

블루투스 멀티 홉 라우팅 프로토콜

A Multi-hop routing protocol for bluetooth devices

양일식, 김명규, 손지연, 박준석
 Ilsik Yang*, Myunggyu Kim**, Ji-yeon Son**, Jun Seok Park***

Abstract - A ubiquitous network allows all users to access and exchange information of any kind freely at any time, from anywhere, and from any appliance through the use of broadband and mobile access. Bluetooth communication can provide the missing wireless extension to the heterogeneous network, allowing a more ubiquitous access. In this point of view, the BT specifications define ways for which each BT device can set up multiple connections with neighboring devices to communicate in a multi-hop fashion. this paper provides insights on the Bluetooth technology and on some limitations of the scatternet formations. so that, we describe a new multi-hop routing protocol for the establishment of scatternets. this protocol defines rules for forming a multi-hop topology in two phases. the first phase, topology discovery, concerns the discovery of the node's depth from a root node initiating inquiry process. the second phase forms scatternet topology based on the result of topology discovery.

Key Words : bluetooth, scatternet, network, multi-hop, topology, routing

1. 소개

고객이 원하는 것을 언제 어디서나 서비스하기 위해 네트워크는 범위를 더해가고 있다. 다양한 통신 인프라 위에서 통신기능이 탑재된 노드는 네트워크를 통해 이종간의 통신 인프라를 흡수하여 다양한 서비스를 기대한다. 그 중 사용자 영역의 통신을 지원하는 블루투스는 WPAN(Wireless Personal Area Network) 영역의 대표적 통신 인프라로서 사용자 요구가 증가하고 있다. 블루투스는 다양한 프로파일을 지원하게 되었으며 사용자 영역에 국한된 네트워크뿐 아니라 네트워크 사이의 통신을 지원하기 위한 통신 구조를 가지고 있다[1]. 이러한 통신 구조를 블루투스에서는 스캐터넷이라고 명명하고 있으며 이를 효과적으로 구성하기 위한 여러 방안이 제시되고 있다[2].

스캐터넷(scatternet)과 같은 멀티 홉 네트워크의 대부분은 같은 채널을 공유하는 방식에서 기인하여, 통신 범위에 있는 노드는 채널을 형성하기 위해 추가 작업이 요구되지 않았다. 기존의 멀티 홉 네트워크는 하나의 통신 채널을 공유하여 모든 노드가 직접 연결되는 방식에 기인하지만 블루투스의 스캐터넷은 다중 채널을 사용한 주파수 호핑 방법을 통해 마스터(master)/슬레이브(slave) 방식의 물에 기반한 통신 구조가 결정된다[1]. 뿐만 아니라 액티브하게 연결이 유지될 수 있는 노드 수는 7개로 제한되어 있기 때문에 블루투

스의 멀티 홉 네트워크는 통신 채널 및 제한된 노드 수를 가정하고 명세 되어야 한다.

멀티 홉 네트워크에서는 모든 노드가 통신 주체가 될 수 있으며 라우터로서 기능을 수행해야 한다. 그러나 모든 노드가 동적이기 때문에 노드들 사이의 통신 영역에 기초한 라우팅 경로는 멤버의 움직임에 따라 변경될 수밖에 없다. 따라서 최적의 라우팅 경로를 설정하는 것은 멀티 홉 네트워크의 핵심이 되며 무선 자원과 단말의 에너지 유지에도 직접 연관이 있다. 라우팅 경로를 설정하기 위해 메시지 교환은 단말의 에너지 소비와 무선 자원을 낭비하는 결과를 초래하게 된다.

이에 대해 본 논문은 스캐터넷이라는 특별한 멀티 홉 통신 구조에서 라우팅 경로를 설정하기 위한 방안을 제시한다. 하나의 게이트웨이(기준 노드)를 이용하여 이동 노드 사이의 메시지 교환을 최소화하고 마스터/슬레이브 물에 기초한 라우팅 경로를 생성/유지하는 프로토콜을 제안한다. 기준 노드는 움직임이 거의 없고 충분한 에너지를 소유한 노드로 가정하며 이동 노드들의 라우팅 경로 생성/유지를 제어하여 노드들 사이에 브로드캐스트되는 라우팅 경로설정 오버헤드를 없앤다.

본 논문과 관련하여 2장에서는 최신 블루투스 멀티 홉 프로토콜 연구동향을 살펴보고 3장은 블루투스 멀티 홉 라우팅 프로토콜을 제안한다. 결론은 4장에서 논한다.

