

Monarch를 이용한 주택내 초고속 인터넷망의 성능 측정

(Performance Measurement of Residential Broadband Network with Monarch)

최 순 병 [†] 이 영 석 ^{**}
(Soonbyoung Choi) (Youngseok Lee)

요 약 주택내 광대역통신망(Residential Broadband Network: RBN)은 xDSL/Cable 망에서 점차 100Mbps급의 FTTH로 발전하고 있다. 사용자들은 고속의 인터넷서비스를 이용하여 웹, 멀티미디어, 게임, 및 파일 공유 등 다양한 인터넷 응용들을 사용하고 있다. 따라서, 주택내 초고속 인터넷 망의 성능은 사용자의 만족도에 중요한 영향을 끼치게 된다. 일반적으로 ISP들은 특정 서버와 소프트웨어를 통해 사용자의 접속을 유도하여 망 성능 측정 결과를 공개하고 있다. 이러한 방법은 사용자의 적극적인 참여를 통한 측정이기 때문에 많은 시간과 비용이 들게 되며, 사용자의 참여를 적극적으로 유도해야한다. 본 논문은 최소한의 테스트 트래픽을 특정 서버에서 생성하여 주택내 광대역통신망의 성능 측정 방법인 Monarch라는 툴을 활용하여 국내의 대표적인 3개 ISP의 FTTH 인터넷 성능을 측정하고 분석한 결과를 제시하였다. 300개 이상의 유효 국내 FTTH 가입자들에 대한 광범위한 실험을 통하여 사용자가 직접 측정한 결과와 비교할 때 큰 오차를 보이지 않음을 확인하였고, 국내 ISP의 FTTH 망 80~90Mbps의 대역폭과 30ms 이내의 RTT를 관찰할 수 있었다.

키워드 : 초고속 인터넷, Monarch, 성능측정, 광대역통신망, FTTH

Abstract Residential broadband networks (RBN) are quickly evolving from xDSL/Cable networks to FTTH services with 100Mbps bandwidth. With the high-speed Internet services, subscribers tend to use web, multimedia, game or file sharing applications. Therefore, performance of RBN is important to the quality of services for users. Typically, Internet service providers (ISPs) are providing their RBN performance results that are measured by subscribers with the dedicated measurement tools. However, they do not make their results public to people. In order to obtain the performance results measured by users, we have to induce a lot of subscribers, which will take a lot of cost and time. Monarch, that is used in this paper, could provide the 3rd party measurement method without the help of ISPs and subscribers. With the extensive experiments through Monarch, we have shown that 3rd party measurement results are not much different from those of user-initiated measurement. In addition, we have observed that bandwidth is around 80~90Mbps and RTT is less than 30ms in FTTH services provided by three major Korean ISPs.

Key words : Residential broadband network, Monarch, performance measurement, Monarch, FTTH

· 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터지원사업 (IITA-2009-(C1090-0902-0016))과 IT핵심기술개발사업의 연구결과로 수형되었음(2008-F-016-02, CASFI)

[†] 정 회 원 : 충남대학교 전기정보통신공학부
wakusoon@gmail.com

^{**} 정 회 원 : 충남대학교 전기정보통신공학부 교수
lee@cnu.ac.kr

(Corresponding author임)

논문접수 : 2009년 2월 20일

심사완료 : 2009년 6월 24일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제36권 제5호(2009.10)

1. 서론

초고속 인터넷 서비스는 국내에서 xDSL급에서 점차 FTTH의 100Mbps급으로 진화하고 있다. 2008년 9월 현재 국내의 초고속 인터넷 가입자 수가 약 1,526만 명으로 추산되는데, 2007년 초에 시작된 FTTH 가입자 수가 157만 명으로 단기간에 10%를 차지하고 있다[1]. 전세계적으로 FTTH급의 주택내광대역서비스 보급률이 점차 증가하고 있으며, 특히 일본에서는 큰 폭의 증가율을 보이며 국내의 FTTH보급율을 초과하고 있다[2]. 국내에서도 향후 FTTH가입자의 증가율은 지속적으로 증가할 것으로 예상되고 있으며, 이러한 고대역폭 RBN에서 트래픽의 증가로 인한 성능관리가 중요한 이슈로 등장할 것이다.

