

파워를 고려한 블루투스 피코넷의 다스터리 선출 알고리즘*

이정근⁰, 김동균, 이영석, 최양희
서울대학교 컴퓨터공학부
(jklee⁰, pretty, yslee, yhchoi)@mmlab.snu.ac.kr

Power-aware Bluetooth Piconet Master election Algorithm *

Jeongkeun Lee⁰, Dongkyun Kim, Youngseok Lee, Yanghee Choi
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

요 약

블루투스(Bluetooth) 스캐터넷(Scatternet)은 2 개 이상의 피코넷(Piconet)을 연결함으로 구성되는 애드혹(ad hoc)네트워크이다. 피코넷은 하나의 마스터(Master)노드와 다수의 슬레이브(Slave)노드로 구성되는데 이때 마스터 노드는 슬레이브노드에 비해서 더 큰 파워를 소모하게 된다. 따라서 파워를 고려하여 블루투스 피코넷의 마스터를 선출한다면 피코넷의 수명을 늘릴 수 있을 뿐 아니라 전체 스캐터넷의 수명을 늘릴 수 있게 된다.

따라서 본 논문에서는 파워를 고려한 피코넷 마스터 선출 알고리즘을 제안하고 더 나아가서 많이 한번 구성된 이후에도 파워를 고려해서 마스터를 재선출할 것을 제안한다.

1. 서 론

다양한 무선 장비사이에서의 음성과 데이터통신을 가능케 하는 기술인 블루투스(Bluetooth)는 고정된 네트워크 장비가 없는 작은 범위의 지역망에 가장 적합한 기술로 떠오르고 있다. 매우 저렴한 가격으로 구입할 수 있는 단 하나의 작은 마이크로칩만으로 모든 형태의 휴대장치와 네트워크 장치를 무선으로 연결 가능케 함으로 인해서 모든 무선 장비 사이의 유선 케이블을 제거할 수 있다

블루투스 기준에 따르면, 블루투스 네트워크에서의 통신을 위한 기본 구조는 별모양의 단일 홉 네트워크인 piconet 을 구성하는 것이다. 피코넷(Piconet)은 하나의 마스터(master)와 7 개 이하의 활성화된 슬레이브(slave) 노드를 가지게 된다. 그래서 피코넷 내부의 모든 활성화된 블루투스 노드들은 같은 영역의 1-Mbps Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) 채널을 시간 분할 다중화 기법 (time-division multiplexing scheme)을 이용하여 공유하며 마스터 노드가 시간 분할 다중화 기법을 제어 한다. 만일 다수의 피코넷들이 공통된 영역을 분포하고 있다면 얼마의 블루투스 노드들은 하나 이상의 피코넷에 참가할 수 있다. 따라서 다수의 피코넷을 연결

하는 것이 가능해진다. 하나의 노드는 동시에 여러 피코넷의 슬레이브가 될 수 있으며 동시에 마스터이면서 다른 피코넷의 슬레이브로 동작 할 수도 있다. (그림 1[1]) 하지만 동시에 2 개 이상의 피코넷의 마스터가 될 수는 없다. 다수의 역할을 가지고 있는 노드들은 인접한 피코넷들을 연결해 주는 브릿지(Bridge)의 역할을 수행하게 된다. 이렇게 다수의 피코넷을 연결해서 만들어지는 네트워크를 블루투스에서는 스캐터넷(scatternet)이라고 부른다. 스캐터넷은 대규모 통신망을 지원하면서 그와 동시에 다른 피코넷의 노드로서 동작하기 위해서 하나의 노드는 다른 피코넷의 주파수 순서로 스위칭해야만 한다.

한 피코넷안에서 다수의 슬레이브 노드와 하나의 마스터 노드가 통신하기 위해서는 이들 사이의 스케줄링기법이 필요하다. 마스터 노드는 폴링(polling) 알고리즘을 사용해서 여러 슬레이브와 연속적으로 통신을 하게 된다 또한 피코넷 사이의 게이트웨이 역할을 하는 노드는 한 순간에 오직 하나의 피코넷에 대해서는 활성화될 수 있으므로 자신이 참가하고 있는 다수의 피코넷 사이에서의 스케줄링이 필요하게 된다. 좀더 자세히 스캐터넷에 대해서 알고 싶다면 논문[5]를 참조할 수 있을 것이다.

이 논문의 2 장에서는 블루투스 피코넷에서 마스터와

* 본 논문은 2002년도, 두뇌한국 21 과 국가지정연구실 프로젝트 지원을 받아 수행되었음

슬레이브 노드의 파워 소모에 대해서 언급하고 3 장에서 파워를 고려해서 마스터를 선출할 것을 제안한다. 마지막 4 장에서 결론과 앞으로의 연구방향에 대해 언급하고 논문을 마친다.

