

사회적 그룹을 고려한 터널 기반의 스캐터넷 구성을 위한 요구사항 분석*

양명아[○], 고양우, 이동만
한국정보통신대학교
{may[○], newcat, dlee}@icu.ac.kr

A requirement analysis for social group aware and tunnel-based scatternet formation scheme

Myeong-a Yang[○], Yangwoo Ko, Dongman Lee
Information and Communications University

요 약

이전의 스캐터넷 관련 연구들은 특정 지역내의 모든 장치들을 단시간 내에, 또는 최적의 성능을 내도록 형성하는 방법을 제안하였다. 그러나 실제 응용에서는 같은 사회적 그룹에 속한 사람들간의 통신이 더 빈번하게 일어나기 때문에, 같은 사회적 그룹에 속하는 장치들 먼저 소규모의 스캐터넷으로 연결하고 이렇게 형성된 스캐터넷을 터널로 연결하는 것이 더 효율적이다. 기존 스캐터넷을 평가하기 위해 제안된 APC는 병목현상을 고려하지 않기 때문에 스캐터넷의 성능을 나타내는 평가 기준으로 부적절하다. 따라서 우리는 성능에 압도적인 영향을 미치는 트래픽을 제외한 나머지 트래픽의 전송 성능 평균을 스캐터넷을 평가하는 기준으로 제안하였다. 그리고 터널의 개수와 위치가 전체 네트워크에 어떤 영향을 미치는지 알아보았다.

1. 서 론

블루투스[1]는 주파수 전이 기법을 이용한 근거리 무선 통신의 대표적 기술이다. 블루투스는 선 없이도 휴대폰, PDA, 노트북 등을 간편하게 연결해 주어 개인 영역 네트워크(Personal Area Network, PAN)를 구성하는 데 널리 쓰인다. 블루투스의 기본 단위는 피코넷으로 하나의 마스터와 최대 7개의 슬레이브로 구성된다. 9개 이상의 블루투스 장치를 연결하기 위해 제안된 스캐터넷을 구성하는 방식에 대하여는 다양한 연구가 계속되고 있다[3][4][5][6][8].

대다수의 기존 연구에서는 특정 지역내의 모든 장치들을 단시간 내에, 또는 최적의 성능을 내도록 연결하는 스캐터넷을 형성하는 방법을 제안하고 있다. 즉, 참여하는 장치들을 모두 동등한 장치로 간주한다. 또한 기존의 스캐터넷 형성 기법은 모든 장치들을 동등하게 취급하기 때문에 약의적인 사용자도 아무런 제한 없이 전체 네트워크의 구성에 참가할 수 있다. 이는 개인 정보 유출이나 데이터 전송에서의 악의적 행동 등의 여러 문제점을 일으킨다.

현실에서는 같은 사회적 그룹[2]에 속한 사람들 간에는

서로 다른 그룹에 속한 사람들보다 통신이 더 빈번하게 일어날 것이다. 본 논문은 통신이 빈번하게 일어나는 장치들끼리 작은 규모의 스캐터넷으로 연결하고, 이렇게 형성된 소규모의 스캐터넷을 터널로 연결하는 기법을 제안한다. 제안된 기법은 스캐터넷의 장치 수를 줄여 평균 경로 길이를 단축하여 전송성능이 향상시키고 네트워크의 효율을 높인다. 서로 믿을 수 있는 같은 사회적 그룹의 사용자들은 제한이 없는 하나의 스캐터넷으로 연결하고, 다른 그룹이나 어느 그룹에도 속하지 않은 사용자들은 터널을 통해 연결하여 지나가는 트래픽을 적절히 통제 할 수 있다. 터널을 통해 두 개의 스캐터넷을 연결하려 할 때 전체 네트워크의 성능을 최적화하는 것이 중요한 목표이다. 터널로 연결된 두 스캐터넷을 하나의 커다란 스캐터넷으로 볼 수 있으므로 기존의 스캐터넷 관련 연구에서 사용하는 성능 평가 기준을 사용할 수 있을 것이라고 예상할 수 있다. 그러나 기존의 연구는 네트워크를 평가할 때 모든 송신자-수신자 쌍간의 평균 경로 길이와 장치 당 평균 링크 개수만을 고려하였기 때문에 터널에 트래픽이 몰리는 병목현상을 제대로 반영하지 못한다. 따라서 우리는 터널로 연결된 네트워크의 성능을 적절하게 나타내는 평가 기준을 제안하고, 이러한 기준을 만족하는 터널을 선택하는 방식을 제안한다. 본 논문에서는 커다란 하나의 스캐터넷을 형성하는 것 보다 같은 그룹에 속한 장치들 각기 소규모의 스캐터넷으로 형