성능 측정을 위한 도구나 방법들은 다양하게 개발되어왔고, 백본망이나 캠퍼스 망에서 적용되어 실험되어왔다. 하지만, RBN에서의 실험결과는 공개된 것이 거의 없다. 흔히, 개별 사업자가 제공하는 서버에서 사용자가 참여하여 특정 소프트웨어를 이용하여 측정하는 방법을 많이 사용하는데, ISP에서는 이러한 데이터를 활용할 수 있지만, 제3자 입장에서는 이러한 데이터를 제공받을 수 없다. 국내에서는 벤치비[3]와 같은 특정 사이트가 국내의 백본망의 중립적인 연결 지점에 설치된 서버를 이용하여 다양한 ISP들의 성능 측정결과를 제공하고 있다. 하지만, 사용자의 대규모 참여를 통한 모집단의 자료를 구하기 위해서는 비용과 시간이 많이 필요하다.

RBN에서의 성능 측정을 위해서 사용자의 참여없이 간단하게 측정하기 위한 방법으로 최근에 Monarch[4]라는 도구가 제안되었다. 이는 사용자의 단말기에 특정 소프트웨어 설치와 관계없이 TCP의 성능을 간단하게 측정할 수 있는 기능을 제공하고 있다. [5]에서는 Monarch를 이용하여 미국과 유럽의 DSL과 Cable기반 RBN망의 성능을 측정한 결과를 제시하였다.

TCP에서는 데이터 세그먼트에 대한 응답 세그먼트를 전송하는데, 응답이 완료된 세그먼트들에 대한 처리율이 흔히 사용자가 경험하게 되는 RBN의 대표적인 성능 메트릭이 된다. Monarch에서는 TCP ACK 세그먼트를 전송하여 사용자의 단말기로 하여금 RST 세그먼트를 송신하게 하고, 이를 TCP 연결로 에뮬레이션하여 성능을 측정한다. Monarch에서는 TCP이외에도 UDP와 ICMP 프로토콜을 활용하여 RBN 호스트들의 종단간 성능 측정을 가능하게 한다.

[6]에서는 미국과 유럽의 DSL호스트에 대하여 실험한 방법과 결과를 제시하고 있다. 하지만, 10Mbps이내의 성능을 보이는 RBN망의 성능결과만 보였고, 국내와 같은 100Mbps급의 RBN에 대한 성능을 보이지는 않았

다. [7,8]에서는 인터넷상에서 종단간의 병목링크 대역폭을 측정하기 위한 방법이 제안되었으며, 이를 이용하여 다양한 실험결과가 제시되었다. 하지만, 이러한 도구들은 장시간동안 링크의 대역폭을 가득 채우게 하여 실험을 하기 때문에 대규모로 측정하기에는 어렵다.

본 논문에서는 Monarch를 이용하여 100Mbps급의 국내 주요 RBN 서비스의 성능 측정을 수행하고 이의 결과를 제시한다. 본 논문의 연구결과는 다음과 같은 점에 기여한다고 볼 수 있다.

- 100Mbps급의 RBN 성능 측정 결과 제시: 해외에서 수행된 RBN측정에 관한 연구들은 대부분 10Mbps이하의 xDSL 또는 케이블망에서 실험한 것인데 비해, 본 연구에서는 전세계적으로 가장 앞서가고 있는 국내의 FTTH기반 RBN 성능을 측정하여 분석한 결과를 제시하였다.
- 사용자의 참여없이 RBN성능 측정 방법 가능성 검증: 일반적으로 RBN의 성능을 측정하기 위해서는 가입자가 특정 웹 사이트에 접속하여 능동적으로 측정 프로그램을 다운로드 하고 이를 실행시켜 측정을 수행한다. 이러한 수동적인 실험방법으로는 RBN성능 측정을 위해서 많은 시간이 걸리게 된다. 본 논문의 연구결과는 국내 FTTH급의 RBN망에서도 사용자의 참여없이 성능 측정을 수행하여 제시할 수 있음을 보였기 때문에 이를 활용하여 보다 객관적인 RBN성능 측정을 지속적으로 수행하여 품질 향상에 도움을 줄 수 있다.

2장에서는 Monarch에 대한 개요를 설명하고, 3장과 4장에서 실험 환경, 방법 및 결과에 대하여 제시한다. 5장에서는 결론과 향후연구에 대하여 언급하였다.

