HR-WPAN을 위한 에너지 효율적인 PNC 선택 절차§

한진우[O]* 유대훈* 최웅철* 이승형** 정광수**
광운대학교 컴퓨터과학과* 광운대학교 전자정보공학부**
{kasinali,yo2dh}@cs.kw.ac.kr wchoi@daisy.kw.ac.kr {rhee, kchung}@kw.ac.kr

Energy efficient PNC selection procedure for HR-WPAN

Jinwoo Han[O]* Daehun Yoo* WoongChul Choi* Seung Hyong Rhee** KwangSue Chung**
Department of Computer Science, KwangWoon University*
Department of Electronics Engineering, KwangWoon University**

요 약

IEEE 802.15.3에서 piconet 안의 PNC가 선택되는 방법은 각각 디바이스들의 능력을 기반으로 선택 된다. 이러한 PNC의 역할을 하는 디바이스는 piconet안에서 가장 많은 에너지를 소비하게 된다. PNC의 프레임 전송 범위는 PNC 에너지 소비와 밀접한 관련을 가지고 있다. 그래서 PNC역할을 하는 디바이스를 토플로지 상의 중앙에 위치 시켜서 PNC의 프레임 전송 거리를 최소화한다. 이를 통해 PNC의 에너지를 절약하여 PNC역할을 하는 디바이스의 생존 시간을 연장 시키고자 한다. 본 논문에서는 이러한 PNC의 전송범위를 최소화 할 수 있는 piconet 토플로지상의 위치를 정하는 방법에 대하여 제안하고 있다.

1. 서 론

HR-WPAN(High Rate Wireless personal Area Networks)는 실내, 사무실 혹은 폐쇠된 공공장소 등에서 10m내외의 짧은 거리의 통신 서비스를 제공하는 네트워크 기술이다[1]. HR-WPAN은 주변의 컴퓨터, 주변기기, 휴대폰, 가전제품, 이동기기들 같은 디바이스를 무선으로 연결하여 이들 Device 상호간의 통신을 지원함으로 다양한 응용 서비스를 만들어 낼 수 있다. HR-WPAN은 통신을 원하는 디바이스(Device)들이 모여 piconet을 형성함으로 상호간의 통신을 할 수가 있다. 이러한 piconet안의 디바이스들 중에 가장 능력이 좋은 디바이스는 piconet안에서 PNC(Piconet coordinator)가되어 piconet안의 디바이스들간에 통신을 관리하게 된다. 일반적으로 piconet을 운영할 수 있는 능력을 확인했을 때 주변 디바이스들에 비하여 뛰어난 디바이스를 piconet의 PNC로 정하게 되있다. PNC는 piconet을 관리하는 일을 수행함으로 piconet 안에서 가장 빈번한 통신을 수행한다. 그래서 PNC의 역할을 맡은 디바이스는 다른 디바이스들에 비하여 에너지의 소비가 많다. 그리고, 무선 네트워크에서의 자체 베터리를 사용하는 디바이스들의 에너지절약에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. HR-WPAN에서도 디바이스의 에너지 절약이 중요한 이슈이다[2][3][4]. 본 논문에서는 piconet안에서 가장 많은 에너지 소비가 발생하는 PNC의 파워를 절약하는 방법에 대하여 논하고 있다.

2. 관련 연구

2.1 IEEE 802.15.3 Handover

IEEE 802.15.3 에서 디바이스간의 통신을 위해서 프레임 전송을 원하는 디바이스가 piconet을 형성함으로 시작된다. IEEE 802.15.3에서 piconet은 다수의 디바이스들이 상호 통신 할 수 있는 무선 에드 혹 데이터 통신 시스템 이다. Piconet 안에서는 10미터 안의 모든 방향으로 디바이스간의 통신을 하는 것이 가능하다. 처음 piconet을 형성한 디바이스는 PNC (Piconet coordinator)가 되어 piconet안에서 각각의 디바이스들 간의 통신을 관리 한다. 또 PNC에서는 piconet에 관한 정보를 beacon에 넣어서 전송을 한다. 이렇게 piconet이 형성된 이후에 PNC는 piconet내에서 가능 능력이 좋은 디바이스에게 PNC의 역할을 이양할 수 있다.

