

다중시간대를 이용하여 효과적인 데이터 전송이 가능한 P2P 네트워크

안성원, 유혁
고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과
e-mail: swahn@os.korea.ac.kr

Efficient Data Transmission Method in P2P Network by Using Multi-Hour

Sung-Won Ahn, Chuck-Yoo
Dept of Computer and Radio Communications Engineering, Korea University

요 약

최근 Path-diversity 에 근거한 통신 방식은 다양한 P2P streaming 어플리케이션에 대역폭 고갈 현상을 해결하는 쪽으로 연구가 진행 중이다. 이 논문에서는 네트워크의 대역폭 확보와 효과적인 데이터 전송을 위해서 다소 직관적인 방법인 다중시간이론을 소개하고, 이를 P2P 네트워크에 적용할 수 있는 방법을 제시한다.

1. 서론

일대일 통신방식으로 잘 알려져 있는 P2P(Peer-to-Peer)는 기존의 서버-클라이언트 방식의 네트워크를 대체하는 네트워크 구조로써 그 연구가 활발히 진행 중에 있다. P2P는 이미 우리에게 메신저나 다운로드 프로그램 등을 통해 잘 알려져 있고, 현재 인터넷 트래픽의 상당량을 차지한다. P2P를 포함하여 우리가 사용하는 모든 네트워크는 통신량과 품질의 척도라고 할 수 있는 대역폭 자원의 한계를 가지고 있다. 이러한 네트워크 대역폭 자원의 한계성은 네트워크 내에 심각한 트래픽을 형성하기도 한다. 많은 트래픽의 형성은 그만큼 통신의 속도와 품질 모두를 저하시킨다. 네트워크 내에 형성된 트래픽 해소와 분산을 위해 Path-diversity 같은 해결책을 모색하기 위한 연구가 많이 있다. 이 논문에서는 아주 직관적인 접근법인 다중시간이론(Multi-Hour)을 제시한다.

다중시간이론은 네트워크의 트래픽 정도가 시간대마다 다르다는 점에 착안한 이론이다. 우리가 사는 지구 환경은 낮과 밤이 공존한다. 대부분의 경우 사람들은 낮에는 활동적으로 생활을 하면서, 밤이 되면 많은 활동과 시설들 소강상태에 접어들게 된다. 이러한 환경은 인간의 삶에 일정한 패턴을 가지게 하였고, 컴퓨터의 네트워크 환경에도 영향을 미치게 된다. 대부분의 경우 우리는 아침시간에 일어나서 회사에 출근하고, 낮 시간의 일과를 거쳐 저녁시간에 퇴근하고, 밤이 되면 잠을 잔다. 우리가 살아가는 환경에서 대부분의 시설과 대부분의 업무 등이 모두 낮 시간 때에는 활발하게 이루어지고 밤 시간 때에는 소강상태에 들어간다. 우리가 컴퓨터를 이용하여 업무를 보거나, 네트워크의 사용량에 있어서도 이와 같다. 즉, 낮 시간과 같은

특정 시간 때가 밤 시간일 때 보다 네트워크의 대역폭 사용량이 훨씬 크다는 것이다. 네트워크에 생성되는 트래픽 역시 밤보다는 낮에 더욱 두드러지게 나타난다. [1][2] 바꾸어 말하면 시간대 별로 요구되어지는 네트워크의 대역폭 가용량이 시간대가 서로 틀린 지역별로 형성되어 있는 네트워크마다 다르다는 것이다. 따라서 이러한 특성을 이용하면 바쁜 시간대에 속하여 트래픽이 시달리는 네트워크에 상대적으로 한가한 시간대에 속하여 대역폭 자원이 남아도는 네트워크의 자원을 이용하도록 할 수 있다.

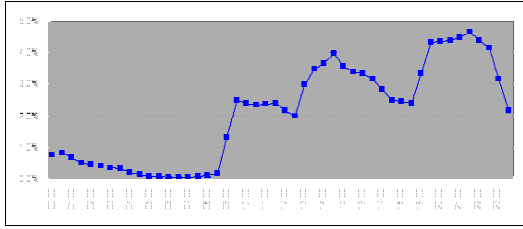
상대적으로 라우팅이 자유로운 P2P 구조의 네트워크에 앞서 말한 다중시간이론을 적용시키게 되면, 네트워크에 형성된 트래픽을 완화시키고 보다 나은 대역폭을 확보할 수 있다. 결국 P2P 스트리밍의 품질 향상을 보장할 수 있게 된다.