2. Monarch 도구의 개요

Monarch에서는 TCP, UDP, ICMP echo request, ICMP timestamp request 패킷들을 이용하여 호스트의 종단간 성능을 측정할 수 있다. 이는 방화벽에 따라서 호스트가 특정 패킷에 대해서 응답을 보내지 않을 수 있기 때문에 유용하다. TCP 패킷을 이용할 때에는 서버에서 TCP 연결이 없는 상태에서 TCP ACK 패킷을 특정 호스트에게 전송하게 되는데, 이에 대한 응답으로 호스트는 TCP RST 메시지를 일반적으로 송신하게 된다. 따라서, TCP RST 메시지를 통해서 대역폭, RTT, 및 패킷손실률을 계산할 수 있다. UDP를 이용할 경우에는 가변 길이로 임의의 포트번호에 전송하여 ICMP 응답을 받게 한다. ICMP echo request는 ping 프로그램에서 사용하는 방식과 같게 동작시키며, ICMP timestamp request 패킷 역시 동일하게 전송시켜 응답을 받게 한다. 따라서, Monarch는 RBN 사용자가 다운로드를 경우의 성능 측정을 유사하게 찾고자 하는 것이 목표이다.

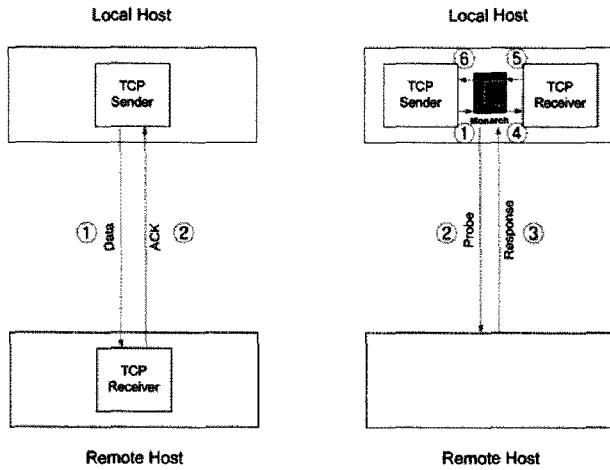


그림 1 Monarch에서 TCP 성능 측정 방법

Monarch에서는 그림 1에서와 같이 일반적인 Data/ACK TCP 패킷 교환 방식을 대신할 수 있게 하기 위하여 프로브/응답 패킷을 활용하여 TCP 가상 연결에 적용하는 방식이다. Raw 소켓을 이용하여 대상 호스트로 전송할 패킷을 보내고, 해당 호스트의 응답 패킷을 모두 수신한다. TCP 연결 초기의 세부적인 패킷 교환 절차는 다음과 같다.

1. TCP 송신자가 원격 호스트에 SYN 패킷을 전송한다.
2. Monarch 프록시는 이 패킷을 받아 로컬 버퍼에 저장하고, 원격 호스트에게 유사한 크기의 프로브 패킷을 전송한다.
3. 원격 호스트가 수신한 패킷에 대한 응답 메시지를 전송한다.
4. Monarch 프록시는 자신의 버퍼에 있는 관련 패킷을 확인하고 수신측 IP 주소를 수정하여 TCP 수신자에게 포워딩한다.
5. TCP 수신자는 프록시에 의해 전달된 메시지에 대하여 SYN/ACK 패킷으로 응답한다.
6. 프록시는 송신측의 IP 주소를 수정하여 TCP 송신자에게 전달한다.

3. 성능 측정 환경

3.1 측정 대상 호스트

본 논문에서 측정하고자 하는 대상 RBN 호스트들은 국내의 대표적인 ISP 가입자들을 선택하였다. 국내의 DSL, Cable망 그리고 FTTH 서비스 제공업체 중 가장 많은 가입자들을 확보하고 있는 주요 ISP A, B, C 3개사 가입자 중 2,061개의 FTTH 호스트를 선별하여 실험을 진행하였다.

Monarch를 이용하여 실험하기 이전에 선정된 실험 대상 호스트들에 대하여 ping과 traceroute로 호스트의 작동여부와 가입자망의 최종 라우터(Last Hop Router: LHR)까지의 경로와 병목대역폭을 확인하였다. 표 1에서 각 ISP별로 다양한 프로브 패킷에 대한 응답 호스트를 테스트한 결과를 보여주고 있다. Ping과 ICMP echo request에 대한 응답 수가 전체적으로 가장 높게 나왔고, UDP에 대한 응답 수가 가장 낮았다.

