

논문 2005-42TC-9-7

# WPAN에서 통신 노드간 홉 수를 줄이기 위한 블루투스 스캐터넷 형성 및 관리 알고리즘

(Bluetooth Scatternet Formation And Management Algorithm For  
Reducing Hop Count In WPAN)

이 정 우\*, 한 재 성\*\*, 박 성 한\*\*\*

(Jung Woo Lee, Jae Sung Han, and Sung Han Park)

## 요 약

블루투스는 마스터와 슬레이브 간에 피코넷을 구성하며, 피코넷 내부에서는 시분할 방법으로 통신을 하며 이러한 피코넷이 모여 스캐터넷을 구성한다. 블루투스의 통신은 주파수 홉핑을 사용하기 때문에 여러개의 피코넷이 존재하거나 많은 수의 장치가 연결될 경우에는 스캐터넷이 필요하다. 블루투스 기술규격에는 스캐터넷의 형성 방법에 대하여 구체적으로 정의하지 않고 있다. 기존에 제안되고 있는 스캐터넷 형성알고리즘은 스캐터넷의 토폴로지가 트리형태가 되도록 구성한다. 그렇지만 기존의 방법은 트리를 구성함에 있어서 스캐터넷 통신의 기본단위가 피코넷이라는 블루투스 통신의 특성을 간과하고 있다. 본 논문에서는 스캐터넷을 이루고 있는 피코넷에서 효율적인 전송률을 보장할 수 있는 형태로 트리를 구성함으로써, 스캐터넷 전체의 평균 전송효율을 높이는 방법을 제안한다.

## Abstract

A Piconet consists of Master device and several Slave devices. Master and Slave devices are transmitted using TDD (Time Duplex Division) in a Piconet. A Scatternet constructed by several Piconets communicates by a Piconet. Bluetooth Specification defines the meaning of a Scatternet. But the formation and scheduling method is not defined. For the efficient formation of a Scatternet, the preceding research proposes a tree-shape topology Scatternet. But this research passes over the characteristic of Bluetooth transmission carried out by a Piconet in the Scatternet. So this paper proposes an efficient throughput tree formation Scatternet algorithm. To improve the throughput of a Scatternet, this paper proposes a tree topology that guarantees the efficient throughput of a Piconet.

**Keywords** : Bluetooth, WPAN, Scatternet, throughput

## I. 서 론

블루투스에서 통신기기간 기본적인 구조는 한 개의 마스터(Master)와 최대 7개의 슬레이브(Slave)로 이루어지는 피코넷(Piconet)을 구성한다. 통신은 동일 피코넷 내부의 블루투스 장치 간에만 이루어진다. 이러한

피코넷들이 모여서 스캐터넷 (Scatternet)을 구성하게 된다.

블루투스(기술 규격 1.0)는 1Mbps의 전송률을 갖는다. 이것은 최대 54Mbps인 무선랜(Wireless Lan)과 같은 다른 무선 매체에 비해 느린 속도이다. 따라서 이를 보완할 효율적인 통신 방법이 필요한데, 크게 두 가지 방법으로 연구가 진행되고 있다. 하나는 피코넷 내부의 전송 효율을 향상시키기 위하여 피코넷 내부의 통신 방법에 관한 것이고 다른 하나는 스캐터넷의 피코넷의 연결시간과 피코넷간의 통신 효율을 높이기 위하여 스캐터넷의 형성과정과 스캐터넷을 이루고 있는 피코넷 간의 통신 방법에 관한 것이다<sup>[1],[2]</sup>.

\* 정희원, 삼성SDS  
(Samsung SDS)

\*\* 정희원, KTV Global  
(KTV Global Corporation)

\*\*\* 정희원, 한양대학교 컴퓨터공학과  
(Department of Computer Science and Engineering,  
Hanyang University)

접수일자: 2005년3월24일, 수정완료일: 2005년9월6일

스캐터넷의 형성과정과 관련하여, 스캐터넷에서 여러 개의 피코넷에 소속되는 브릿지 노드의 수를 줄이는 방법으로서 트리 형태의 스캐터넷 구조가 제안되고 있다. 트리 구조의 스캐터넷은 하나의 노드에 접근하는 경로가 하나뿐이다. 따라서 피코넷 내부에서의 스케줄링이 간단해지고, 스캐터넷 전체의 라우팅방법도 단순해지는 장점이 있다<sup>[3]</sup>.