2. 관련 연구

현재 블루투스 기기는 마스터나 슬레이브 2가지 물에 의해 네트워크 구조를 결정한다. 하나의 마스터에 7개까지의 슬레

저자 소개

- *한국전자통신연구원, 연구원
- **한국전자통신연구원, 선임연구원
- ***한국전자통신연구원, 책임연구원, 팀장

이브가 연결 가능한 한 홉 구조의 네트워크를 피코넷(piconet)으로 명명하고 있다. 멀티홉 구조의 네트워크는 스캐터넷으로 정의하고 있으며 하나의 블루투스기가 마스터와 슬레이브에 대해 특정 시간에 2가지 홉을 선택적으로 수행하는 게이트웨이 노드를 통해 구성된다.

스캐터넷은 피코넷 사이의 연결을 구성하여 멀티 홉을 지원하므로 구성된다. 각 피코넷은 하나의 마스터 클락과 주소를 통해 동기화된 호핑 채널을 만들기 때문에 하나의 노드가 두 개 이상의 피코넷 마스터로 동작하는 불가능하다. 그러므로 각 노드는 마스터, 슬레이브, 마스터/슬레이브, 슬레이브/슬레이브의 4가지 중 한가지 상태에 있다. 이 중 마스터/슬레이브, 슬레이브/슬레이브는 브리지 노드이며 서로 다른 피코넷사이의 연결을 설정하여 멀티 홉 토폴로지를 구성한다.

블루투스 명세서는 멀티 홉을 지원할 수 있는 홉은 정의하였으나 토폴로지를 구성하기 위한 프로토콜은 언급하지 않았다. 이에 대해 블루투스 토폴로지 구성을 위한 표준 프로토콜의 연구가 많이 이뤄지고 있다[2, 4, 5]

이러한 대부분의 스캐터넷 프로토콜은 멀티 홉 링크를 구성하는데, 역점을 두고 있다. 그러나 멀티홉 네트워크를 구성하는 것은 라우팅을 수행하기 위한 단계로서 보조 수단으로 지원되어야 하는 서비스이다.

그러므로 라우팅 방법을 고려하여 멀티 홉 링크를 구성하는 것은 좋은 접근 방법이 될 것이다. 이에 대해 논문 [3]은 라우팅을 고려한 스캐터넷 구성 방법을 제안하고 있다. 블루투스 라우팅 구조는 기본적으로 Ad hoc 환경을 고려하기 때문에 AODV[6]와 같은 관련 표준을 적용하는 것은 승인된 방법이 된다. 하지만 블루투스 방식의 채널 설정은 링크 설정 시간이 많이 소비되기 때문에 그대로 적용하기 어렵다.

3. 멀티 홉 라우팅 프로토콜

블루투스 명세서에서, 스캐터넷을 형성하기 위한 방법은 정의하고 있지 않다. 스캐터넷 토폴로지는 피코넷의 연결 형태에 따라 많은 영향을 받는데, 그 중 피코넷 수는 멀티 홉 토폴로지 프로토콜의 가장 큰 성능 요소이다[7, 8]

본 프로토콜은 모든 블루투스 노드의 상태가 조회 스캔 상태에 있음을 가정하고, 하나의 게이트웨이 노드를 정의 한다. 게이트웨이는 토폴로지 발견을 시작하는 초기화 노드로서 기준 노드가 되며, 확장하여 타 통신 프로토콜과 게이트웨이 역할을 수행하고 독립된 멀티 홉 토폴로지 사이의 프로토콜을 수행하기 위한 기준이 된다.

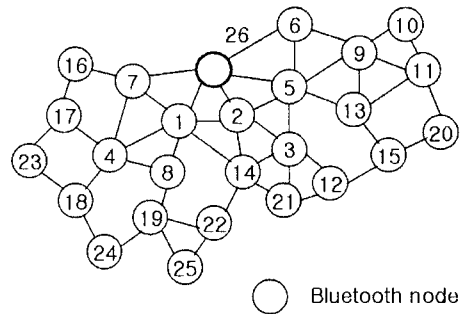
멀티 홉 토폴로지 프로토콜은 2단계로 정의된다. 첫 번째는 토폴로지 발견 단계로서 전체 블루투스 노드의 구조를 파악하는 단계이다. 두 번째는 첫 단계를 기반으로 라우팅 토폴로지를 형성하여 블루투스 사이의 라우팅 통신 채널을 만든다.

