

Parallel TCP 를 이용한 고속 HD 영상파일 전송시스템의 구현

박형일, *송병준, **이정규, ***신용태
 YTN, *YTN, **tbs, ***송실대학교
 harrypark58@gmail.com, *bjsong@ytn.co.kr, ** bangbaelee@seoul.go.kr,
 ***shin@ssu.ac.kr

Implementation of High Speed Transfer System for HD Video Files using Parallel TCP

Hyoungyill Park, *Byungjun Song, Junggyu Lee, *** Yongtae Shin
 YTN, *YTN, **TBS, ***Soongsil University

요 약

최근 방송사에서는 사용하는 고화질 제작용인 대용량 영상파일의 사이트간 전송을 위해 Public IP Network 을 많이 사용하고 있으나, 특히 장거리 Public IP Network 는 QoS 를 보장되지 않는 다양한 원인으로 인해서 전송성능이 저하가 심각하게 발생한다. 본 논문에서는 방송 디지털미디어의 대용량 HD 영상파일을 장거리 전송하는데 발생하는 성능 저하의 원인을 분석하고, 고속 파일전송을 위하여 Parallel TCP Application 을 이용해서 다중세션으로 호스트간 Network 을 연결을 하는 방법을 통해서 Network 사용 효율성을 극대화하고 이용하는 구현 사례를 알아본다. 그리고 대용량 HD 영상파일의 고효율 고속 전송시스템을 방송사에서 사용한 결과를 실증하여 IP network 을 사용하는 효율적인 영상전송방식을 검증한다.

Abstract— Recently for the transfer of large size video file between sites for high-definition craft editing used by broadcasting company the Public Network is used a lot. In the IP Public Network with QoS(Quality-of-Service) not guaranteed, degradation of performance has several causes. In this paper, we have analyzed the causes of low performance to transfer a large size HD video file in long distance, in order to maximize the effectiveness, the high efficiency network could be implemented enabling the high-speed of HD video file using the connection with networks between hosts through packet creation and multi-session of Parallel TCP. We survey the result of high speed transfer system and verify the efficient transfer method using Public IP Network for large HD video file transfer in broadcasting cooperation.

1. 서론

최근 들어 통신 기술의 급격한 발전에 힘입어, 주요 방송사에서도 IP Network 을 통해 방송 콘텐츠를 전송하는 일은 매우 많아지고 있다. 2004 년 아테네 올림픽에서, YTN 이 640*480 의 SD 급 MPEG2 영상, 수십 ~ 수백 MB 의 파일을 일반 FTP 를 사용하여 수시간에 걸쳐서 전송하고, 이를 MPEG2 하드웨어를 사용해서 Play out 해서 Betacam Tape 으로 레코딩하여 방송을 한 것이, 인터넷을 이용한 표준화질(Standard definition)급 국내 방송의 첫 적용사례이다 [1]. HDTV 를 위한 주요 방송사들의 실제 제작용 비디오의 파일용량은 여러 번의 편집과정을 거쳐야 하기 때문에 무압축 신호를 이용하거나 50Mbps 의 MPEG2 비디오를 사용하므로, 1 시간의 HD 비디오는 23GB 이상으로 매우 크다. 최근에 H.264 영상파일전송이 활성화 되기는 하였지만, lossy-coding 을 기반으로 하기 때문에 실제 방송제작을 위한 파일은 10Mbps 이상으로 엔코딩을 하는 것이 일반화 되어있다. 따라서, 제작단계 또는 배급사로 분배되기 전의 영상파일은 Gigabit 급 네트워크를 사용한다고 해도 전통적인 File

Transfer 방법으로 사이트간 전송이 충분한 효율을 발휘하지 못한다. 가장 큰 이유는 실제로 FTP Application 에 사용되는 TCP 는 잃어버린 세그먼트에 대한 재전송 알고리즘을 가지고 있기 때문이다. 따라서 최근의 네트워크의 발전이 상당히 하더라도, 그 효율성은 상당히 떨어지기 때문에 실제 운용되는 Network 는 여러가지 방해요소에 의해 수배이상의 시간을 소모하며 효율성을 상당히 저하시킨다.