이 논문에서는 네트워크에 형성된 트래픽을 완화시키고 잉여 대역폭확보를 위한 해결책으로 P2P 네트워크 구조에 다중시간이론(Multi-Hour)을 적용하는 방법을 제시한다.

2. 관련연구

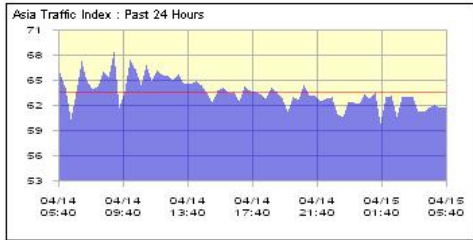
다중시간대(Multi-Hour) 라는 개념은 'Routing, Flow, and Capacity Design in Communication and Computer Network' [1] 에 소개 되어 있다. 다중시간대 이론은 우리가 사용하고 있는 전화망이나, 인터넷망, 기타 통신망들은 지역적으로 각기 다른 시간대에 속해있거나, 또는 그 통신망의 목적에 의해서 대부분의 경우 불미는 시간대가 일정하다는 이론이다. 즉, 각각의 통신망마다 트래픽이 몰리는 바쁜 시간대와 트래픽이 별로 없는 한가한 시간대가 공존한다.

시간대별로 네트워크의 사용량이 다르다는 근거는 그림 1 과 그림 2, 그림 3 을 통하여 나타내었다.

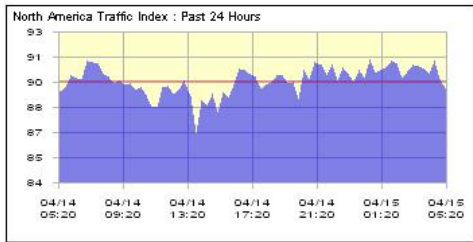


<그림 1> 국내 시간대별 인터넷 접속 현황

그림 1 은 국내 시간대별 인터넷 접속 현황을 나타낸 그래프이다.[13] 아침 9시부터 증가 추세를 보이고 낮 2시~3시, 저녁 8시~10시 까지의 접속자 수가 가장 많으며, 밤 10시 이후부터 감소 추세를 보인다. 새벽 1시부터 아침 7시까지는 접속자 수가 가장 적으며, 아침일과가 시작되기 전이 가장 네트워크 트래픽이 적은 시간이다. 그림 1에서와 같이 바쁜 시간대와 한가한 시간대 간의 확실한 차이를 보이며 접속자 수가 가장 적은 시간인 새벽 6~7시와 가장 많은 시간인 밤 9~10시는 수십배 가량의 접속자 수 차이를 보인다.



a. 아시아



b. 북미

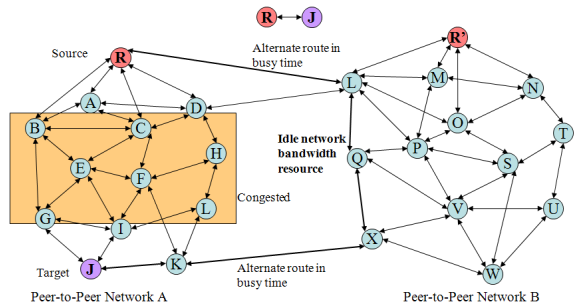
<그림 2> 아시아, 북미 지역 네트워크 트래픽

그림 2 는 좀 더 일반적인 예이다. 그림 2에서 아시아와 북미에 해당하는 그래프 에서 두 지역은 상당히 넓은 시간대 분포를 갖는다.[14] 때문에 시간대별 그래프의 굴곡이 심하지는 않다. 그러나 이 두 지역은 지구상에서 서로 반대편에 존재하는 지역으로, 활동하는 시간대가 정반대이다. 그래프를 살펴보면 아시아 지역에서 그래프가 가장 높을 때 (09:40에서 13:40사이) 같은 시간 북미지역은 그래프의 가장 낮은 부분임을 알 수 있다. 반대로 북미지역

의 그래프가 가장 높은 분포를 보이는 시간에 아시아 지역은 가장 낮은 분포를 보인다.