3.2 성능 측정 방법

주요 3개 ISP RBN 가입자의 종단간 성능측정을 수행하기 위하여 중립적이고 대역폭이 충분히 큰 지점에 서버를 설치하여 실험을 해야한다. 하지만, Internet Exchange Point와 같은 중립적인 곳에 접근하기가 쉽지 않기 때문에 본 연구에서는 그림 2에서와 같이 캠퍼스 네트워크에서 실험을 수행하였다. 본 캠퍼스망은 국내 주요 ISP 세 곳과의 연결회선을 멀티호밍으로 유지하고 있기 때문에 상대적으로 종단간 경로를 줄일 수 있는 측정 위치이다. 하지만, 캠퍼스망의 트래픽으로 인하여 프로브 패킷의 지연시간이나 손실이 발생할 가능성은 충분히 존재한다. 따라서, 최번시간을 피하여 실험을 수행하여 정확도를 향상시키도록 하였다.

또한, 본 논문의 실험결과를 비교하기 위하여 개별 RBN 사용자가 스스로 측정한 성능 측정결과도 함께 수집하여 비교하였다. 가입자가 스스로 측정한 RBN 성능

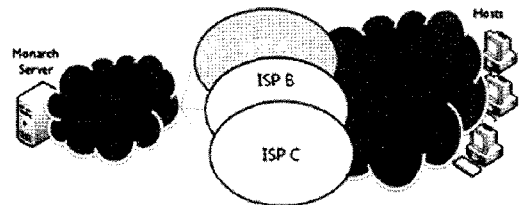


그림 2 성능 측정 네트워크 구성도

표 1 ISP별 RBN 호스트들의 응답 테스트 결과

	ISP A			ISP B			ISP C			합계
	DSL	Cable	FTTH	DSL	Cable	FTTH	DSL	Cable	FTTH	
Host 수	1421	237	931	2168	812	672	879	238	458	7816
Ping 응답	883	179	703	1109	543	392	322	187	298	4616
TCP ACK 응답	247	53	192	286	140	109	188	61	87	1363
ICMP Timestamp 응답	413	81	317	387	235	182	85	87	139	1926
ICMP Echo 응답	609	124	489	791	347	271	204	129	206	3170
UDP Data 응답	220	51	175	189	112	101	106	56	75	1085

결과는 벤치비와 같은 제 3의 기관의 성능 측정 사이트에 저장되는데, 벤치비에 저장된 개별적인 가입자의 측정결과를 함께 수집하여 비교하였다.

본 논문에서는 높은 전송률로 프로브 패킷을 보내어 네트워크의 혼잡상황에서 RBN성능을 측정하고, 낮은 전송률로 프로브 패킷을 보내어 전반적인 네트워크 상태를 측정하도록 하였다.

본 논문에서는 2008년 9월 12일부터 2008년 11월 23일까지 수집된 RBN 호스트 주소들에 대하여 최번시간을 피하여 새벽 1시에서 7시 사이에 프로브 패킷들을 전송하여 정보를 수집하였다. 각 측정 호스트에 대하여 순차적으로 실험을 진행하였고, 동일한 실험을 위한 반복실험을 진행하였기 때문에 다소 많은 기간이 소요되었다.

TCP 성능 측정을 위하여 DSL과 Cable망에 대해서는 4MB로 플로우 크기를 설정하였고, FTTH망에 대해서는 40MB로 플로우 크기를 지정하였다. 측정된 결과는 pcap파일로 저장하여 대역폭, RTT 및 손실률 등을 분석하였다. RTT를 측정하기 위해서는 small-ICMP tricle로 설정하여 캠퍼스망의 지연시간을 최소화하도록 하였다.

4. 실험결과

4.1 왕복지연시간(RTT)

DSL, 케이블 망 및 FTTH망의 RBN 호스트와 Monarch 서버와의 RTT를 측정한 결과는 그림 3과 같다.

FTTH의 경우는 평균 9.19ms가 관측되었고, DSL 및 케이블망에서는 평균 19.77ms로 관찰되었다. 이는 DSL/케이블 망의 대역폭이 일반적으로 하향 10Mbps 그리고 하향 1Mbps이내로 제한되어있고, FTTH는 대칭적인 100Mbps대역폭이 제공되는 것에 의한 차이이다. 또한 DSL망의 경우는 DSLAM과 가입자의 모뎀을 거치면서 이들의 처리지연시간 또한 영향을 준다고 볼 수 있다.