표 1 PNC handover를 위한 디바이스 속성의 비교표

Order	Information	Note
1	PNC Des-mode bit in capabilities field	PNC Des-mode=1 is preferred
2	SEC bit in PNC capabilities field	SEC = 1 si preferred
3	PSRC bit in PNC capabilities field	PSRC=1 is preferred
4	Max associated DEVs	Higher value is preferred
5	Max CTRqBs	Higher value is preferred
6	Transmitter power level(PHY dependent)	Higher value is preferred
7	MAX PHY rate (PHY dependent)	Higher value is preferred
8	DEV address	Higher value is preferred

표 1 에서는 PNC 를 선택하는 과정의 단계를 보여주고 있다. 표 1 에서 보는 바와 같이 PNC에서는 각각의 디바이스들이 PNC가 될 수 있는 지에 대한 여부와 디바이스들이 가지고 있는 능력을 확인하여 현재 PNC보다 좋을 경우에 PNC를 handover한다[5]. IEEE 802.15.3 standard 에서는 PNC선택 과정에 있어서 디바이스각자의 능력만을 고려하고 있다. 하지만 디바이스가 PNC로서의 역할을 수행할 경우에 소비되는 전력에 대한 고려는 되어 있지 않다. 다만, PNC 선택을 위해 PSRC bit를 이용하여 디바이스가 외부 전원에 연결되어 있는지 베터리를 사용하는지에 대해서만 고려하고 있다.

§ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 [R01 - 2002 - 000 - 10934 - 0 (2005)] 의 지원에 의해 수행되었음.

3. 본 론

3.1 문제 정의

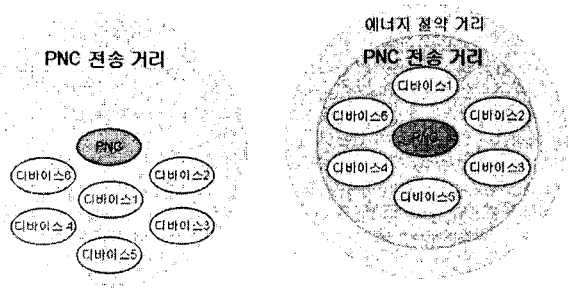


그림 1 PNC 위치에 따른 에너지 소비 범위

그림 1에서 보는 바와 같이 만일 동일한 토플로지상에서 A의 PNC는 모든 디바이스들에게 송신을 하기 위해서 필요한 최소 전송 범위가 B의 전송 범위보다 넓다는 것을 확인할 수 있다. 즉, piconet 토플로지상에서 모든 디바이스들에게 송신시 최소 전력만을 소비 할 수 있는 위치의 디바이스를 PNC로 선택한다면 PNC의 생존 시간을 연장 시킬 수 가 있게 된다. 만일 그림 1에서 A 의 PNC가 B의 PNC 보다 디바이스로써의 능력을 뛰어나다고 해도 앞으로 PNC의 역할을 수행해 나가는데 있어서 A의 PNC는 훨씬 더 많은 에너지를 소비하게 될 것이다. 그만큼 PNC로서의 역할을 수행 할 수 있는 시간이 줄어 들것이고 그로 인해 PNC handover가 불필요하게 발생 할 수 있다.

본 논문에서는 PNC선택 과정에서 고려하는 디바이스들의 능력치뿐만 아니라 토플로지상에서의 위치를 고려하여 PNC가 될 수 있고 토플로지상에 가장 중앙에 위치하는 디바이스를 PNC로 선택하는 방법을 제안한다. 이로써 PNC의 불필요한 handover과정에서 발생할 수 있는 전력를 절약하고, PNC의 생존시간을 좀 더 연장 시키고자 한다.