3. 다중시간이론의 적용

앞서 살펴본 다중시간 이론의 특징을 우리가 사용하는 P2P 에 적용 시킬 수 있다면, P2P 통신 및 스트리밍의 품질향상을 꾀할 수 있다. 많은 트래픽이 발생하여 붐비는 P2P 네트워크에 속한 Peer를 상대적으로 한가한 시간대에 속한 한가한 상태의 P2P 네트워크를 경유하여 원하는 자료를 주고받을 수 있도록 한다. 이렇게 되면 해당 Peer는 좀 더 안정적이고 넓은 대역폭을 지원 받을 수 있게 된다. 다중시간 이론을 P2P 네트워크에 적용한 구조는 그림 3 와 같다.



<그림 3> P2P 네트워크에 다중시간이론의 적용

그림 3에서 왼쪽의 Peer-to-Peer Network A 는 바쁜 시간대에 속해있는 P2P 네트워크이다. R 은 어떤 데이터를 가지고 있는 소스 Peer이다. J 는 현재 P2P 네트워크 A 에 접속한 Peer 이다. J 는 소스 Peer 인 R 로부터 데이터를 전송받기를 원한다. J 는 R 로부터 직접 데이터를 전송받거나 또는 주변의 다른 Peer 들이 R 로부터 같은 데이터를 전송 받고 있는 중이므로 주변 Peer 들로부터 R 이 가지고 있는 데이터의 일부를 나누어 전송받는 상황이다. 이때 네트워크 A 가 바쁜 시간대에 속해있어서 상당한 트래픽(Congested)이 네트워크 내에 발생되고 있는 상황이다. 다시 말하면, Overlay 구조의 네트워크[4][5][6][7]를 구성하는 P2P 네트워크 A의 물리적인 연결회선이 그림 3에서처럼 중간의 Peer 들 사이에 트래픽이 발생하게 되는 경우이다. 이러한 상황에서 네트워크 A 에 속해있는 각각의 Peer 들은 대역폭 고갈 현상에 직면하게 되고, 원활한 통신을 보장받지 못하게 된다.

이때 상대적으로 한가한 시간대에 속해있는 네트워크 B 의 Peer 들은 실제 가용대역폭 보다 적은 양의 대역폭을 사용하고 있기 때문에 잉여 대역폭이 존재한다. 이러한 네트워크 B의 잉여 대역폭 자원을 네트워크 A에 끌어다 쓸 수 있다.

여기서 각각의 네트워크에 속한 Peer들은 서로 다른 네트워크에 속한 Peer 들을 알고 있다. P2P 네트워크의 구성은 일반적으로 RTT(Round Trip Time) 가 짧은 순서대

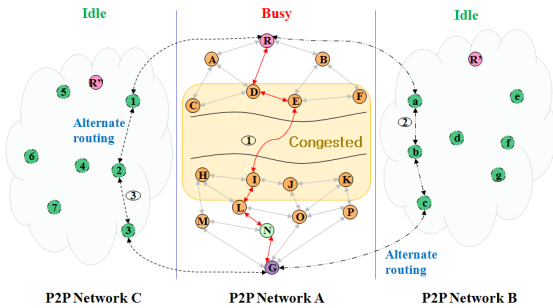
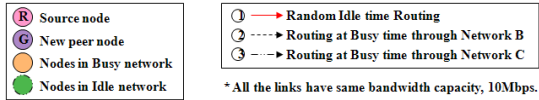
로 선정하여 네트워크를 구성하게 된다. 따라서 일반적인 경우 근거리 기반의 P2P 네트워크가 형성된다.[3] 비록 RTT 가 상대적으로 긴 Peer 들은 같은 P2P 네트워크에 속해있지 않지만, 각각의 Peer 들은 이렇게 멀리 떨어진 Peer 들의 존재를 알고 있다. 이러한 Peer 들로 구성된 P2P 네트워크 B 는 네트워크 A 보다 지역적으로 멀리 떨어져 있어서 속해있는 시간대가 다를 확률이 크다.[2][3]

또한 여러 다른 요인에 의하여 RTT 와 무관하게 네트워크가 형성될 수도 있다. 그래도 네트워크 A 의 Peer 들은 자신과 같은 네트워크에 속한 Peer 들 외에도 다른 네트워크에 속한 Peer 들의 존재를 알고 있다. 따라서 다중시간대 이론을 적용하여 유희한 자원을 이용할 수 있는 라우팅이 가능하다.

