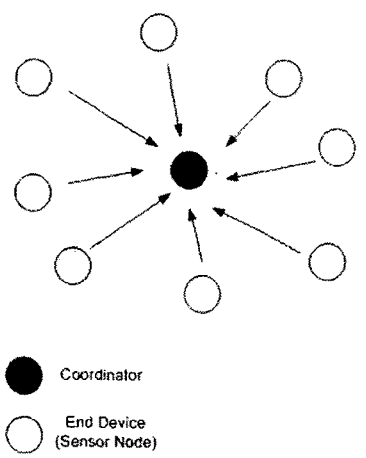

그림 2. Implementation to star topology

Network Topology는 Coordinator 하나와 End Device들로 이루어진 Star Topology를 형성하여 실험하였으며, End Device들은 Coordinator로부터 Acknowledgment이외에는 어떠한 데이터도 받지 않도록 하였다. 이는 Sensor Network 환경에서 Sensor Node에서 Sensing된 값을 Coordinator에게 전송만하는 상황과 동일하게 하기 위해서 이다.

Sensor Node		Chipcon CC2420DB
전송 데이터		112Byte
Node 수	Coordinator	1개
	End Device	8개
Beacon Duration		30ms
Superframe Duration		15ms
Sensor Node 간 거리		1M

표 1. Test Parameter

실험은 Coordinator와 End Deivce들 간 Association이 모두 이루어진 후 End Device 에서 데이터를 전송하기 시작하는 이 후부터 측정하였다. 측정하기 위해 사용된 장비는 Chipcon사에서 제공하는 CC2420-Packet Sniffer를 사용하여 각 End Device간 데이터를 전송한 시간을 비교하여 전 데이터와의 전송 시간의 차를 구하였다. Beacon Duration을 30ms로 짧게 설정하였는데 이유는 End Device의 수가 적기 때문에 Beacon Duration을 길게 설정할 경우 각 End Divce에서 전송하는 데이터의 Delay가 적게 발생하여 Beacon Duration을 짧게 설정하였다. Superframe Duration 또한 15ms로 짧게 잡은 이유는 End Device에서 112byte를 Coordinator에게 전송하는데 걸리는 시간이 약 4ms정도 소요되기 때문에 8개의 End Device에서 데이터 전송시 충돌이 일어나도록 유도하기 위해서 이다.

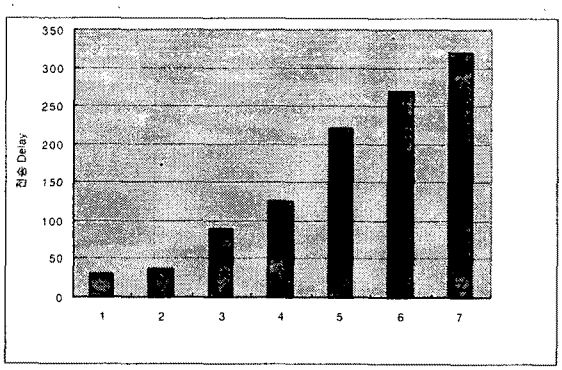

그림 3. Result of implementation

처음 Coordinator와 통신하는 End Device의 수가 적으면 데이터를 전송하는 문제가 거의 발생하지 않으나, End Device의 수가 증가함에 따라 급격하게 데이터의 전송률이 나빠지는 것을 확인 할 수 있다. 이는 CSMA/CA의 알고리즘으로 인해 발생하는 Backoff의 수가 증가하고 Backoff Counter가 Max가 되어 다음 Superframe에 데이터를 전송해야 하는 상황이 발생하기 때문이다. 또한 다음 Superframe에서도 데이터를 전송하지 못 경우가 발생할 수 있기 때문에 Node의 수가 증가하면 할수록 데이터 전송률은 악화되게 되는 것을 볼 수 있다. 이는 외부의 전력

지원이 없는 End Device의 경우 데이터를 전송한 후 Sleep 모드로 전환하여 Power소모량을 최소한으로 하여 Life Time을 늘려야 한다. 하지만 결과와 같이 잦은 충돌로 인하여 데이터를 전송하는데 있어 Power를 많이 소모하는 경우 Life Time을 줄이는데 많은 영향을 주는 결과를 초래한다. 따라서 데이터 전송시 데이터 전송 Delay를 최소화 하는 방법이 필요하다.

4. GTS를 이용한 Power Saving

IEEE802.15.4에서 그림1 과 같이 Superframe을 제공하고 있다. Superframe은 충돌 방지 알고리즘을 사용하는 CAP와 안전하게 데이터를 전송할 수 있는 CFP로 구성된다. 위 결과의 경우 CAP에서 CSMA/CA를 사용하여 데이터를 전송하기 때문에 데이터 전송에 있어서 전송 Delay가 많이 발생하였다. 이는 End Device의 수가 많으면 많아질수록 더욱 악화되는 현상이다. 하지만 GTS를 사용하게 되면 최대 7개의 노드는 CAP 구간에서 데이터를 전송하지 않기 때문에 충돌확률이 줄어들게 됨과 동시에 이에 따른 Power 소모량 또한 줄어 들 것이다.