* 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크 원천기반기술개발사업과 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 디지털미디어연구소 지원사업의 지원에 의한 것임

성하고 이를 터널로 연결할 때 전송 성능이 더 좋다는 사실을 시뮬레이션을 통해 입증하였다.

2장에서는 사회적 그룹과 블루투스 관련 연구에 대해 간략하게 살펴보고, 3장에서는 스캐터넷을 평가하는 적절한 기준을 소개하고 스캐터넷의 성능을 향상하는 터널의 개수와 위치에 대해 설명한다. 마지막으로 4장에서는 전체 논문을 정리한다.

2. 관련 연구

2.1 사회적 그룹

사회적 그룹이란 형식적이거나 비형식적인 멤버십 분류 기준에 의해 정의되는 다수의 개인들로 정의된다[2]. 사회적 그룹의 구성원들은 동질감을 가지고 있으며 서로 유사한 상호 작용 패턴을 가지고 있다. 다시 말해 어떤 사람이 한 사회적 그룹에 속하기 위해서는 모든 그룹 구성원들의 동의가 필요하며, 사회적 그룹 내에서는 그룹 구성원간의 공통된 목표를 위해 상호 협동 작용이 활발히 일어난다. 그리고 사회적 그룹의 지속 시간은 대개 연산 시간보다 길어, 몇 시간 동안 지속될 수도 있지만, 주로 몇 달, 몇 년씩 지속된다.

[2]는 사회적 그룹의 구성원과 구성원이 가지고 있는 장치와의 상관 관계, 사회적 그룹을 정의하는 형식, 구성원 추가 삭제 등 멤버십 관리 방법에 대해 논의하고 있다. 하지만, 여러 개의 사회적 그룹이 존재할 때 그룹간의 통신에 대해서는 고려하지 않았다.

2.2 블루투스

블루투스 표준 문서[1]는 블루투스의 동작 방식과 통신 규약에 대해서 정의하고 있다. 블루투스에서는 장치들이 마스터-슬레이브 관계를 형성하기 때문에 데이터를 보내기 위해 장치끼리 경쟁해야 하는 IEEE 802.11 등과 같은 프로토콜과 구별된다. 블루투스는 시분할 통신 방식을 이용하여, 마스터가 다음 시간 슬롯에 통신할 슬레이브를 선택한다. 마스터는 최대 7개의 슬레이브를 가질 수 있고 이들은 피코넷을 형성한다. 9개 이상의 블루투스 장치를 연결하기 위해 제안된 스캐터넷 형성 방식은 표준화되지 않았으며 다양한 연구가 계속되어 왔다.

스캐터넷 구성 방식은 스캐터넷 연결 형태 (트리 또는 메쉬), 두 개의 피코넷을 연결하는 노드의 종류 (마스터-슬레이브 또는 슬레이브-슬레이브), 그리고 모든 장치가 전송범위 내에 존재하는 지 여부 (싱글홉 또는 멀티홉) 등에 의해 분류된다. 대표적인 스캐터넷 구성 기법으로는 Bluemesh[3], Bluenet[4], Shaper[5], TSF[6] 등이 있다. 이들은 특정 지역내의 모든 장치를 동일하게 생각하여 하나의 커다란 스캐터넷을 구성하는데 초점을 맞추었기

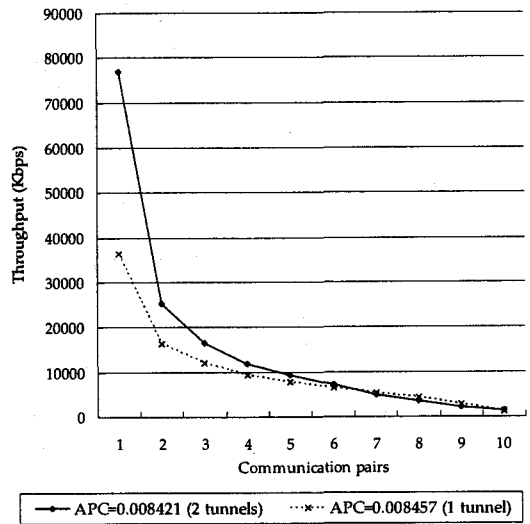


그림 1. APC와 TCP 전송 성능과의 관계

때문에 사회적 그룹에 따른 스캐터넷 형성을 효율적으로 지원하지 못한다.