그림 3에서처럼 네트워크 A 에 트래픽이 몰리는 시간에 일부 Peer 들(예를 들면 Peer J)을 상대적으로 한가한 시간대에 속하여 대역폭이 남아있는 네트워크 B 의 Peer 들을 통한 라우팅을 하도록 하면 보다 안정적인 데이터 통신을 할 수 있게 된다.

4. 실험과 분석

다중시간대 이론을 적용한 P2P 네트워크의 효율성을 나타내기 위해 ns-2[15] 를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 실험망의 구성과 시나리오는 그림 4 와 같다.



<그림 4> 네트워크 구성과 시뮬레이션 시나리오

세 개의 서로 다른 시간대에 존재하는 P2P 네트워크를 두고 각각의 네트워크는 100 개의 Peer 들로 구성되어 있다. 이들 각각의 Peer 들의 하드웨어적인 능력은 모두 같다고 가정하였다. P2P 네트워크의 구성은 짧은 RTT 를 기준으로 선정된 근접한 Peer 들로 구성되어 있다. 이 Peer 들 중 몇몇의 Peer 들은 다른 시간대에 속한 P2P 네트워크 내의 Peer 와 연결되어 있다. 그림에서 네트워크 A 와 C 의 ①,③,④,⑤ Peer 가 이에 해당된다.

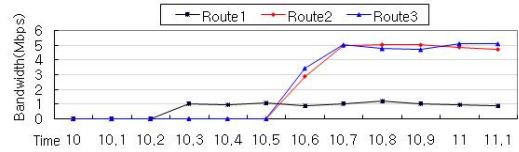
같은 P2P 네트워크에 속한 Peer 들은 인접 Peer 들과 동일한 대역폭 (10Mb) 과 지연시간 (20ms) 으로 연결되어

있다. 서로 다른 네트워크에 속한 Peer 는 10Mb 의 대역폭과 200ms 의 지연시간을 갖는다. 이중 네트워크들 간의 지연시간이 200ms 인 이유는 같은 네트워크의 Peer 보다 거리상으로 멀리 떨어져 있기 때문이다. 이는 실제로 지역적으로 멀리 떨어진 (Sweden - UC Berkely) 두 지점간의 지연시간이 대략 199ms 라는 선행연구에 기인한 것이다.[12]

실험에서 'Busy' 상태로 설정한 P2P 네트워크 A 는 바쁜 시간대에 속해 있어서 많은 트래픽이 발생하고 있다. 바쁜 상태의 네트워크에는 각 Peer 들의 연결에서 1.0~3.0 Mb 에 해당하는 다수의 랜덤 트래픽 CBR (Constant Bit Rate) 을 형성하였고, 한가한 상태의 네트워크에는 상대적으로 적은 양의 트래픽을 형성하였다. 또한 Original streaming server 에 속하는 Peer R 에서 Peer G 로 5Mb 에 해당하는 CBR data 를 전송한다.

이러한 상황에서 다중시간대 이론을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때의 다운로드 가능대역폭은 그림 5 와 같다.

P2P Network	Busy Time	Using BW	Average Idle BW
A	Yes	Over 9Mb	0.89Mb(nearly)
B	No	1.5Mb	8.5Mb
C	No	1.4Mb	8.6Mb



<그림 5> 다운로드 가능 대역폭

그림 5에서 Peer R 이 10sec 부터 데이터를 전송하였을 때, Route 1 은 다중시간대 이론을 적용하지 않은 상태를 나타낸다. 바쁜 시간대에 속해있고 현재 트래픽이 발생한 네트워크 A 에서의 데이터 전송은 매우 낮은 대역폭을 제공한다. Route 2 와 Route 3 은 다중시간대 이론을 적용하여 한가한 네트워크인 B 와 C 를 경유한다.

Route 2 와 Route 3 의 경우가 Route 1 보다 300ms 만큼의 지연시간이 더 걸린다. 그러나 Route 2 와 3 은 Route 1 보다 훨씬 더 나은 대역폭을 제공한다. 따라서 초기의 연결 지연은 트래픽 상태의 네트워크에 비하면 감수할 만한 tradeoff 이다. 나은 대역폭의 확보와 제공은 보다 빠르고 안정적인 데이터의 streaming (업로드 또는 다운로드) 을 보장할 수 있다.