2. 마스터/슬레이브 역할에 따른 파워소모

하나의 피코 넷이 이루어지기 위해서는 마스터와 슬레이브 사이의 Inquire 와 Page 의 단계를 거쳐야 한다. 이 단계에서 마스터노드는 주변에 위치하고 있는 모든 노드에 대한 정보를 얻어야 하고 (Inquiry), 이 단계에서 획득한 정보에 근거해서 주변 노드들을 자신의 슬레이브로 초대한다. (Page) 이러한 과정에서 마스터는 주변의 모든 노드들과 일대 일로 메시지를 주고 받기 때문에 단일 슬레이브 노드에 비해서 큰 파워를 소모하게 된다.

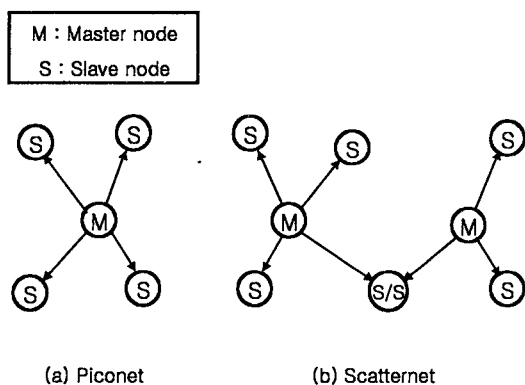


그림 1 블루투스 피코넷과 스캐터넷

위의 과정을 거쳐서 피코 넷이 구성되면 마스터와 슬레이브 모두 connection 상태로 넘어간다 [1]. 이 상태에서 블루투스 노드는 다양한 동작 모드에서 동작할 수 있다. 이 중에서 모든 슬레이브 노드가 활성화되어 통신에 참여하는 Active 모드에서 동작한다고 가정할 때 마스터와 슬레이브 역할에 따른 파워소모를 비교해 본다. 이미 언급된 바와 같이 피코넷 안에서의 모든 통신은 마스터를 거쳐서 이루어진다. 그림 1.(a) 의 경우에 마스터노드는 4 개의 슬레이브 노드가 각각 요구하는 Bandwidth 에 근거해서 슬롯(slot)을 할당하고 이에 근거해서 폴링(Polling) 하게 된다. 따라서 슬레이브 노드는 마스터로부터 할당된 슬롯 기간에만 마스터로부터 오

는 메시지를 수신하고 그 이외의 시간은 통신을 하지 않으므로써 파워소모를 줄일 수 있다. 이를 일반화해서 하나의 마스터 노드와 n 개의 슬레이브 노드가 단일 피코넷을 이루고 있다고 가정하고 모든 슬레이브 노드가 같은 크기의 슬롯을 할당 받고 할당 받은 슬롯을 사용하여 똑같은 크기와 메시지를 평균 k 개 생성한다고 가정한다. 모든 슬레이브 노드를 한번씩 폴링 하는 동안 마스터 노드 자신도 평균 k 개의 메시지를 생성한다고 하면 모든 슬레이브 노드를 한번씩 폴링 하는 기간동안

$$\text{마스터 노드가 송수신하는 총 메시지 수} : 2nk$$

$$\text{슬레이브 노드가 송수신하는 총 메시지 수} : 2k$$

가 된다. 즉, 단순화된 상황에서 마스터 노드 슬레이브 노드에 비해서 n 배의 파워를 소모하게 된다. 실제 상황에서 마스터 노드는 다양한 컨트롤 메시지를 교환해야 하기 때문에 슬레이브 노드가 소모하는 파워보다 n 배 이상의 파워를 소모하게 된다. 더 나아가서 2 개 이상의 피코 넷이 연결되어 스캐터넷을 구성하는 브리지 역할을 하는 노드가 마스터 역할도 동시에 수행한다면 더욱 큰 파워를 소모하게 될 것이다. 따라서 피코넷의 마스터를 선출하는데 있어서 파워를 고려해서 큰 파워를 가진 노드를 마스터로 선출한다면 전체 망의 수명을 획기적으로 늘릴 수 있을 것이다.

스캐터넷에서 망 구성에 대해서는 여러 연구가 진행되었지만 이 연구들에서는 공통적으로 초기에 마스터를 선출하는데 있어서 파워를 고려하지 않고 있다. 난수를 발생시켜서 사용하거나 [4][6], 블루투스 주소를 비교해서 [2][3] 마스터를 선출하는데 이용하고 있다.

3. 파워를 고려한 마스터 선출 알고리즘

이 장에서는 각 블루투스 노드가 가지고 있는 파워와 안테나의 파워 레벨에 근거해서 노드의 수명을 예측하고 이를 이용해서 마스터노드를 선출할 것을 제안한다. 모든 블루투스 노드는 3 가지의 송신 파워 레벨 중에서 하나를 선택하게 되어 있다. 따라서 남아있는 파워(P)를 마스터가 되었을 경우 단일 시간동안 예상되는 송수신 메시지 숫자(M)와 파워레벨(L)을 곱한 값으로 나누면 마스터가 되었을 때의 예상 수명을 계산 할 수 있다.

즉 마스터가 되었을 때의 예상 수명

$$E = P / (M * L) \quad \text{(식 1.)}$$

을 계산해서 이 값이 큰 노드가 마스터가 되도록 한다.