트리 구조의 스캐터넷에 대한 기존 연구는 블루투스 기술 규격에서 제공하는 방법만을 사용하여 스캐터넷을 형성하는 방법을 제안하고 있다<sup>[3]</sup>. 이 방법은 별도로 블루투스 기술 규격을 수정하지 않고 트리구조 형태의 스캐터넷을 형성한다는 특징이 있다. 네트워크의 효율성에 영향을 미치는 홉 수를 고려한 트리구조를 생성하는 방법이 최신 연구 성과이지만<sup>[4]</sup>, 이 또한 블루투스 통신의 특성을 고려하지 않고 있다는 단점이 있다. 비록 스캐터넷을 형성하는 알고리즘에 대한 연구지만, 실제 데이터 전송은 피코넷 단위로 전송하기 때문에 효율적인 트리 구조만을 고려하여 피코넷의 전송 효율이 떨어진다면 전체적인 전송 효율 또한 떨어지게 된다.

현재 블루투스 기술 규격에는 스캐터넷의 형성 및 통신 방법에 대한 표준이 정해져 있지 않다<sup>[5][7]</sup>. 효율적인 스캐터넷의 구조로서 트리구조를 제안한 연구가 있지만<sup>[3]</sup>, 트리 구조 중에서도 효율적인 형태가 있다는 것을 고려하지 않았다. 이를 보완한 연구에서는 네트워크의 중요한 성능 평가 요소인 홉수를 고려하여, 전체 장치간의 평균 홉수를 줄일 수 있는 트리 구조를 제안하였다<sup>[4]</sup>. 이것은 분지수가 큰 트리 형태인데, 블루투스의 통신 특성을 간과하였다는 문제점이 있다.

하나의 마스터를 중심으로 하여 슬레이브 장치가 상호 통신하는 피코넷을 구성하는 것이 블루투스 장치간 통신의 특징이다. 하나의 피코넷 안에서 블루투스 장치들이 TDD방식으로 주어진 대역폭을 나누어 사용한다. 이렇게 시분할로 주어진 대역폭을 나누어 사용할 경우, 장치가 많아지면 한 개의 장치에 할당되는 대역폭이 떨어져 결국에는 전체적인 통신 효율이 떨어지게 된다.

효율적인 스캐터넷 구조를 형성하기 위해 분지수가 큰 트리 구조를 만드는 것은 트리의 높이를 줄이는 효과를 가져온다. 트리의 높이가 줄어든다는 것은 브릿지 노드의 수가 줄어든다는 것을 의미하고, 보호시간 때문에 버려지는 타임 슬롯의 수가 적어진다는 것을 의미한다. 그렇지만 스캐터넷은 여러 개의 피코넷의 결합으로 이루어져있다. 단순히 트리의 높이를 낮추기 위하여 임의로 각 노드의 분지수를 늘린다는 것은 각 피코넷의

전송 효율이 떨어짐을 의미한다.

따라서 한 피코넷에 참여하고 있는 슬레이브의 수에 따라 전송효율을 측정하여 피코넷의 효율이 저하되지 않는 수준으로 슬레이브의 수를 제한해야한다. 본 논문에서 제안하는 스캐터넷의 구조는 이와 같은 제한조건을 충족하면서 분지수가 큰 트리를 구성하는 것이다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 블루투스 스캐터넷 형성 알고리즘을 제안한다. 트리형태로 스캐터넷을 형성하는데, 보다 효율적인 구조를 만들기 위하여 하나의 피코넷에 속한 슬레이브의 최대 허용 숫자를 제한하는 방법을 이용한다.

또한, 블루투스와 같은 제한된 대역폭을 갖는 무선 모바일 기기에서 멀티미디어 서비스의 QoS를 보장하기 위한 연구가 피코넷 내부의 스케줄링 방법의 개선을 위주로 진행되었다. 본 연구는 기존 연구와는 달리 스케줄링 방법의 개선이 아니라 하나의 피코넷에 적합한 노드수를 구하고 그에 맞게 스캐터넷을 구성하는 것이다. 이렇게 블루투스의 특성을 고려한 스캐터넷 구조를 이용한다면 전송 효율의 향상으로 인하여 QoS의 평가 요소인 전송률(Throughput)과 트리 구조에서 얻을 수 있는 라우팅 알고리즘의 단순성으로 인해 연결 설정 지연(Connection establishment delay)의 향상이라는 이점을 얻을 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 II장에서는 블루투스 기술에 대하여, III장에서는 본 논문과 관련이 있는 기존 논문들을 분석하고, IV장에서는 본 논문이 제안하는 알고리즘에 대하여, V장에서는 시뮬레이션을 통한 결과를 제시하고 VI장에서는 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 1. 트리형태의 스캐터넷

G.Tan, A.Miu, J.Guttag 과 H.Balakrishnan의 연구에서 스캐터넷의 구조가 트리라고 결론지었다<sup>[3]</sup>. 트리형태로 스캐터넷을 구성하면 라우팅 루프가 발생하지 않고, 하나의 노드에는 도달하는 경로가 하나뿐이기 때문에 라우팅 알고리즘이 간단해지기 때문이다. 그밖에 트리형태의 이점은 트리에서의 위치에 따라 블루투스 장치에 주소를 할당하기도 쉽고, IP 주소와 같은 상위계층의 주소를 맵핑하기가 용이하다는 장점이 있다.