5. 결론 및 향후과제

네트워크 통신에 있어서 한정적인 대역폭 자원을 효과적으로 사용할 수 있는 것은 예전이나 지금이나 큰 과제거리 이다. 네트워크 내에 형성된 트래픽을 완화시키고, 보다 안정적인 대역폭 자원을 확보하기 위해, 많은

Path-diversity 방법들이 제시되고 있는데, 이 논문에서는 다소 직관적인 개념의 다중시간대(Multi-hour)을 P2P에 적용시킬 수 있는 방법을 제시하였다.

기존의 서버-클라이언트 구조의 통신방식을 대체하고 있는 P2P가 이슈가 되고 있는 시점에서 아직까지 P2P 네트워크에 이러한 다중시간대(Multi-hour)의 이점을 이용하는 방식이 적용되지 않고 있다. 이 논문에서 제시한 P2P 네트워크는 서로 다른 시간대에 속해 있다. 서로 다른 시간대에 속한 네트워크는 시간에 따라 서로 다른 양의 대역폭 사용을 요구한다. P2P는 그 특성상 라우팅이 비교적 자유롭기 때문에 다중시간대 이론을 적용하기가 매우 수월하다. 이러한 직관적인 접근법은 P2P 네트워크 내의 대역폭 확보나 트래픽 절감을 위한 일반적인 해결책을 제시한다.

향후 다중시간대 이론의 장점과 그 기능성을 보다 잘 나타내기 위한 실제 P2P 네트워크에서의 실험이 필요하며, 이를 우리 실생활에 적용하는 방안을 모색해야 한다.

Acknowledgment

본 연구는 '서울시 지능형 도시 개발 사업'의 결과물로써 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 수행된 연구입니다.

참고문헌

- [1] Michal Pioro, Deepankar Medhi, "Routin, Flow, and Capacity Design in Communication and Computer Networks" , Chapter11. 'Multi-Hour and Multi-Time -Period Network Modeling and Design, pp.455-472, Morgan Kaufmann, 2004
- [2] D. Medhi, D. Tipper, "Some Approches to solving a Multi-Hour Broadband Network Capacity Design Problem with Single-Path Routing", Telecommunication Systems, vol.13, pp.269-291, 2000.
- [3] Liu, J., et al., "Opportunities and Challenges of Peer-to-Peer Internet Video Broadcast". invited by Proceedings of the IEEE, 2006.
- [4] Chen, Y., B. Deng, and X. Li, "Rainbow: A Locality-aware Peer-to-Peer Overlay Multicast System". Grid and Cooperative Computing Workshops, 2006. GCCW'06. Fifth International Conference on, 2006: p. 151-155.
- [5] Liao, X., et al., "AnySee: Peer-to-Peer Live Streaming". Proceedings of IEEE INFOCOM, 2006.
- [6] Pai, V., et al., "Chainsaw: Eliminating trees from overlay multicast". Proceedings of International Workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS), 2005.
- [7] Zhang, X., et al., "CoolStreaming/DONet: A Data-Driven Overlay Network for Efficient Live Media Streaming". Proceedings of IEEE INFOCOM, 2005.
- [8] Zhang, M., et al., "Large-scale live media streaming over peer-to-peer networks through global internet". Proceedings of the ACM workshop on Advances in peer -to-peer multimedia streaming, 2005: p. 21-28.
- [9] Wu, C. and B. Li, "Diverse: application -layer service differentiation in peer-to-peer communications". Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, 2007. 25(1): p. 222-234.
- [10] Tran, D.A., K.A. Hua, and T.T. Do, "A peer-to-peer architecture for media streaming". Selected Areas in Communi- cations, IEEE Journal on, 2004. 22(1): p. 121-133.
- [11] Hefeeda, M., et al., "PROMISE: peer-to-peer media streaming using CollectCast". Proceedings of the eleventh ACM international conference on Multimedia, 2003: p. 45-54.
- [12] Nguyen, T. and A. Zakhor, "Multiple sender distributed video streaming". Multimedia, IEEE Transactions on, 2004. 6(2): p. 315-326.
- [13] Park, H. J., Park, K. R, "P2P technology trend and application to home network", Domestic of trend electronic communications, vol. 21, no. 5, 2006.
- [14] Internet Traffic Report : <http://www.internettrafficreport.com>
- [15] NS-2 Network Simulator, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>