3.1 토폴로지 발견 단계

토폴로지 발견은 토폴로지 구조를 파악하여 스캐터넷을 구성하기 위한 전처리 단계이다. 이 단계의 결과로서 각 노드는 기준 노드와의 단계를 파악하고 상위 단계의 FHS정보 및 하위 단계의 FHS정보를 알게 된다.

[그림1]은 초기 블루투스 노드 구조를 보여주는 것으로 26

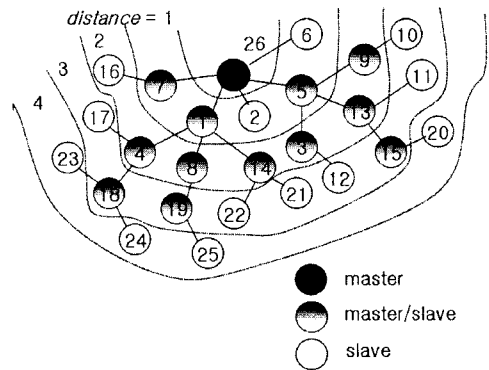
번 노드는 게이트웨이 노드가 되며 나머지 노드는 조회 스캔 상태의 블루투스 노드이다.



[그림 1] 블루투스 노드 구조

블루투스 노드 구조를 기반으로 토폴로지 발견 단계의 운영 순서를 살펴보면 다음과 같다.

1. 게이트웨이 (ex, 26) 노드는 일정시간 조회를 수행한다.
2. 조회메시지를 수신한 이웃노드(1,2,5,6,7)들은 계산된 backoff 시간을 기다리고, 가장 적은 backoff 시간을 갖는 노드(ex, 1번 노드)가 조회에 응답한다.
3. 26번 노드는 1번 노드와 호출 절차를 거쳐 활성 채널을 형성하고, 자신의 ID 및 단계번호(ex. 1)을 만들어 라우팅 테이블을 형성한다.
4. 26번 노드는 1번 노드를 파크모드 상태로 유지하고, 조회상태에 들어간다. backoff 시간이 지난 다른 각 노드는 26번의 조회 메시지를 수신하여, 1번 노드와 같은 방식으로 2번부터 4번까지의 단계를 수행한다.
5. 파크 상태인 노드는 곧바로 조회 메시지를 송신하여 26번 노드의 수행과 같은 방식으로 1번에서부터 4번 과정까지를 수행한다.
6. 위의 5단계를 각 노드에 적용하면 [그림2]와 같다.



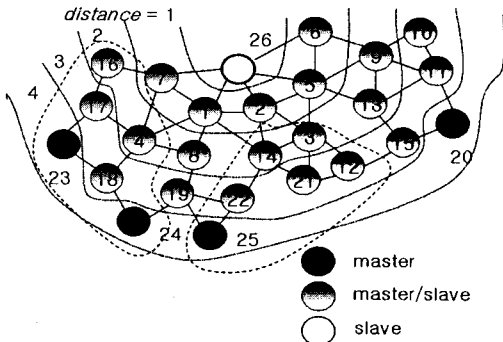
[그림 2] 토폴로지 발견 구조

토폴로지 발견 단계를 통해 각 노드는 라우팅 테이블의 기본 리스트인 이웃노드를 알게 되며, 각 이웃 노드의 게이트웨이 노드와의 단계를 유지하게 된다.

3.2 라우팅 토폴로지 단계

토폴로지 발견 과정을 통해, 각 노드는 전체 토폴로지 구조를 발견했다. 그러나 본 프로토콜의 목적인 라우팅을 효율적으로 수행하기 위해서, 이웃 노드의 리스트가 저장된 라우팅 테이블에 하위 노드의 ID를 유지해야 하며 새로운 라우팅 토폴로지를 형성한다.

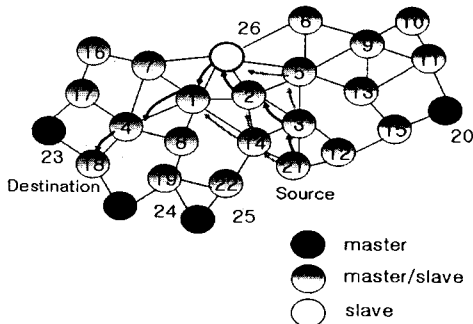
라우팅 토폴로지 구조[그림 3]는 토폴로지 발견 구조에서 얻은 마스터와 슬레이브의 FHS를 이용하여 구성한다. 리프 노드로부터 페이징이 수행되어 하위 노드는 마스터가 되며 상위노드는 슬레이브가 된다. 라우팅을 위한 테이블을 구성하기 위해, 리프노드(ex. 23, 24, 25, 20)는 상위 노드에게 자신의 ID정보를 알린다. 하위 노드로부터 ID 정보를 수신한 각 상위 노드는 자신의 라우팅 테이블에 ID 정보를 유지하고 자신의 ID를 포함한 하위 모든 ID를 상위 노드에 전송한다. 이와 같은 과정을 통해 게이트웨이 노드까지 라우팅 테이블이 완성된다. 라우팅 토폴로지 구조에서 점선으로 표시된 노드는 각각 7번 노드와 2번 노드의 서브네트워크가 된다.