다만, [8]에서는 통신이 빈번히 일어나는 장치들을 통신 그룹(Communication Group, CG)으로 나누어 동일한 피코넷으로 묶으려 하였다. 통신이 빈번하게 일어나는 그룹끼리 피코넷을 형성하므로 대부분의 경우 각각의 피코넷이 독립적으로 통신할 수 있다. 따라서 통신 그룹을 고려하지 않을 때보다 전송 성능이 높아지고 전송 지연이 줄어들며 패킷 손실률이 낮아진다. [8]에서는 송신자-수신자 트래픽을 감시하여 통신 그룹을 인지하였기 때문에, 통신 초반에는 적절한 대응이 어려울 뿐만 아니라 지속적인 트래픽 관찰은 부담이 크다. 따라서 우리는 트래픽에 따라 통신 그룹을 나누지 않고, 사회적 그룹 개념을 도입하였다.

3. 설계 고려 사항

3.1 용어 정의

앞으로 쓰일 용어는 아래와 같이 정의된다.

게이트웨이: 한 스캐터넷에 속한 장치로서 그 스캐터넷에서 다른 스캐터넷으로 전송할 트래픽을 상대 스캐터넷에 속한 장치에 전송하는 장치

터널: 서로 다른 스캐터넷에 속한 두 개의 게이트웨이가 서로 통신하기 위해 생성한 마스터-슬레이브 링크

3.2 기존 평가 기준의 문제점

[7]은 스캐터넷의 성능은 평균 경로 길이와 평균 링크 개수로 결정된다고 주장하였다. 평균 경로 길이를 줄이기 위해 링크 수를 늘리면, 마스터를 통해서만 통신을 할 수

표 1. 터널이 두 개일 때 서로 다른 두 네트워크의 성능

평균 TCP 전송 성능 (Kbps)	Case 1	Case 2
전체	19.40	19.43
경로길이 1,2 제외	14.39	12.05

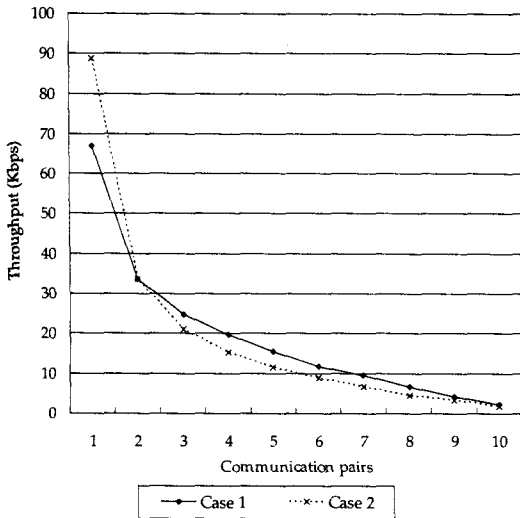


그림 2. 터널이 두 개일 때 두 네트워크의 TCP 전송 성능

있는 피코넷의 특성상 한 링크의 통신 가능 시간이 줄고, 따라서 전체적인 성능이 떨어진다. 반대로 링크 수를 줄이면 대역폭은 늘어나겠지만 평균 경로 길이가 늘어나 전송 지연이 늘어나고 전송 성능이 줄어든다. 따라서 [7]에서는 두 가지 요소를 결합하여 스캐터넷 내의 모든 노드 간의 송신자-수신자 쌍이 가질 수 있는 평균 용량을 나타내는 Average Path Capacity(이하 APC)라는 평가 기준을 제안하였다.