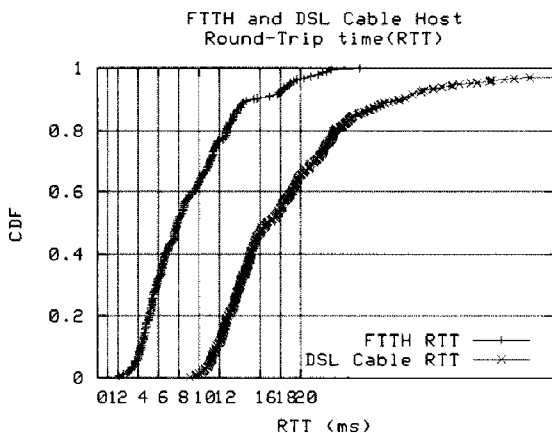


그림 3 RTT 결과: DSL, Cable망 및 FTTH망

하지만, Monarch 서버가 설치된 캠퍼스 망의 성능 저하도 있지만, 이는 모든 측정결과에 공통적으로 끼치는 것이기 때문에 상대적인 결과비교분석에는 큰 영향을 주지 않는다고 가정하였다.

4.2 FTTH 망의 대역폭과 RTT

국내 주요 3개 ISP FTTH가입자망의 성능을 대역폭과 지연시간에 대하여 그림 4와 그림 5에서 분석하였다.

80%의 RBN 호스트들이 80Mbps이상 대역폭을 보이고 있다. 90%이상의 호스트들은 74Mbps 이상 대역폭을 활용할 수 있다는 것을 알 수 있다. RBN 가입자가 측정한 벤치마킹 서버에서의 대역폭 결과(Web)는 본 연구의 실험 결과보다 좋은 성능을 보이고 있다. 이는 Monarch측정 서버와 벤치마킹 측정 서버의 위치가 다르기 때문이다. 즉, 본 연구에서는 본 연구에서 프로브 패킷을 전송한 Monarch 서버가 캠퍼스망에 위치하고 있기 때문에 벤치마킹 서버가 위치한 인터넷 교환지점에 비해서는 백그라운드 트래픽이 많이 있다. 또한, 측정지점과 호스트 사이의 홉 수도 평균적으로 본 연구에서의 홉 수보다 짧기 때문이다.

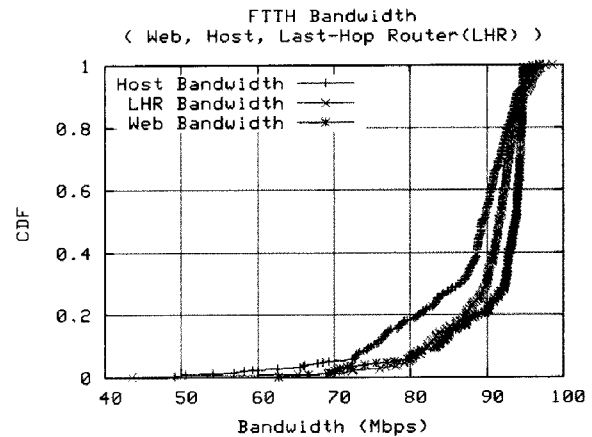


그림 4 FTTH망의 대역폭 분석결과

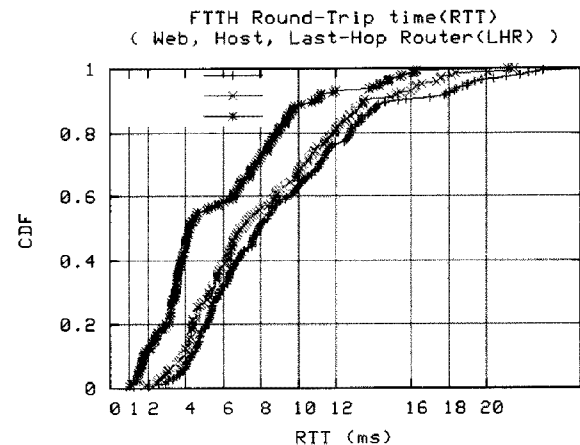


그림 5 FTTH망의 RTT

RBN호스트까지 측정된 결과와 RBN 호스트 직전의 마지막 라우터(LHR)까지의 측정 결과 그리고 공개된 벤치마킹 결과(Web) 세가지를 상호비교하면, RBN 호스트와 가입자단 최후의 라우터 사이의 성능 저하가 크지 않음을 알 수 있다. 가입자가 측정한 결과(Web)과 본 연구에서 측정된 성능측정 결과와는 10Mbps의 대역폭 차이를 평균적으로 보이고 있는데, 이는 본 연구에서의 측정 위치가 최적화되지 않았기 때문이다. 따라서, 가입자가 직접 측정한 성능 측정 결과는 RBN에서 최종 링크의 대역폭을 반영한 것으로 최대 성능 한계값이라고 간주할 수 있다.