파워 레벨 L 의 값은 해당하는 파워 클래스로 동작시 예상되는 송신 파워(mW)로 설정한다. 그리고 마스터가 되었을 때 예상되는 메시지 교환 숫자가 모든 노드에 대해서 동일하다고 본다면 M 은 제외 할 수 있다. 만일 M 을 사용하고자 한다면 메시지 송수신 횟수를 기록해서 이를 사용할 수 있을 것이다. 이 논문에서는 스캐터넷을 구성하는 전체 알고리즘을 제안하고 있지 않고 다만 마스터를 선출하는 데 있어서 위의 예상 수명치가 사용될 수 있는 두 가지 경우를 제안한다. 첫째, 인접한 노드들 사이의 E 값을 비교해서 예상 수명이 큰 노드가 마스터가 되기 위한 경쟁에서 이기도록 한다. 둘째, 모든 노드가 inquiry 상태를 거쳐서 주변 노드에 대한 정보를 얻은 후에 동시에 1/E 의 시간만큼 타이머를 설정하고 먼저 타이머가 소멸되는 노드가 page scan 상태로 넘어가게 한다. 즉 가장 긴 예상 수명을 가진 노드가 마스터가 되고 아직 타이머가 소멸되지 않은 상태에서 다른 노드로부터 page 메시지를 받는 노드는 슬레이브 노드가 될 것이다. 그림 2 에서 3 번 노드의 경우 식 1 을 적용한다면 $360Wh / (0.25mW * 10s) = 4 \text{ hour}$ 의 예상 수명을 계산되어 나온다. 3 번 노드가 다른 노드에 비해서 가장 긴 예상 수명을 가지기 때문에 마스터로 선출될

들의 E 값을 계산해서 수집하게 한다. 그리고 마스터 노드의 E 값이 특정 값 E_{th} 이하로 내려가게 된다면 슬레이브 노드중에서 $E_{th} + \alpha$ 이상의 값을 가지고 가장 큰 E 값을 가진 노드를 새로운 마스터로 선출하고 기존의 마스터 노드는 슬레이브 노드로 역할을 바꾼다. 이때 E_{th} 가 아니라 $E_{th} + \alpha$ 이상의 값을 가졌는지 확인하는 것은 앞으로 일정기간동안 마스터로서의 역할을 충분히 수행할 수 있는 만큼의 파워를 가지고 있느냐를 확인하기 위함이다.

4. 결론 및 향후 연구 방향

이 연구에서는 블루투스 피코넷의 마스터 노드가 슬레이브 노드에 비해서 매우 큰 파워를 소모한다는 것에 착안하여 마스터를 선출할 때 파워를 고려함으로써 전체 스캐터넷의 수명을 늘릴 것을 제안하였다. 제안된 알고리즘이 실제로 얼마만큼 전체 망의 수명을 늘릴 것인지에 대한 실험 결과가 없는바 이에 대한 연구가 더욱 진행되어야 할 것이다. 더 나아가 블루투스 칩을 장착하고 피코넷과 스캐터넷을 이루는 장치들의 종류와 기능이 매우 다양하므로 이들의 기능과 역할을 고려하여 마스터를 선출하는 기법이 필요하다.

마스터가 되었을 경우 1초간 예상되는 메시지 교환횟수 : 10

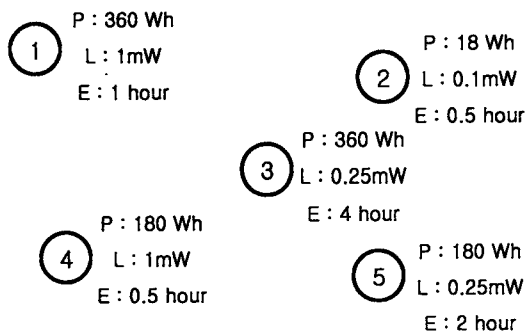


그림 2 마스터가 되었을 경우의 예상 수명 경우 전체 네트워크의 수명을 가장 길게 유지 할 수 있게 된다.

더 나아가 스캐터넷이 구성되어 동작하는 도중에도 예상 수명 값에 근거해서 마스터를 재 선출 할 수 있을 것이다. 하나의 피코넷의 마스터 노드가 다른 슬레이브 노드

참고 문헌

[1] Bluetooth™, "Specification of the Bluetooth System-Core"
 [2]Theodoros Salonidis, etc., " Distributed Topology Construction of Bluetooth Personal Area Networks," IEEE Infocom2001
 [3]Gergely V.Zaubra,Stefano Basagni, and Imrich Chlamtac, " Bluetrees-Scatternet Formation to Enable Bluetooth-Based Ad Hoc Networks,"
 [4]Zhifang Wang, Robert J.Thomas,Zygmunt Haas, " Bluenet - a New Scatternet Formation Scheme,"
 [5]Jaap C. Haartsen, " The Bluetooth Radio System," IEEE Personal Communications, Feb. 2000
 [6] Ching Law, Amar K. Mehta, Kai-Yeung Siu, " Performance of a New Bluetooth Scatternet Formation Protocol"