우리는 APC가 스캐터넷의 성능을 나타내는 적절한 평가 기준인지 확인하기 위하여 APC와 TCP 전송 성능의 관계를 시뮬레이션을 통하여 알아보았다. 시뮬레이션은 블루투스 전송 규격의 거의 모든 기능과 추가적인 스캐터넷 형성 기법(TSF[6])을 구현한 Blueware[9] 상에서 진행되었다. 전체 네트워크는 20개의 장치로 구성되어 있으며 두 그룹은 각각 10개의 장치를 가진다. 스캐터넷 내 송신자-수신자 쌍은 스캐터넷 간 송신자-수신자 쌍보다 두 배 많다. 그러나 우리는 스캐터넷 간 전송 성능에 관심이 있으므로 스캐터넷 간 송신자-수신자 쌍의 전송 성능만을 그래프에 반영하였다. 모든 그래프는 가독성을 높이기 위해 100개의 스캐터넷 간 송신자-수신자 쌍의 전송 성능을 내림차순으

로 정렬한 다음 10쌍의 전송 성능 평균을 하나의 점으로 나타내었다.

시뮬레이션 결과는 APC 값을 크게 만드는 터널이 전체적인 스캐터넷의 성능을 높여주는 것은 아니라는 것을 보여준다. 그림 1은 거의 같은 APC 값을 가지는 두 개의 네트워크에서 서로 다른 스캐터넷에 속한 장치간의 TCP 트래픽의 전송 성능을 그래프로 나타낸 것이다. 위의 실선은 두 개의 터널로 스캐터넷을 연결했을 때이고 아래 점선은 터널이 하나만 존재할 경우이다. 그림 1에서 확인할 수 있듯이 유사한 값의 APC를 가진다고 해도 성능은 크게 차이가 난다. 이는 모든 송신자-수신자 쌍이 가지는 평균 용량은 동일하다 하더라도 터널이 한 개일 경우 그 터널이 스캐터넷 간 트래픽의 병목구간이 되기 때문이다. 반면 터널이 두 개일 때는 그룹 외부로 나가는 트래픽이 분산되기 때문에 하나일 경우보다 더 높은 전송 성능을 보인다. 즉, APC는 트래픽의 분산 여부를 고려하지 않기 때문에 스캐터넷 성능 측정의 기준으로 적절하지 않다.

3.3 제안하는 성능 평가 기준

20개의 장치가 2개의 그룹으로 나뉘어 있고, 두 그룹이 두 개의 터널을 통해 서로 연결되어 있는 경우 전체 TCP 전송 성능을 살펴보면 그림 2와 같다. 그림에서 확인할 수 있듯이 상위 10%의 전송 성능이 전체 성능을 압도한다. 이런 현상은 간단한 논리로 설명 가능하다. 먼저 전송 경로가 늘어날수록 전송 성능은 그에 반비례하여 줄어들기 때문에 전송 경로의 길이가 1 또는 2일 때의 전송량이 그 이상의 전송 경로를 거칠 때의 전송량에 비해 압도적으로 많다. 그림 3에서 쉽게 확인할 수 있듯이 트리 형태의 스캐터넷은 평균 2개의 링크를 가지기 때문에 한 터널을 거치는 장치 쌍 중에서 전송 경로가 1인 경우는 (C,H), 2인 경우는 (C,G), (C,I), (H,B), (H,D) 이다. 따라서 터널이 두 개이고 스캐터넷 간 트래픽의 송신자-수신자 쌍이 100개이므로 전송 경로의 길이가 1 또는 2인 트래픽은 2x5/100 즉, 전체의 10%를 차지하게 된다. 문제는 상위 10%의 전송 성능이 나머지 전송 성능을 무시할 수 있을 만큼 크기 때문에 전체의 전송 성능의 평균이 스캐터넷의 성능을 제대로 반영하지 못한다는 것이다.