4.1 GTS

Coordinator와 End Device간에 있어 End Device가 GTS를 사용하기 위해서는 CAP 구간에 Coordinator에게 GTS를 사용하기 위한 요청을 해야 한다. 요청을 받은 Coordinator는 자신의 최근 전송된 Superframe을 확인하여 할당 가능여부를 확인 후 다음 Superframe으로 할당 여부를 알려 주게 되며, GTS를 할당해 줄 때 Coordinator는 한정된 횟수를 정해서 할당하게 된다. Coordinator로부터 GTS를 할당 받은 End Device는 CAP구간에서 CSMA/CA할 필요 없이 데이터를 전송하게 되며, 할당된 횟수만큼의 GTS를 사용한 End Device는 다시 CAP 구간에서 다시 할당 요청을 할 수 있다.[4]

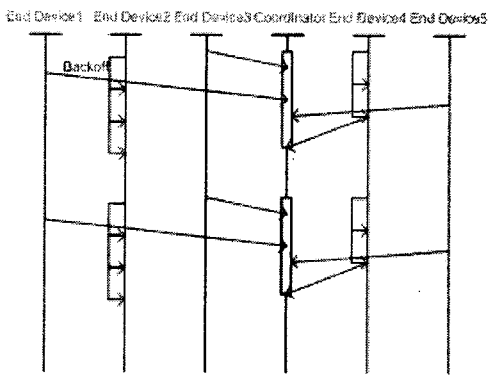

그림 4. Sequence chart of data transmit

그림 5의 End Device2의 경우처럼 충돌로 인해 Baockoff의 발생이 잦으며, 데이터 전송률이 매우 낮을 수 있다. 이때 일정이상의 Backoff로 인해 데이터 전송 실패가 발생하게 되면 다음 Superframe에서 데이터를 전송하지 않고 GTS 요청을 보낸다. GTS 요청시 Coordiantor로부터 GTS을 받게 되면 이 End Device는 다음 Superframe부터 CAP에서 사용되는 전력낭비를 줄일 수 있으며, 데이터 전송Delay없이 데이터를 원하는 시간에 전송 할 수 있다. 이러한 과정은 모든 End Device에서 가능하다고 하면, 항상 GTS는 다른 Device들에 의해서 돌아가며 GTS를 잠시나마 사용하는 Device들은 전력낭비를 줄일 수 있으며, 데이터 전송 Delay 또한 무의미하게 늘어나는 것을 방지 할 수 있을 것이다.

5. 결론

본 논문은 IEEE802.15.4에서 제공하는 CAP구간에 Node수에 따른 데이터 전송 Delay를 측정하여 Node수에 따라 데이터 전송 Delay가 급속도로 늘어난 다는 것을 확인하였다. 이에 대한 해결방안으로 Superframe 구조 중 GTS를 활용함으로 인해 최대 7개까지 CAP구간에서 경쟁하는 것을 줄여 전체적으로 Backoff 확률을 줄일 수 있을 것이다. 또한 이는 전체 Node가 일정 이상의 PAO 구간에서 데이터 전송이 실패하면 요청가능 하기 때문에 전체 Node가 전력소모를 최소화 하며, 데이터 전송률을 높일 수 있는 가능성을 갖을 수 있다는 장점이 있다. 앞으로 본 논문에서 연구해야 할 부분은 GTS를 활용함으로 인해 실질적으로 어느정도 전력소모가 줄어들었으며, 데이터 전송률이 좋아 졌는지에 대해 실험을 하여 결과를 비교해야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 이혜림, 정민영, 이태진 " IEEE 802.15.4 무선 PAN의 Slotted CSMA/CA MAC 시뮬레이션" 한국 시뮬레이션학회 2005 춘계학술대회 논문집, pp.10-14, 2005.

[2] IEEE 802.15.4, Part 15.4 : Wireless Medium Access Conrol and Physical Layer Specifications for Low Rate Wireless Persnal Area Networks, Oct. 2003.

[3] J.Zheng and M/J. Lee, "Will IEEE 802.15.4 Make Ubiquitous Networking a Reality?" IEEE Commnunication Magazine, Vol 42, no. 6, pp.140-146, Jun. 2004

[4] Yu-Kai Huang, Ai-Chun Pang, and Tei-Wei Kuo "AGA : Adaptive GTS Allocation With Low Latency and Fairness Considerations for IEEE 802.15.4" IEEE ICC 2006