3.2 에너지 효율적인 PNC 선택 절차

PNC의 에너지 절약을 위해서 PNC의 위치를 piconet안의 중앙에 위치시켜 다른 디바이스들이 수신 가능한 최소의 전력으로 전송 세기를 조절하고자 한다. 이를 위해서는 PNC역할을 수행하는 디바이스가 piconet 토플로지안의 중앙에 위치하도록 하는 것이 중요하다. 하지만 만일 중앙에 위치한 디바이스를 찾는다 하더라도 PNC로서의 기능을 수행할 수 있는지에 대해서 고려해 보아야 한다. 그래서 본 논문에서는 기존의 PNC handover 절차에 디바이스의 위치를 확인하는 단계를 추가하여 에너지 효율적인 PNC를 선택할 것이다. 그림 2는 기본 PNC handover 과정에 논문에서 제시한 PNC위치를 선택하는 알고리즘을 추가 하였을 시의 handover 과정이다. 그림 2에서 박스쳐있는 부분이 PNC의 위치를 고려하는 부분이다. 그림 2의 과정을 통해서 PNC는 다른 디바이스와 자신의 능력을 비교하여 PNC handover 여부를 결정하게 된다. 만일 디바이스가 토플로지 상의 가장 중앙에 위치한다고 하더라고 PNC로서의 요건을 충족시키지 못하면 PNC가 될 수 없다. 순서도의 마지막 단계에서 디바이스가 외부 전원을 사용하지 여부를 확인하여 만일 외부 전원 사용 시 외부 전원을 사용하는 디바이스가 PNC역할을 수행하도록 한다. 이는 외부 전원을 사용하는 디바이스는 전송 전력을 최대로 한다 해도 에너지 소비로 인한 전원 문제가 발생하지 않기 때문이다.

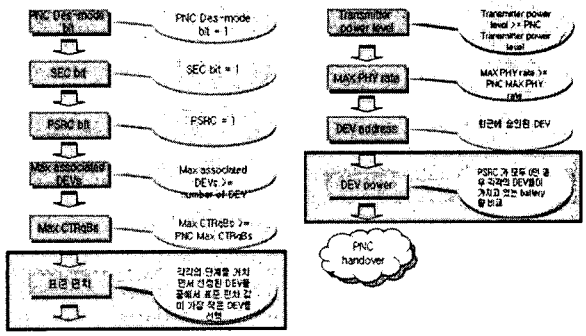


그림 2 PNC handover 과정에서 디바이스 위치와 Power를 고려한 PNC 선택 절차

본 논문이 에너지 절약을 위해 PNC의 위치를 고려하는 것이기 때문에 같은 조건하에서 외부 전원을 사용한 PNC를 선택하는 것이 에너지 효율적인 PNC 선택 방법이 될 것 이다.

3.3 PNC 선택을 위한 디바이스 위치 측정

토플로지상에서 디바이스의 위치를 측정하기 위한 방법으로 각각 디바이스들의 송신 신호 강도를 이용하는 것을 제안한다. piconet 안의 디바이스들은 다른 디바이스들이 보내는 전송 신호 세기를 측정하는 것이 가능하다. 디바이스들은 자신이 수신한 다른 디바이스들의 전송 신호 세기를 종합하여 자신의 위치를 가늠한다.

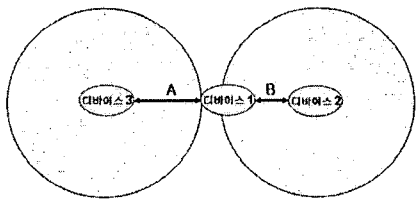
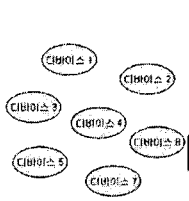


그림 3 거리에 따른 디바이스간의 신호의 세기

그림 3에서와 같이 디바이스1이 디바이스2와 디바이스3으로부터 신호를 받는다고 할 때 디바이스2가 디바이스3보다 디바이스1에 가까운 곳에 위치하고 있는 상황이다. 이러한 상황에서 같은 신호의 세기로 디바이스1에게 다른 디바이스들이 송신을 한다면 디바이스1에서는 가까이 있는 디바이스2에 신호를 멀리 있는 디바이스3의 신호보다 강하게 받을 것이다[6]. 이와 같이 디바이스는 주변 가까이 있는 다른 디바이스로부터 강한 신호를 받게 된다. 즉 자신이 받은 다른 디바이스들의 신호의 강도가 강할수록 주변에 다른 디바이스들이 가까이 있다는 것을 알 수 있다.