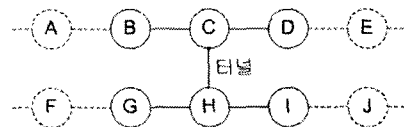


그림 3. 터널에 연결된 전송 경로가 1 또는 2인 장치

따라서 미리 트래픽 패턴을 예상할 수 없고 터널과 가까운 장치뿐만 아니라 대부분의 장치들에게 공평하게 대역

표 2. 사회적 그룹을 고려한 스캐터넷의 성능 향상

평균 TCP 전체 성능 (Kbps)	하나의 스캐터 넷으로 연결	소규모 스캐터 넷 터널로 연결
전체	37.04	37.81
경로길이 1,2 제외	15.07	25.30

폭을 제공해야 하는 경우에는 전송 경로가 1 또는 2인 트래픽을 제외한 나머지 트래픽의 전송 성능 평균을 통해 전체 네트워크의 성능을 평가해야 한다. 표 1을 보면 그래프 상에서 대다수의 트래픽에 대해 좋은 성능을 나타내는 첫 번째 경우가 전송 경로가 1 또는 2인 트래픽을 제외한 전송 성능의 평균이 높음을 확인할 수 있다. 두 번째 경우는 전송 경로가 1 또는 2인 트래픽이 높은 성능을 보여 전체적인 전송 성능의 평균은 첫 번째 경우와 비슷하지만 나머지 트래픽의 평균은 더 낮다.

그래서 우리는 터널로 연결된 스캐터넷의 성능을 평가하고자 할 때 전송 경로가 1 또는 2인 트래픽을 제외한 전송 성능의 평균을 바람직한 성능 기준으로 제안한다.

3.4 사회적 그룹을 고려한 스캐터넷의 성능 향상

사회적 그룹을 고려하여 스캐터넷을 구성하는 경우 (즉, 더 자주 데이터를 서로 주고 받는 장치들을 각각의 스캐터넷으로 구성하고 이를 연결하는 경우) 그룹 내의 트래픽은 물론이고 그룹간의 트래픽도 전송 성능이 향상되는지 검증한 결과는 다음과 같다.

표 2는 20개의 장치를 하나의 스캐터넷으로 연결할 때와 두 그룹별로 소규모의 스캐터넷을 형성한 다음 터널로 그들을 연결할 때 두 네트워크의 전송 성능을 비교한 것이다. 전체 전송 성능의 평균은 비슷하지만, 전송 경로가 1 또는 2인 트래픽을 제외한 전송 성능의 평균은 터널로 연결된 스캐터넷에서 훨씬 높게 나타난다. 왜냐하면 그룹별로 소규모의 스캐터넷을 형성하면 통신이 빈번하게 일어나는 장치들 간의 전송 경로는 짧아져 전체적으로 전송 성능이 높아지기 때문이다. 반면 모든 장치를 하나의 스캐터넷으로 연결하면 거의 통신이 일어나지 않는 장치와 이웃이 되고 자주 통신하는 장치와 멀리 떨어지는 경우가 자주 생긴다.

따라서 모든 장치를 하나의 커다란 네트워크로 연결하는 것보다 통신이 빈번하게 일어날 것이라고 기대되는 그룹별로 스캐터넷을 형성한 다음 터널로 연결하는 것이 대부분의 송신자-수신자 쌍에게 더 공평하게 대역폭을 제공한다.

3.5 터널의 개수와 네트워크의 전송 성능

사회적 그룹에 따라 생성된 여러 스캐터넷을 하나 또는 여럿의 터널로 연결하려고 할 때, 터널의 개수는 전체 네트워크의 성능에 큰 영향을 미친다. 먼저, 다중 터널 연결은

표 3. 터널의 개수에 따른 스캐터넷의 성능

평균 TCP 전송 성능 (Kbps)	3 tunnels	2 tunnels	1 tunnel
전체	23.61	19.28	10.13
경로길이 1,2 제외	12.50	14.16	7.25