[그림 3] 라우팅 토폴로지 구조

3.3 블루투스 멀티 홉 라우팅

[그림 4]는 21번 노드가 18번 노드와 통신하기 위해 라우팅 경로를 찾는 과정을 보여 주고 있다.



[그림 4] 블루투스 멀티 홉 라우팅

토폴로지 발견단계를 거쳐 각 노드는 라우팅테이블을 유지하고 있다. [그림 4]에서, 21번 노드는 목적지를 18로 하는 AODV라우팅[6]의 RREQ 메시지를 상위 노드에 전송한다. RREQ 메시지를 수신한 각 노드는 자신의 모든 하위 노드에 목적지 노드의 유무를 확인질차를 거친다. 만약 목적지 노드가 발견되면 라우팅경로가 발견되고 RREP 메시지로 응답하

여 라우팅 경로가 만들어 진다.

4. 결론

본 프로토콜은 링크를 구성하는 첫번째 단계와 라우팅 경로를 설정하는 두번째 단계로 이뤄진다. 링크를 구성하기 위해 기준 노드는 링크구성 요구 메시지를 송신하고 리프 노드는 링크구성 응답 메시지를 만들어 응답한다. 이런 과정을 통해 각 이동 노드는 상위 노드 및 하위 노드와 링크를 구성한다. 라우팅 경로를 설정하는 과정은 링크의 위상을 기반으로 경로를 찾고 결정하게 된다.

멀티 홉 네트워크 프로토콜의 성능은 최소한의 비용으로 효율적인 라우팅을 수행하는 것이다. 즉 라우팅 경로를 설정하기 위해 불필요한 오버헤드를 줄여야 할 것이며 효율적인 라우팅을 수행하기 위하여 최적화된 라우팅 경로를 선택해야 할 것이다. 그러나 무선 네트워크에서 라우팅 프로토콜은 사용자의 위치 이동에 따른 이동성 관리 방법이 추가적으로 필요하다. 또한 제한된 무선 자원과 에너지를 위한 효율적인 프로토콜이 요구된다. 특히 블루투스와 같은 특별한 링크 구조상에서의 멀티 홉은 링크의 정보를 이용한 방안은 더욱 많은 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] Bluetooth SIG, "Specification of the Bluetooth System", Nov. 2003.
- [2] S. Basagni, R. Bruno, et al., "A performance comparison of scatternet formation protocols for networks of Bluetooth devices," in Proc. IEEE Conf. Pervasive Comput. Commun. (PerCom), pp. 341-350, Mar. 2003.
- [3] Y. Liu, M. Lee, et al., "A bluetooth scatternetroute structure for multihop ad hoc networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 21, no. 2, pp. 229-239, Feb. 2003.
- [4] C. Law, A.K. Mehta, et al., "A new Bluetooth scatternet formation protocol", *ACM/Kluwer Journal on Mobile Networks and Applications (MONET)* vol. 8, no. 5, 2003.
- [5] T. Salonidis, P. Bhagwat, et al., "Distributed topology construction of Bluetooth personal area networks," Proceedings of the IEEE Infocom 2001, pp. 1577-1586, Apr. 2001.
- [6] C. E. Perkins, E. M. Belding-Royer, et al., "Ad hoc on demand distance vector (AODV) routing," IETF, IETF Internet Draft, 2002.
- [7] S. Souissi and E. F. Mehofer, "Performance evaluation of a Bluetooth network in the presence of adjacent and co-channel interference," IEEE ETS Broadband, Wireless Internet Access, Apr. 2000.
- [8] T. Salonidis, L. Tassiulas, "Performance issues of Bluetooth scatternets and other asynchronous TDMA ad hoc networks," presented at the Int. Workshop Mobile Multimedia Commun. (MoMuC), Oct. 2003.