4.3 ISP별 대역폭과 RTT

ISP별 대역폭과 RTT결과를 그림 6에서 그림 13에서 보이고 있다.

ISP A사 FTTH RBN의 경우 80개 호스트에 대해서 실험한 결과로 상위 90%정도가 하향 84Mbps이상의 대역폭을 보여주고 있다. LHR까지의 대역폭은 상위 90%가 89Mbps 대역폭을 보이고 있는데, RBN가입자와 LHR사이의 성능저하요인이 있음을 알 수 있다. 이는 회선상태와 RBN 호스트의 성능 등에 따른 영향을 함께 받을 수 있기 때문이다.

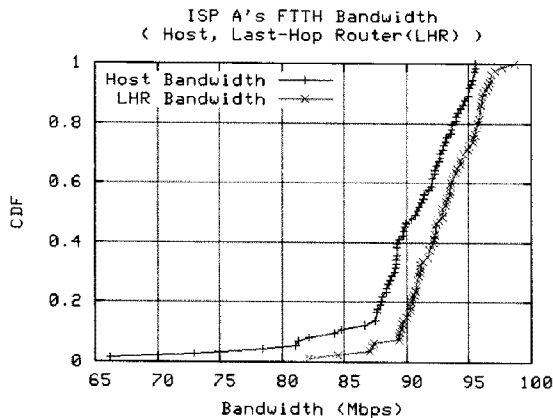


그림 6 ISP A사 FTTH망의 대역폭

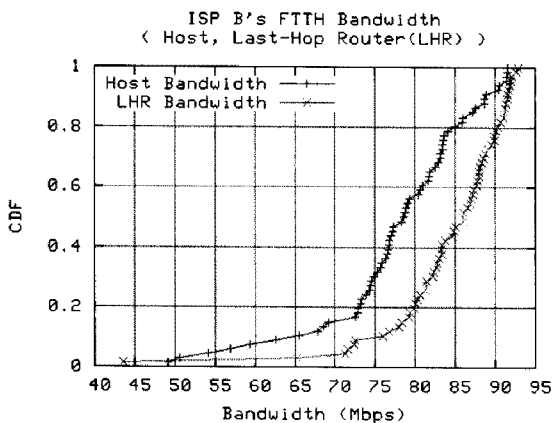


그림 7 ISP B사 FTTH망의 대역폭

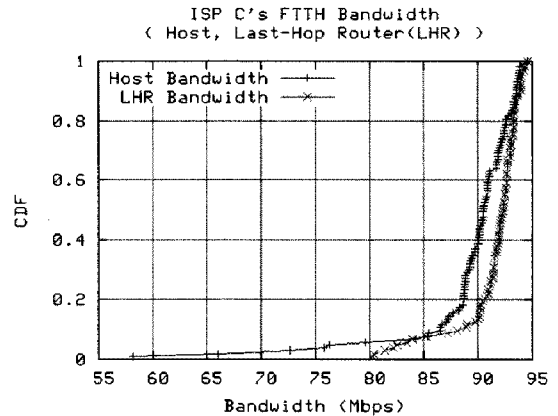


그림 8 ISP C사 FTTH망의 대역폭

ISP B사 FTTH RBN의 경우 66개 호스트에 대한 측정을 수행하여 결과를 분석하였는데, 상위 90% 호스트들이 65Mbps대역폭을 보이고 있다. LHR의 경우는 상위 90% 호스트들이 75Mbps정도로 전반적으로 성능이 낮게 관찰된다. 특히, RBN 호스트까지의 대역폭이 65Mbps정도가 관찰되는 것은 RBN망의 회선이나 네트워크 품질이 떨어지고 있음을 알 수 있다.

ISP C사 FTTH RBN의 경우 103개 호스트에 대해서 성능 측정을 수행하였는데, 90% 호스트들이 86Mbps 대역폭을 보여주고 있다. 90% LHR에서 88Mbps 대역폭을 보여주고 있어서 마지막 홉의 성능 저하가 많이 발생하지 않음을 알 수 있다.

가입자와 최종 라우터까지의 RTT는 그림 9, 10, 및 11에서 보여주고 있다.

ISP A사 FTTH RBN망에서는 90%의 호스트들이 13ms 이내의 성능을 보이고 있다. LHR까지의 RTT도 13ms이내를 보여주고 있으며, RBN 호스트와 LHR사이의 최종 홉에서 큰 성능저하를 보여주고 있지 않다.