트리 구조로 스캐터넷을 형성하기 위하여 G.Tan, A.Miu, J.Guttag 과 H.Balakrishnan의 연구에서 제안하고 있는 방법을 Tree Scatternet Formation (TSF)라고

한다<sup>[3]</sup>. TSF는 Connectivity, Healing, Communication efficiency의 세 가지 조건을 만족한다.

TSF 프로토콜은 두 가지 상태를 가지고 있다. FORM과 COMM이다. FORM 상태에서는 노드가 INQUIRY나 INQUIRY SCAN 을 수행할 수 있다. FORM 상태에서는 다른 트리에 있는 노드와 연결해서 스캐터넷의 연결성을 높이려는 시도를 한다. COMM 상태에서는 스캐터넷 내부의 노드와 통신을 하고 있는 상태이다.

TSF프로토콜의 기본동작은 다음과 같다. 초기에는 FORM 상태에서 랜덤한 시간동안 INQUIRY와 INQUIRY SCAN 상태를 유지하면서 스캐터넷을 형성해 나간다. 그 이후에 트리구조에 속했는지 아니면 여전히 연결되지 못한 Free 노드인지를 판별하여 COMM 상태에 있을 시간을 결정한다. 만일 노드가 스캐터넷에 소속되어 있을 경우 얼마동안 COMM 상태에 머무르지 결정하는 것 또한 랜덤하게 결정된다.

FORM 상태에서 다른 노드나 트리와 연결 시에 루프를 피하기 위해서 표 4와 같은 규칙을 사용한다. 표 4안의 값이 0일 경우 두 노드는 연결할 수 없다는 의미이다. 예를 들면, Master로 동작하는 Free노드와 Slave로 동작하는 Non-root 는 연결할 수 있지만 Master인 Non-root 노드와 Slave인 Root는 연결할 수 없다는 것을 의미한다.

## 2. 평균홉수를 줄이기 위한 스캐터넷 형성 알고리즘

G.Tan, A.Miu, J.Gutttag 과 H.Balakrishnan의 연구에서 제안한 방법을 개선한 방법이다. 이 알고리즘은 스캐터넷 형성시 노드간 평균거리가 가장 짧게 구성하며, 그 형태는 트리구조이다. 트리를 형성하는 방법으로서 트리 위상의 특성을 이용하고 있다<sup>[4]</sup>.

$n$ 개의 노드와 분지수가  $d(d \geq 3)$ 이하인 트리들 중 노드간 평균거리가 가장 짧은 형태는 각 노드의 분지수가  $d$ 이거나 1인 경우이다.

여러 개의 트리로 구성된 포레스트를 단일 트리로 구성해 나갈 때 분지수가 큰 형태의 트리에 가깝도록 구성하면 노드 간 평균 거리가 상대적으로 짧은 단일 트리를 얻을 수 있다. TSF처럼 동적으로 트리 형태의 스캐터넷을 형성하는 것은 여러 개의 트리로 구성된 포레스트를 단일 트리로 형성하는 것과 유사하다. 따라서 스캐터넷을 분지수가 큰 형태에 가깝게 형성하면 상대적으로 장치간 평균 홉수가 작은 네트워크를 얻을 수 있다.

이러한 특성을 반영한 단일 트리 형성 방법을 제시한다. 이것은 트리를 이용한 집합표현 방식 중 가중법칙을 통해 합집합을 구해내는 방식을 변형한 방법이다.

- 방법 1: 높이가 다른 두 트리의 경우엔 높이가 높은 트리의 루트가 낮은 쪽 트리의 루트를 자식으로 삼는다.
- 방법 2: 높이가 같은 두 트리의 경우엔 가중법칙처럼 노드 수가 많은 트리의 루트가 작은 트리의 루트를 자식으로 삼는다.

스캐터넷의 형성과정이 포레스트를 하나의 트리로 형성해가는 과정과 유사하므로 Root노드 간에 결합이 이루어질 때 방법1, 방법2를 이용하면 장치간 평균 홉수 면에서 보다 개선된 트리형태의 스캐터넷을 형성할 수 있다.

포레스트를 단일 트리로 구성하는 방법을 실제 블루투스 장치에 적용하려 할 때, 블루투스 장치의 연결단계중 하나인 INQUIRY 단계에서는 방법1, 2를 그대로 적용할 수 없다. 현재 블루투스 규격이 제시하는 IAC 패킷이나 FHS 패킷에는 장치 자신이 속한 트리의 높이나 노드 수 등의 정보를 담아 보낼 공간이 할당되어 있지 않기 때문이다. 따라서 스캐터넷 형성 과정에 있는 두 트리의 Root 노드가 연결을 시도할 때 트리의 높이 정보를 비교하는 교섭과정을 뺄 수는 없다.