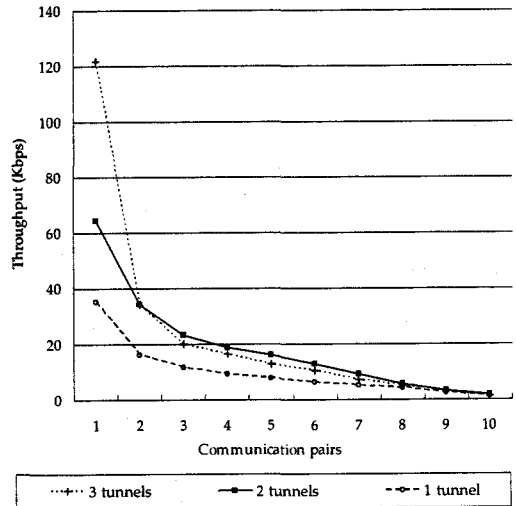


그림 4. 터널의 개수와 전체 네트워크의 TCP 전송 성능

동적인 환경에서도 신뢰성을 제공하고 게이트웨이의 갑작스런 이탈에도 적절하게 반응한다. 왜냐하면 하나의 게이트웨이가 제대로 동작하지 못한다고 해도 이를 복구하는 동안 나머지 게이트웨이가 외부로 빠져나가야 할 트래픽을 처리해 주기 때문이다. 그리고 무엇보다도 다중 터널은 바깥으로 향하는 트래픽을 분산시켜준다. 만약, 두 스캐터넷이 하나의 터널로 연결되어 있다면, 스캐터넷 간의 트래픽이 늘어나면 터널이 병목구간이 되기 쉽다. 왜냐하면 외부 그룹으로 빠져나가야 할 트래픽은 반드시 게이트웨이를 거쳐야 하기 때문이다.

20개의 장치가 2개의 그룹으로 나뉘어 있고, 두 그룹이 한 개, 두 개 또는 세 개의 터널로 연결될 때 전체 스캐터넷의 TCP 전송 성능을 살펴보자. 그림 4에서 확인할 수 있듯이 터널이 하나 있을 때 보다는 두 개일 때 성능이 더 좋아짐을 확인할 수 있다. 이는 하나의 터널을 통과할 트래픽이 두 개의 터널로 분산되기 때문이다. 그러나 터널의 개수를 세 개로 늘린다고 해서 성능이 더 좋아지는 것은 아니다. 이런 현상은 그림 5로 설명할 수 있다. 그림은 터널의 개수에 따라 달라지는 스캐터넷 간 트래픽의 병목구간을 나타낸 것이다. 아래 스캐터넷에 속하는 10개의 장치가 각자 위의 스캐터넷에 속하는 10개의 장치로 같은 전송률로 데

이더를 보낼 때 개별 링크를 지나가는 데이터의 양을 해당 링크에 상대적 수치로 표시하였다. 터널이 한 개일 때 병목 현상이 주로 나타나는 지점은 터널(그림 5. (a))이지만, 터널이 세 개 이상이 되면 터널을 제외한 네트워크(그림 5. (c))에서 병목현상이 나타난다. 따라서 터널이 세 개 이상일 때는 병목현상 보다는 송신자-수신자간 평균 경로 길이와 장치당 평균 링크 수에 따라서 성능이 결정된다. 그런데 그림 4와 표 3에서 확인할 수 있듯이 터널의 개수가 늘어날수록 전송 경로는 짧아지지만 전체 네트워크의 용량이 줄어들기 때문에 장치가 20개인 네트워크에서 적절한 터널의 개수는 2개이다. 이상의 경우는 20개 장치의 경우이고 그 이상이 되면 당연히 터널의 개수가 더 많아야 된다. 두 개 이상의 터널은 병목현상을 해소하기 위해 반드시 필요하지만 단위 스캐터넷의 크기와 그에 맞는 터널의 개수를 결정하는 방법에 대하여는 현재 연구가 진행 중이다.

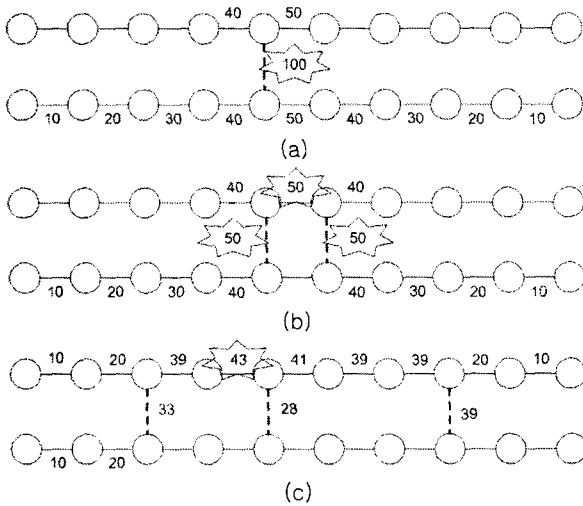


그림 5. 병목 구간이 나타나는 지점

3.6 터널의 위치와 네트워크의 전송 성능

터널 개수뿐만 아니라 게이트웨이의 위치도 전체 네트워크의 성능과 관련되어 있다. 왜냐하면 게이트웨이의 위치에 따라 전체 네트워크의 평균 경로 길이와 네트워크의 전체 용량이 결정되기 때문이다. 또한 다중 터널의 경우 트래픽 분산 효과를 극대화하려면 터널이 전체 네트워크에 고르게 분산되어야 한다.