ISP B사 FTTH RBN의 경우 호스트까지의 RTT는 90%정도가 21ms이내로 관찰되었다. 최종라우터까지는 17ms로 최종 홉에서의 성능이 상대적으로 타사와 비교

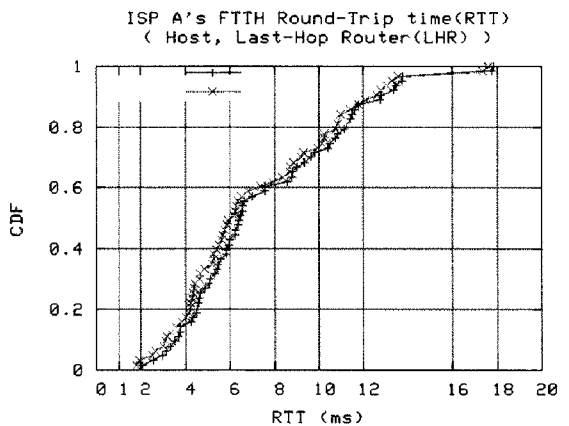


그림 9 ISP A사 FTTH망의 RTT

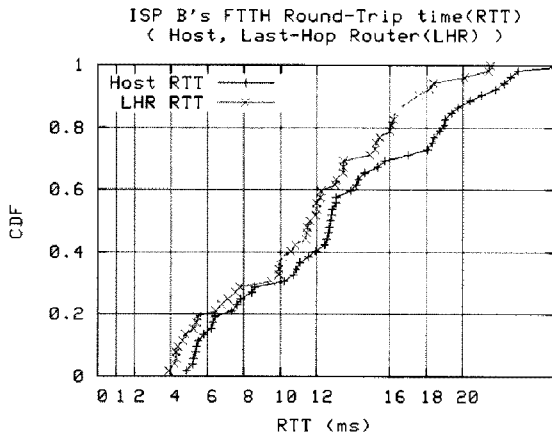


그림 10 ISP B사 FTTH망의 RTT

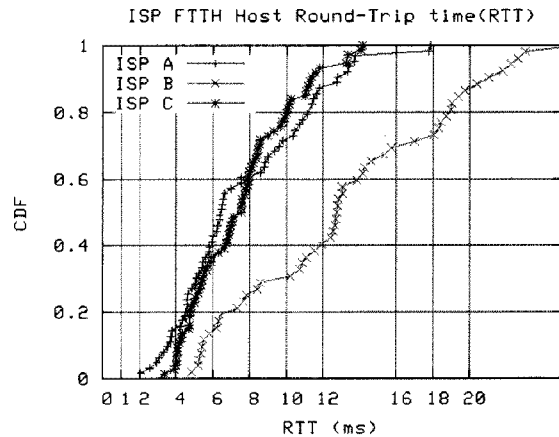


그림 13 3개 ISP FTTH망의 RTT비교

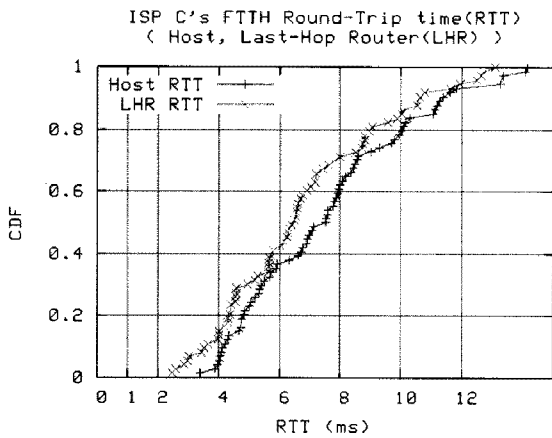


그림 11 ISP C사 FTTH망의 RTT

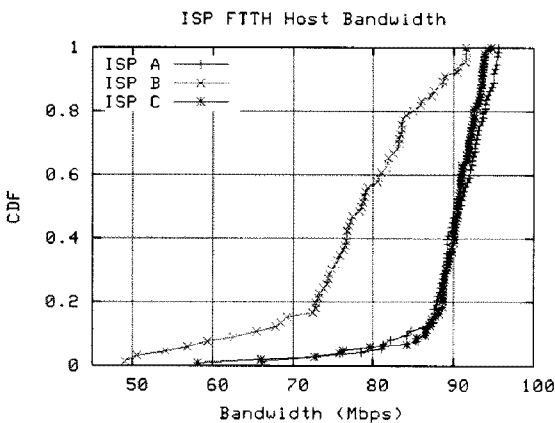


그림 12 3개 ISP FTTH망의 대역폭 상호 비교

할 때 많이 떨어지고 있음을 알 수 있다.