INQUIRY 상태에서는 Root 노드들이 자신의 자식 노드들의 숫자를 비교해가며 연결을 시도할 수 없기 때문에, 자식 노드가 많은 Root 노드의 INQUIRY 수행시간을 상대적으로 늘려주고 INQUIRY SCAN 수행시간은 상대적으로 줄여준다. 이것은 스캐터넷 형성시 높이가 높고 노드수가 많은 트리의 Root 노드가, 높이가 낮고 노드 수가 적은 트리의 Root 노드를 자식으로 삼을 가능성을 높여주는 방법이다.

이렇게 함으로써 INQUIRY/INQUIRY SCAN 상태를 랜덤한 시간동안 수행하여 얻어지는 트리의 형태보다 분지수가 큰 형태의 트리가 형성될 가능성이 높아진다. 이것은 보다 효율적인 구조의 스캐터넷이 형성되었음을 의미한다.

## III. 제안하는 알고리즘

### 1. 슬레이브의 수에 따른 전송량 비교

분지수가 큰 트리를 구성하는데 있어서, 피코넷의 성능을 저하시키지 않으려면 피코넷 하나에 속하는 슬레이브의 수를 제한할 필요가 있다. 적절한 노드수를 찾

기 위하여 다음과 같은 실험을 한다. 실험 환경은 그림 1과 같이 1개의 피코넷을 구성하고, TCP트래픽을 전송하였다. 슬레이브의 수는 1개부터 6개까지 증가시키면서 그에 따른 전송량을 측정하였다. 1개의 피코넷에서 슬레이브의 수에 따른 전송량의 변화는 그림 2와 같다. 그림 2의 그래프를 보면 슬레이브의 수가 4개까지는 전송량에 있어 거의 차이가 없다. 5개부터 급격하게 줄어드는 것을 볼 수 있다.

블루투스 장치는 서로 연결하여 하나는 마스터로, 다른 하나는 슬레이브로 동작하여 피코넷을 구성하게 된다. 같은 피코넷에 속한 슬레이브들은 마스터 장치를 중심으로 하여 동작하게 된다. 만약 마스터 장치가 슬레이브 장치로 전달할 패킷이 없으면 그 슬레이브 장치는 제외시키거나 NULL 패킷을 전송하게 된다. 제외시키는 방법으로는 저전력 상태로 만들어서 피코넷에의 참여를 최소화시킨다. 이러한 저전력 상태로는 Hold, Park, Sniff모드가 있다.

시뮬레이션에는 저전력 모드가 구현되어 있지 않다. 따라서 슬레이브 수가 5개가 되었을 경우에 나타나는 전송량의 급격한 감소는 다음과 같은 이유로 분석된다.

전송은 마스터를 중심으로 이루어진다. 슬레이브 수의 증가는 자신의 슬롯에서 통신할 것이 없는 경우의 수 또한 증가하게 된다. 이런 경우 NULL 패킷을 전송하게 되는데, NULL패킷의 증가는 전송 효율의 감소를 가져오게 된다. 그리고 마스터 장치가 활성화 상태(Active Member)의 슬레이브를 유지하기 위하여 주기적으로 교환하는 메시지의 개수가 증가한다.

NULL 패킷의 증가와 피코넷을 유지하기 위한 메시지의 전송수의 증가로 인하여, 한 피코넷에 속해있는 슬레이브의 수에 따라 전송 효율이 달라진다. 물론 이것은 시뮬레이션을 통한 결과이기 때문에 저전력 모드까지 지원하는 실제 구현과는 다를 수 있다. 하지만, 한 피코넷에서 슬레이브 수가 증가함에 따라 전송 효율이

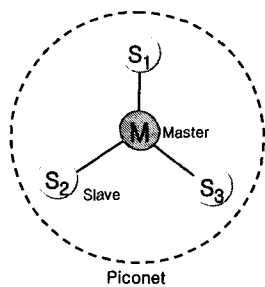


그림. 1. 피코넷의 형태  
Fig. 1. A Piconet.