전체적인 네트워크의 성능을 최대화하는 게이트웨이를 선택하는 알고리즘은 진행 단계에 있지만 대략적인 모양은 다음과 같다. 이전 연구[7]에서도 지적했듯이 전체적인 스캐터넷의 성능을 결정하는 것은 평균 경로 길이와 장치당 평균 링크 개수이다. 이 둘은 서로 반비례 관계에 있고, 이

들의 트레이드 오프를 고려하여 나온 평가 기준이 APC이다. 우리는 이 외에도 추가적으로 하나의 터널에 집중되는 부하의 균형을 고려해야 한다고 생각한다. 터널 두 개를 사용해서 스캐터넷을 연결한다 하더라도 두 터널이 아주 인접해 있다면 (그림 6. (a)) 터널을 하나만 이용한 것과 비교할 때 유사한 병목 현상이 나타날 것이기 때문이다. 그리고 두 터널이 양 극단에 있다면 (그림 6. (c)) 한 터널에 걸리는 부하는 줄어들겠지만 전송 경로의 길이는 터널이 한 개일 때와 유사하다. 따라서 한 스캐터넷에서 선택된 두 개의 게이트웨이는 스캐터넷 간 트래픽을 절반씩 담당해야 하며, 전송 경로를 줄여야 한다. 직선형의 토폴로지이고 트래픽을 미리 예측할 수 없다면 최적의 터널의 위치는 대략 직선형 토폴로지의 1/3 지점과 2/3 지점으로 그림 6의 (b)와 같은 모양이 될 것이다.

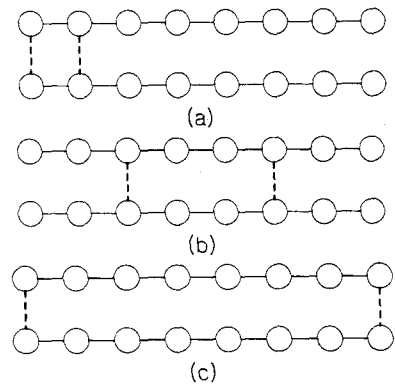


그림 6. 바람직한 터널의 위치

그림 7은 20개의 장치가 두 개의 그룹으로 나뉘고 이들은 두 개의 터널로 연결할 때 터널의 위치에 따른 스캐터넷의 TCP 전송 성능을 나타낸 것이다. 실선은 그림 6. (b)와 같은 형태로 연결된 최적의 토폴로지 상에서 각 송신자-수신자 쌍의 성능을 측정하고, 점선은 그림 6. (a)와 유사한 최악의 토폴로지 상에서 각 송신자-수신자 쌍의 성능을 측정한 것이다. 그림을 통해 적절한 위치의 터널이 전송 경로의 길이가 1 또는 2인 트래픽을 제외한 대다수의 트래픽에게 유리하다는 것을 알 수 있다. 표 4를 보면 첫 번째 경우가 두 번째 경우보다 전송 경로 길이가 1, 2인 트래픽을 제외한 전송 성능의 평균이 두 배 정도 좋다는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

기존 스캐터넷을 평가하기 위해 제안된 APC는 병목현상을 고려하지 않기 때문에 스캐터넷의 전송 성능을 나타내는 평가 기준으로 사용하기에 부적절함을 본 연구에서는