ISP C사 FTTH RBN의 경우 호스트까지의 RTT는 90%가 11ms이내로 관찰되면서 가장 빠른 성능을 보여주고 있다. 최종 라우터까지의 RTT역시 90%가 10ms이내로 관찰되면서 가장 빠른 네트워크 성능을 보인다. 전반적으로 최종 홉에서의 성능이 크게 떨어지지 않음을 알 수 있다.

그림 12에서는 ISP 3개사의 호스트까지의 대역폭을 동시에 비교하였다. ISP A와 C사는 비슷한 성능을 보여주고 있는 반면, ISP B사의 FTTH RBN 호스트 대역폭은 타 사에 비해 크게 떨어지고 있음을 알 수 있다.

RTT의 상호비교 그림에서도 확인할 수 있는 것처럼 ISP C사의 성능은 타사와 비교할 때 2배 이상의 큰 지연시간을 보여주고 있다. 전반적으로 FTTH에서의 지연시간이 90%이상 21ms이내로 관찰되고 있는데, 이는 국내의 FTTH 성능이 매우 뛰어난임을 알 수 있다. 예를 들어, [5,6]에서 측정된 해외의 DSL/Cable 망의 성능은 100~200 ms까지의 결과를 보여주고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 Monarch라는 툴을 이용하여 국내 주요 초고속인터넷 서비스망 업체 3곳의 가입자들을 대상으로 FTTH 링크의 대역폭과 RTT의 성능을 측정하였다. 본 연구에서 측정한 결과는 가입자가 직접 측정한 결과가 상호비교할 때 아주 큰 오차를 보이지는 않았다. 전체적으로 국내 주요 ISP 세 곳의 성능은 80~90Mbps 정도의 대역폭과 30ms 이내의 RTT를 보여주고 있는데, 이는 FTTH 망의 우수한 성능을 보여준다고 할 수 있다. 물론, 본 연구에서 이용한 방법은 비록 정확한 측정위치가 아니지만, ISP나 가입자가 아닌 제 3자가 국내 FTTH기반 초고속인터넷 망의 성능을 직접 측정할 수 있다는 것을 보인 점에 의의를 둘 수 있다.

향후 본 연구에서 측정한 방법을 확장시키기 위해서는 가입자 정보와 측정위치의 선정 등의 정확도를 높이기 위한 연구가 수행되어야 한다.

참고 문헌

[1] 국내 초고속인터넷 가입자수 현황. 방송통신위원회. 2008-11-03.
[2] K. Cho, K. Fukuda, and H. Esaki, "The Impact

and Implications of the Growth in Residential User-to-User Traffic," In *Proceedings of ACM SIGCOMM*, September 2006.

[3] Benchbee, <http://www.benchbee.co.kr>.

[4] A. Haeberlen, M. Dischinger, K. P. Gummadi, and S. Saroiu, "Monarch: A tool to emulate transport protocol flows over the Internet at large," In *Proceedings of IMC'06*, Rio de Janeiro, Brazil, Oct 2006.

[5] M. Dischinger, A. Haeberlen, K. P. Gummadi, and S. Saroiu, "Characterizing Residential Broadband Networks," In *Proceedings of IMC*, October 2007.

[6] D. Croce, T. En-Najjary, G. Urvoy-Keller, and E. Biersack, "Capacity Estimation of ADSL links," *ACM CoNEXT*, 2008

[7] V. Jacobson, Pathchar: A tool to infer characteristics of Internet paths, <ftp://ftp.ee.lbl.gov/pathchar/>, 1997.

[8] B. A. Mah, pchar: A tool for measuring Internet paths characteristics, 2000.



최 순 병

2006년 충남대학교 전기정보통신공학부 컴퓨터전공 학사. 2008년 8월 아라기술 네트워크 부설연구소 입사. 2009년 충남대학교 컴퓨터공학과 정보통신 및 보안 전공 석사. 관심분야는 트래픽 측정, 이상 트래픽 탐지, MIPv6, 웹캐싱, 웹보안



이 영 석

1995년 서울대학교 컴퓨터공학과(학사)
 1997년 서울대학교 컴퓨터공학과(석사)
 2002년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부(박사). 2002년~2003년 University of California, Davis 방문연구원. 2003년~현재 충남대학교 전기정보통신공학부 컴퓨터전공 부교수. 관심분야는 인터넷 트래픽 측정 및 분석, 미래 인터넷 설계