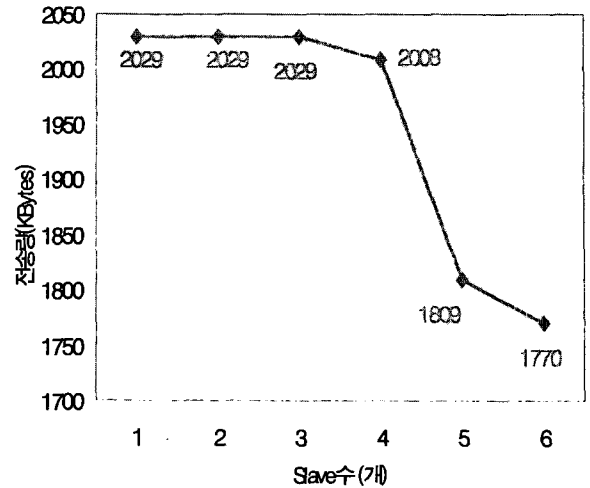


그림. 2. 피코넷에서 슬레이브의 수에 따른 전송량의 변화  
Fig. 2. Transmitted size according to number of slaves in Piconet.

떨어진다는 연구가 있다<sup>[8]</sup>.

따라서 본 논문에서 한 피코넷의 최대 슬레이브 수로 제안하는 수치인 4가 실제 하드웨어의 동작상황과는 다를 수 있다. 슬레이브 수를 4개로 제한하는 것은 실제 구현의 참고로서 그 의미가 있을 것이다.

## 2. 피코넷의 전송효율을 고려한 스캐터넷 형성 알고리즘

스캐터넷 형성시 한 피코넷의 최대 슬레이브 수를 n개로 제한한다. 이는 트리 구조에서 하나의 노드가 가질 수 있는 최대 분지수가 n개라는 것을 의미한다. 그렇지만 항상 최대 분지수를 n개로 제한하는 것은 아니다. 특정한 상황에서는 한 노드의 자식 노드 수를 n+1개까지로 예외를 허용한다. 작은 수의 노드가 추가될 경우 트리의 높이를 증가시키기 보다는 이미 형성된 트리의 제한 노드수를 n+1개로 함으로써, 될 수 있으면 트리의 높이를 늘리지 않기 위함이다.

본 논문에서 제안하는 방법은 한 노드의 자식 노드 수가 n개까지는 주로 INQUIRY 상태에서 자식 노드를 추가하고, n+1개까지는 n개보다 작은 시간만을 INQUIRY 상태에 머물면서 자식 노드를 추가하고 n개를 넘어서면 INQUIRY 보다는 INQUIRY SCAN을 주로 수행한다. 제안하는 방법 또한 기존 연구[3],[4]처럼 블루투스 규격의 변경 없이 스캐터넷 형성을 수행한다. 따라서 블루투스 장치간에 연결을 시도할 때 서로가 갖고 있는 자식 노드 수를 알아낼 수 있는 방법이 없기

때문에, 갖고 있는 자식 노드의 수에 따라 INQUIRY와 INQUIRY SCAN 수행시간을 조절함으로써 적절한 트리 구조를 생성한다.

노드의 지위는 자식 노드를 갖고 있는 Root 노드와 트리에 소속돼 있지만 Root가 아닌 Non-Root 노드, 어떤 곳에도 소속돼 있지 않는 Free 노드로 나눈다.

다음 그림 3(a),(b),(c)는 제안하는 알고리즘의 수행 절차를 보여주고 있다. INQUIRY 수행 시 자식 노드수가 n개까지는 노드 수에 비례하여 그 수행시간을 늘려 주고 자식노드수가 n+1개인 경우는 적은 시간만을

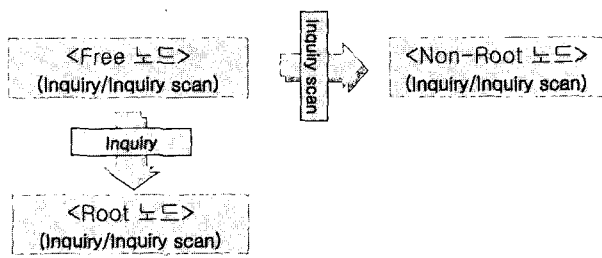


그림 3(a). 알고리즘 수행절차 - 노드의 지위변화  
Fig. 3(a). Proposed algorithm procedure - node transition.

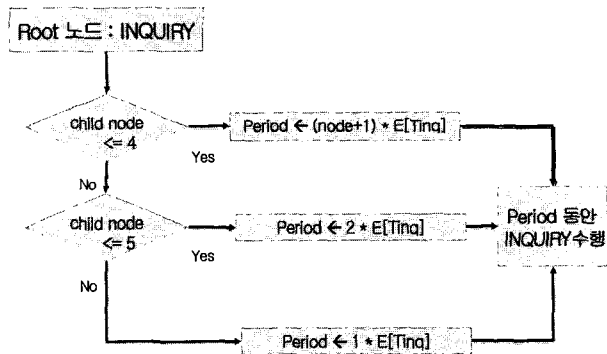


그림 3(b). 알고리즘 수행절차 - Root 일때 INQUIRY 수행절차  
Fig. 3(b). Proposed algorithm procedure - INQUIRY state at ROOT node.