표 4. 터널의 위치에 따른 스캐터넷의 TCP 전송 성능

평균 TCP 전송 성능 (Kbps)	2 터널 (최적)	2 터널 (최악)
전체	19.28	17.17
경로길이 1,2 제외	14.16	7.54

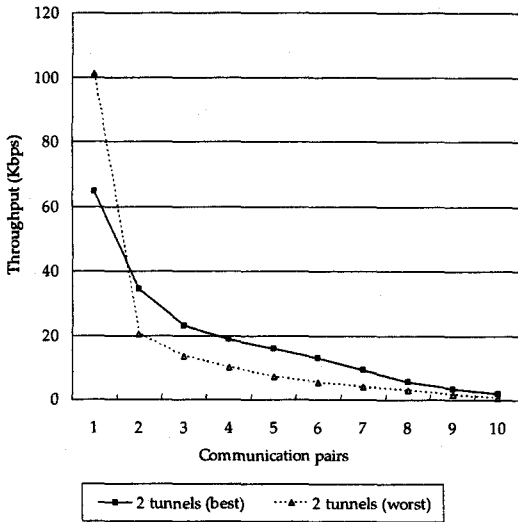


그림 7. 터널의 위치에 따른 스캐터넷의 TCP의 전송 성능

시뮬레이션을 통하여 보였다. 따라서 우리는 성능에 압도적인 영향을 미치는 전송 경로 길이가 1 또는 2인 트래픽을 제외한 나머지 트래픽의 전송 성능 평균을 스캐터넷을 평가하는 기준으로 제안하였다.

블루투스에서 전송 경로와 TCP 전송 성능은 반비례하기 때문에, 통신이 빈번한 장치들을 소규모의 그룹으로 묶고 상대적으로 전송량이 적은 그룹간 통신을 위해 터널로 그룹을 연결하는 것이 전체 스캐터넷의 성능을 향상시킨다.

그룹별로 형성된 스캐터넷을 터널을 통하여 연결하는 경우 터널의 수가 작을 때는 터널이 병목구간이 되지만, 터널이 많아지면 터널의 제한한 네트워크가 병목 구간이 되기 때문에 스캐터넷을 연결할 때 필요한 터널의 수는 개별 스캐터넷의 크기를 고려하여 결정하여야 한다. 장치가 20개인 네트워크에서 적절한 터널의 개수는 2개이며, 더 이상 터널의 개수를 늘려도 전체 네트워크 용량이 줄기 때문에 스캐터넷의 성능이 더 좋아지지 않는다는 것을 보였다.

높은 전송 성능을 내도록 스캐터넷을 터널로 연결하기 위해서는 평균 경로 길이가 짧고, 네트워크의 전체적인 용량은 높고, 또한 터널에 집중되는 부하가 균형을 이루도록 하는 터널이 선택되어야 한다.

5. 참고 문헌

- [1] Bluetooth Specification Version 1.1, Bluetooth Special Interest Group, <http://www.bluetooth.com>, February 2001.
- [2] B. Wang, J. Bodily, S. K. S. Gupta, " Supporting Persistent Social Groups in Ubiquitous Computing Environments Using Context-Aware Ephemeral Group Service," in Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on PERCOM 2004.
- [3] C. Petrioli and S. Basagni, " Degree-constrained multihop scatternet formation for bluetooth networks," in Proceedings of the IEEE Globecom 2002, Taipei, Taiwan, November 2002.
- [4] Z. Wang, R. J. Thomas, Z. Haas, " Bluenet - a new scatternet formation scheme," in 35th Hawaii International Conference on System Science (HICSS-35), Big Island, Hawaii, January 2002.
- [5] F. Cuomo, G. Di Bacco, T. Melodia, " SHAPER: a self-healing algorithm producing multi-hop Bluetooth scatternets," in Proceedings of the IEEE Globecom 2003, San Francisco USA, December 2003.
- [6] G. Tan, A. Miu, J. Gutttag, H. Balakrishnan, " An efficient scatternet formation algorithm for dynamic environments," in IASTED International Conference on Communications and Computer Networks, Boston, MA, November 2002.
- [7] T. Melodia, F. Cuomo, " Ad hoc networking with Bluetooth: key metrics and distributed protocols for scatternet formation." Ad Hoc Networks, vol. 2, no. 2, pp. 109- 202, Apr. 2004.
- [8] M. Kalia, S. Garg, R. Shorey, " Scatternet structure and inter-piconet communication in the bluetooth system," in IEEE National Conference on Communications New Dehli, India, 2000.
- [9] G. Tan, " Blueware:Bluetooth Simulator for NS," MIT Lab. Comput. Sci., Cambridge, MA, October 2002.