Dest / Src	1	2	3	4	5	6	7	표준편차
1		6	6	6	2	4	1	1.8
2	6		5	6	3	6	4	1
3	6	5		6	5	4	3	0.9
4	6	6	6		5	6	5	0.43
5	2	3	5	5		4	6	1.1
6	4	6	4	6	4		6	1
7	1	4	3	5	6	6		1.8

그림 4 디바이스 위치에 따른 표준 편차 값

위의 방법을 이용하여 각각의 디바이스들이 받은 다른 디바이스의 신호 세기의 표준 편차 값을 구하여 가장 작은 값을 가지는 것을 PNC로 선택한다. 표준 편차의 값이 가장 작다는 것은 가까이 있는 디바이스가 많다는 것을 의미 한다. 이는 다른 말로 PNC가 토플로지중앙에 있다는 것이라고 말할 수 있다. 그림 4는 디바이스에서 전송하는 전송 신호 세기를 10으로 가정하였을시 각각의 디바이스들의 수신 세기를 이용하여 표준 편차값을 예상한 것이다. n개의 디바이스들이 있을 때 각 디바이스들의 수신 신호 세기 평균은 m으로 나타낸다. 그래서 표준 편차값 S를 구하는 공식은 다음과 같다.

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - m)^2 + (x_2 - m)^2 + \cdots + (x_n - m)^2}{n}}$$

4. 시뮬레이션

본 논문에서 제안하고 있는 아이디어를 다음과 같은 방법으로 실험해 보았다. 각각의 디바이스들은 한정된 랜덤 파워를 가지고 있다고 생각하고 802.15.3 standard 의 알고리즘을 바탕으로 실험해보고 본 논문의 아이디어를 이용하여 실험해보았다. piconet 토플로지구성은 랜덤하게 디바이스를 위치 시켜 실험하였다. 성능 테스트를 위한 기본적인 송수신 파워는 표2 와 같다[7][8]. PNC가 아닌 각각의 디바이스들은 자신이 전송 할 위치의 디바이스에게 전송 시 전송 거리만큼 파워를 절약할 수 있다. PNC는 piconet 내의 모든 디바이스들에게 전송을 해야 하기 때문에 최대 전송 파워로 전송 한다. 전송 데이터는 일정한 크기의 asynchronous 데이터와 beacon 으로 한정하여 실험 한다. 그리고 handover 과정에서 발생하는 computing 파워 소비에 대해서는 기존의 방식과 비교하여 본 논문의 아이디어가 소비량이 크기는 하나 전송 파워에 비하여 무시할 수 있을 정도로 미약하기 때문에 고려 대상에 들어가지는 않는다.

표2 파워 소비 측정

Transmit Power	10 mA
Receive Power	7 mA
Idle	6.5 mA
Sleep	0.4mA

Piconet 안에 랜덤하게 노드를 배치한 같은 조건에서 두 가지 알고리즘을 실험해 보았다. 그림 5에서 보는 것과 같이 새로운 알고리즘을 적용 했을 때 piconet안의 PNC의 베터리의 유지 시간이 평균 20% 증가 한 것을 볼 수 있다. piconet 안의 디바이스의 수가 증가 할수록 piconet 유지 시간 또한 증가한다. 그림6 은 piconet 안의 모든 디바이스들이 살아 있는 시간을 측정한 것으로 새로운 알고리즘의 효율적인 것을 확인하였다. 그림 7,8 은 그림 6 실험에서 디바이스수가 10개, 20개로 구성된 piconet상에서 각 디바이스별 시간당 에너지 소비량을 측정한 것으로 새로운 알고리즘을 적용한 piconet의 디바이스들의 에너지 소비량이 802.15.3 standard 알고리즘 보다 적게 소비 된다는 것을 확인 하였다.