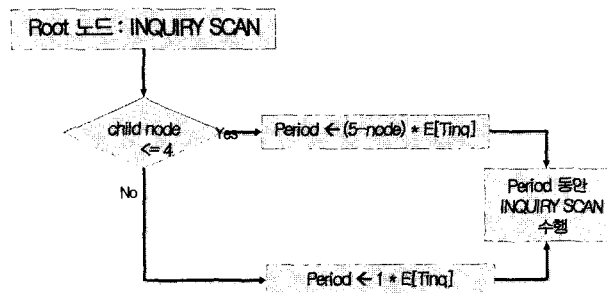


그림 3(c). 알고리즘 수행절차 - Root 일때 INQUIRY SCAN 수행절차  
Fig. 3(c) Proposed algorithm procedure - INQUIRY SCAN state at ROOT node.

INQUIRY를 수행하게 한다. 마지막으로, n+1개보다 많은 수의 자식 노드가 있을 경우에는 최소한의 시간만을 INQUIRY에 할당하였다. INQUIRY SCAN의 경우에는 자식 노드수가 n+1개까지는 노드 수에 반비례하여 작은 시간동안 INQUIRY SCAN을 수행하고, n+1개 이상인 경우에는 일정한 시간동안 INQUIRY SCAN을 수행한다.

### IV. 실험

피코넷당 전송효율을 고려하여, 스캐터넷 형성시 하나의 분지수를 4개로 제한하였다. 비교대상으로 기존연구1에는 Forming Scatternets from Bluetooth Personal Area Networks<sup>[3]</sup>의 알고리즘을, 기존연구2에는 블루투스 장치간의 평균 홉수를 줄이기 위한 트리 스캐터넷 형성 알고리즘<sup>[4]</sup>을 적용한다. 실험은 NS-2<sup>[9]</sup>를 사용하여 시뮬레이션을 하고, 블루투스의 구현은 BlueHoc<sup>[10]</sup>과 Blueware<sup>[11]</sup>를 이용한다.

그림 4는 스캐터넷 형성시간을 측정하였는데, 마지막 남은 노드가 스캐터넷에 추가되었을 때까지의 시간이다. 그래프를 보면 노드 수가 40개까지는 제안하는 방법이 스캐터넷을 형성하는데 더 오래 걸리는 것을 볼 수 있으나 40개를 넘어서는 크게 나쁘지 않은 것을 알 수 있다. 이것은 기존연구의 경우 랜덤한 시간을 스캐터넷 형성에 필요한 INQUIRY/INQUIRY SCAN상태에 머무르는데 사용하지만, 제안하는 논문의 경우 노드 수에 비례하여 INQUIRY/INQUIRY SCAN상태에 머무르

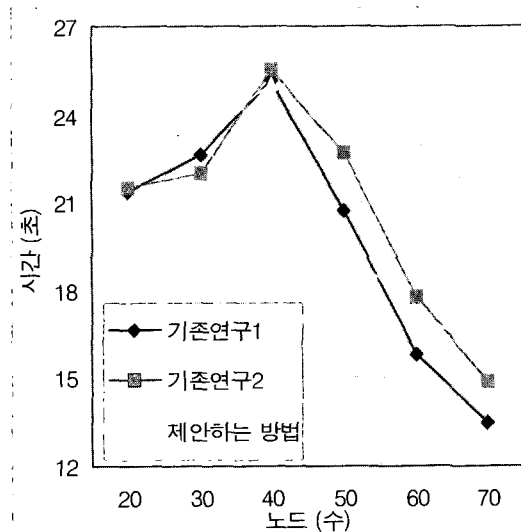


그림 4. 스캐터넷 형성시간 비교  
Fig. 4. Scatternet formation time.

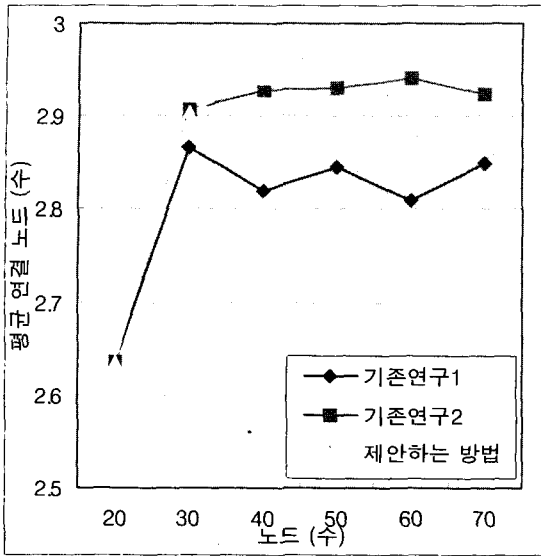


그림 5. 평균 연결 노드수 비교  
Fig. 5. Average number of connected nodes.

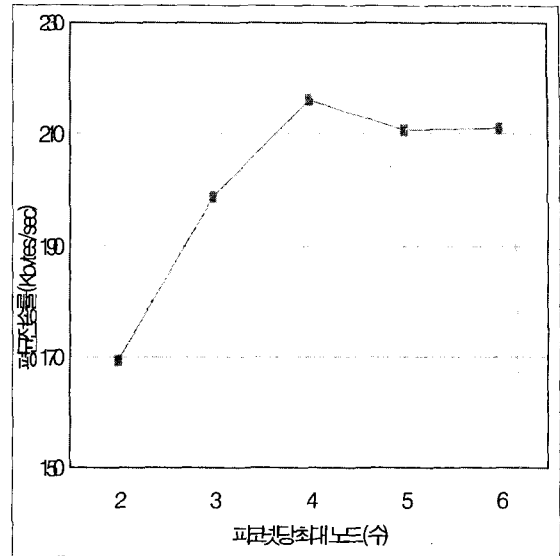


그림 7. 피코넷당 최대 노드 수에 따른 평균 전송률 비교  
Fig. 7. Throughput according to the max number of slaves.

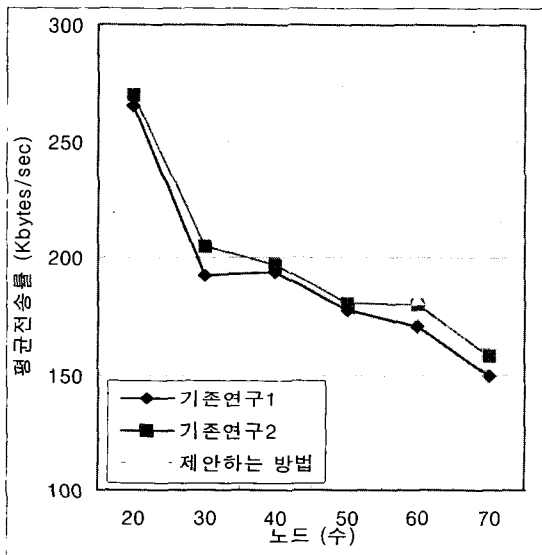


그림 6. 평균전송률 비교  
Fig. 6. Throughput.

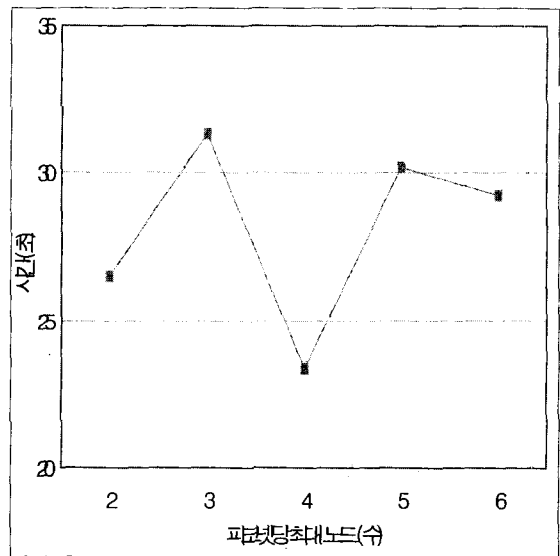


그림 8. 피코넷당 최대 노드 수에 따른 스캐터넷 형성시간 비교  
Fig. 8. Scatternet formation time according to the max number of slaves.

는 시간을 결정하기 때문으로 보인다.

그림 5의 그래프는 트리 구조로 스캐터넷을 형성했을 때, Leaf노드를 제외한 나머지 노드에 연결된 가지 수의 평균을 구한 값이다. 이것이 클수록 분지수가 큰 트리가 구성되었다고 볼 수 있다. 제안하는 알고리즘은 분지수를 4개로 제한하였지만, 트리의 높이를 증가시키지 않을 수 있는 상황이면 분지수를 5개까지도 예외적으로 허용하였기 때문에, 기존 연구보다 평균연결노드 수가 높게 나온다.

그림 6의 그래프는 평균 전송률을 비교한 결과이다. 임의로 두 개의 노드를 선택하여 데이터 전송 효율을

측정하고 그 평균을 구한 값이다.

트리구조로 스캐터넷을 구성하여도 내부 통신의 경우에 피코넷을 단위로 전송을 한다. 제안하는 알고리즘은 피코넷이 최대의 전송효율을 보이는 슬레이브 수로 구성한다. 따라서 피코넷이라고 하는 스캐터넷의 구성 단위의 전송 효율의 증가가 스캐터넷의 전송 효율의 증가라는 결과로서 나타났다.