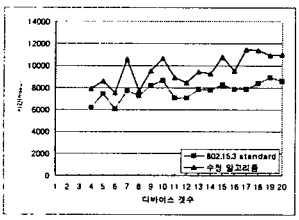


그림 5 Piconet 유지 시간

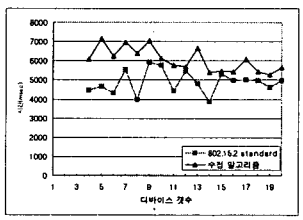


그림 6모든 디바이스 생존 시간

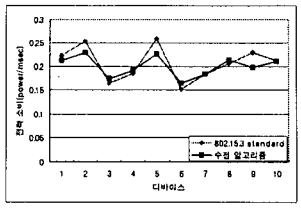


그림 7 파워소비량(디바이스10개)

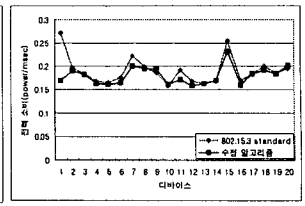


그림 8 파워소비량(디바이스20개)

5. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.15.3에서의 PNC 선택 방법을 수정하여 에너지 효율적으로 PNC가 선택 될 수 있는 방안에 대하여 제안하고 있다. 기존 802.15.3의 작동 방식에서는 PNC를 선택하기 위한 방안으로 piconet내의 디바이스들의 PNC로서의 수행할 수 있는 능력에 대해서만 고려하고 있다. 하지만 이러한 방식은 향후 piconet을 운영하는데 있어서 PNC역할을 하는 디바이스에게 에너지 소비 측면에서 과부하를 줄 수 있다. 본 논문에서는 piconet의 향후 작동에 있어서 PNC역할을 하는 디바이스가 최대한 에너지를 절약하여 piconet을 작동할 수 있도록 기존 PNC선택 방법을 수정하였다. Piconet 토플로지상에서 PNC로 선택된 디바이스가 중앙에 위치 할 수 있도록 하여 PNC의 전송 파워를 모든 디바이스가 들을 수 있는 최소의 파워로 조절하는 것이다. 이러한 디바이스의 위치를 알아내기 위하여 각각의 디바이스들이 PNC handover가 발생할 경우 다른 디바이스들의 신호 세기를 표준 편차로 계산한 값을 이용한다. PNC로서의 역할을 수행할 수 있는 디바이스들 중에서 가장 표준 편차 값이 작은 디바이스를 PNC로 선택함으로써 디바이스가 PNC의 역할을 수행할 수 있는 지에 대한 능력과 토플로지상에 중앙에 위치하여 에너지를 최대한 절약 할 수 있는 지에 대하여 고려하는 것이다. 이는 piconet 상에서 가장 에너지 소비가 많은 디바이스인 PNC의 에너지 절약을 위한 방법이다. 또한 만일 모든 디바이스들의 에너지가 동일할 경우에는 표준 편차값 뿐만 아니라 디바이스들이 가지고 있는 베터리를 고려하여 PNC를 선택하는 방법에 대하여 제안하고 있다. 그리고 이를 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 향후 이동 디바이스들에 대한 성능 평가를 통하여 고정 및 이동 디바이스를 가지는 piconet 상에서의 성능을 확인하고 이를 실제 디바이스에 적용한 성능 평가에 대한 연구를 진행할 것이다.

6. 참고 문헌

[1] Karaoguz, J.,"High-rate wireless personal area networks,", Communications Magazine, IEEE, Dec, 2001

[2] Won Soo Kim and Il whan Kim, "A seamless coordinator switching(SCS) scheme for wireless personal area network(WPAN)," ,2003 IEEE International Conference, Aug, 2003

[3] Harbin, S.A, and Rainer, B.E , "A low-power wireless mobile communications system, " Vehicular Technology conference, June,1994

[4] Jung-Won Kim, and Bambos, N, "Power control for multirate wireless networks with groupwise serial multiuser detection," IEEE INFOCOM, Mar, 1998

[5] "Draft Standard for Part 15.3: Wireless medium Access Control and Physical Layer Specifications for High rate Wireless Personal Area Networks (WPAN), " Draft P802.15.3, Nov, 2001

[6] Ingo Gruber, Oliver Knauf, Hui Li, "Performance of Ad Hoc Routing Protocols in Urban Environments,"In Proceedings of European Wireless 2004, February, 2004

[7] Stefano Basagni, "Mobile Ad hoc Networking", WILEY INTER SCIENCE, 2004

[8] http://www.isi.edu/nsnam/ns