그림 7 및 그림 8은 전체 노드 수는 고정하고, 하나

의 피코넷을 구성하는 슬레이브 수만을 변경한 경우의 결과를 보여준다. 피코넷이 최적의 효율을 내고 있는 4개의 슬레이브에서 스캐터넷 평균 전송률이나 스캐터넷 형성시간에 있어서 제일 나은 결과를 보여준다.

## V. 결 론

블루투스 장치는 주파수 hopping을 이용하여 통신을 하기 때문에 다른 신호의 간섭이 많은 공간에서도 무리없이 사용할 수 있다. 이것은 또한 동일한 지역에서 여러 개의 피코넷이 동시에 동작할 수 있게 한다. 따라서 피코넷간에 통신이 이루어질 수도 있다. 피코넷간에 통신을 하기 위하여 피코넷을 연결하면 스캐터넷을 형성한다. 블루투스 기술 규격에도 스캐터넷을 정의하고 있지만, 스캐터넷을 어떠한 방식으로 형성할 것인지 정해진 규격이 없다.

현재 연구되고 있는 효율적인 스캐터넷의 구조는 트리 형태로 구성하는 것이다. 그렇지만 기존 연구는 효율적인 트리 구조를 제시함에 있어서 블루투스의 특성을 제대로 고려하지 못하고 있다.

따라서, 본 논문에서는 스캐터넷을 구성하고 있는 피코넷의 전송 효율을 고려하여 트리를 형성하였다. 피코넷에 소속된 슬레이브의 수에 따라서 전송효율이 달라지기 때문에, 최적의 전송효율을 나타내는 슬레이브 수를 제한했다. 피코넷의 전송효율이 최적의 성능을 내도록 하여 스캐터넷을 구성하였기 때문에 기존연구에 비해 스캐터넷 전체의 평균처리율이 증가하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 이우신, 이혁준, "스니프 모드 기반의 효율적인 블루투스 스캐터넷 스케줄링 기법", 한국정보처리학회논문지C vol. 10 No. 2, pp. 185-190, Apl., 2003.
- [2] WAH-CHUN CHAN, JIANN-LIANG CHEN, PO-TSANG LIN, KA-CHIN YEN, "Quality-of-Service in IP Services over Bluetooth Ad-Hoc Networks," Mobile Networks and Applications 8, pp. 699-709, 2003.
- [3] Godfrey Tan, Allen Miu, John Guttag and Hari Balakrishnan, "Forming Scatternets from Bluetooth Personal Area Networks," MIT LCS Technical Reports, Oct. 2001.
- [4] 강승호, 강대욱, 임형석, "블루투스 장치 간의 평균 홉 수를 줄이기 위한 트리 스캐터넷 형성 알고리즘", 한국정보처리학회 논문지C vol 11 No. 3,

2004.

- [5] "IEEE 802.15.1," IEEE, 2002.
- [6] "Specification of the Bluetooth System 1.2," Bluetooth, Nov., 2003.
- [7] "Specification of the Bluetooth System 2.0+EDR," Bluetooth, Nov., 2004.
- [8] Tae-Jin Lee, "Modeling and Simulation of Master-driven TDD Wireless Communication Systems," Proceedings of the Korea Society for Simulation Conference, pp. 459-463, Oct. 2001.
- [9] "ns-2 The Network Simulator," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/index.html>, 2004.
- [10] "BlueHoc : Open-Source Bluetooth Simulator," <http://www-124.ibm.com/developerworks/opensource/bluehoc/>, 2001.
- [11] "Blueware : Bluetooth Simulator for ns," <http://nms.lcs.mit.edu/projects/blueware/software/>, 2002.

저 자 소 개



이 정 우(정회원)  
 2003년 한양대학교 전자컴퓨터  
 공학부 학사.  
 2005년 한양대학교 컴퓨터공학과  
 석사.  
 2005년 현재 삼성SDS CM사업단  
 주임컨설턴트

<주관심분야: 네트워크, Bluetooth, WPAN, IPsec>



한 재 성(정회원)  
 2002년 한양대학교 전자컴퓨터  
 공학부 학사.  
 2004년 한양대학교  
 컴퓨터공학과 석사.  
 2005년 현재 KTV Global  
 연구원

<주관심분야 : DTV, 영상처리 >



박 성 한(정회원)  
 1970년 한양대학교 전자공학과  
 학사  
 1973년 서울대학교 전자공학과  
 석사  
 1984년 미국 텍사스 주립대  
 전기 및 컴퓨터공학과  
 박사

2003년 대한전자공학회 회장  
 1986년~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수  
 <주관심분야: 네트워크, Bluetooth, WPAN, IPsec,  
 영상처리>