사용자관점에서의 품질 목표인 End to end 의 전송 속도를 높이기 위해 여러 가지 방안들이 사용된다. 우선 Network 대역폭의 확대 또는 QoS 가 보장되는 Network 을 사용함으로써 Network 의 자원 활용을 최대화하는 방법이 있다. Network 의 QoS 는 전송을 위한 데이터의 대역폭을 확보하고 패킷이 필요한 시간 이내에 전송되어야 하며, 패킷의 loss 를 규정 이하로 유지해야 한다 [2]. 따라서 패킷의 QoS 를 보장하기 위해서 Device 자원의 확보와 우선권의 부여 등 여러 방법을 사용한다. 하지만 QoS 의 보장이 되어야 하는 기술적 요소가 실시간이 아니고, 네트워크의 효율적 이용과 패킷 loss 에만 한정 된다면, 전송의 우선권을 위한 네트워크 자원의 확보보다는 TCP/IP 프로토콜의 효율성을 향상시키는 것이

좋은 방안이 될 것이다. 특히, IP Public Network 에서 발생하는 Network 의 효율성은 수많은 영향에 의해 매우 좋지 않다.

특히, 방송제작용 대용량파일의 전송은 일반적으로 사용되는 작은 데이터들의 트래픽이 아니기 때문에 Network 의 공유나 여러 사용자 들과 Fair 한 Network 전송사용효율에서 불리한 환경을 가진다. 이를 위한 방안들은 하드웨어기반의 WAN 가속기를 사용하기도 하고, 커널내에 FastTCP 를 탑재하거나, 전용망 또는 CDN 망의 별도로 구축하는 방법을 사용해 왔다. 그러나 이러한 방법들은 많은 비용과 시간이 소모되며, 하드웨어적인 개선이 병행되는 방법이기 때문에 많은 제약이 따르므로 경제적이지 못하다.

본 논문에서는 Network 사용 효율성을 극대화하기 위해, Parallel TCP 를 이용해서, 다중세션으로 호스트간 Network 을 연결을 이용하고, 대용량 HD 비디오파일 고속전송이 가능한 고효율 고속의 전송시스템을 실제 구현한 결과와 효과를 검증한다. 본 논문의 구성은, 2 절에서 TCP/IP 프로토콜의 전송 효율에 영향을 주는 요소들과 원인들을 알아보고, 이를 개선하기 위한 End to End 의 Application 에서 어떤 방법들이 사용되고 있는지를 알아본다. 3 절은 Parallel tcp 를 이용한 application 아키텍처와 성능 효율을 극대화하기 위한 본 논문에서 제안하는 기법을 설명하고, 4 절은 YTN 해외지역의 여러 사이트에 사용되고 있는 실제 검증 사례를 통해 확인한다. 마지막으로 5 절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

2. TCP 전송의 특징과 고속전송 방법

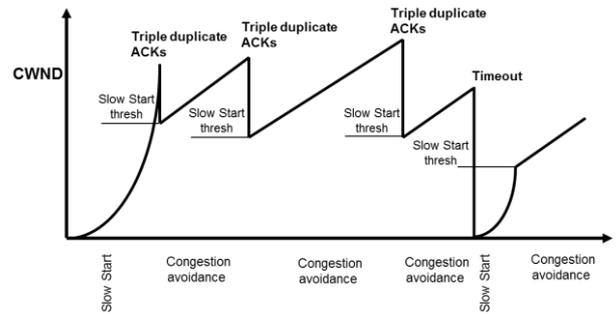
TCP 에 의한 파일의 전송효율은 RTT 와 BufferSize 에 의해 많이 영향을 받기 때문에, 수 GB 에 달하는 대용량 영상파일의 경우 작은 데이터 파일에 Network 전송에서 상대적으로 효율이 많이 저하된다.

TCP 는 Buffer Size 라는 Congestion Window(CWND)를 사용하여 한번에 얼마나 많은 패킷량을 보낼 수 있는지를 결정한다. 이것이 크면 클수록 많은 양의 패킷을 보낼 수 있음을 의미한다. TCP "Slow start"와 "Congestion avoidance"가 Congestion Window 사이즈를 결정한다. Buffer size 가 너무 작다면 충분히 TCP 성능을 발휘하지 못할 것이고, 송신 Buffer 가 크고 수신이 작다면 패킷이 Overrun 될 것이고, 송신이 너무 작으면 전송이 매우 힘들 것이다. 최대의 전송효율을 유지하기 위해서는 Buffer size 즉, 송수신의 Kernel Socket Buffer 크기를 Network 환경에 맞도록 최적화 시켜주는 것이 필요하다 [2]. 최적화된 버퍼사이즈는 링크의 Bandwidth * delay 의 두배이다.

$$\text{Buffer size} = 2 * \text{Bandwidth} * \text{Delay}$$

예를 들어, 100Mbps 의 Network 이 Ping time 이 50ms 이면, TCP Buffer Size 는 $0.05 \text{ sec} * (100 \text{ Mbit} / 8 \text{ bits}) = 625 \text{ KBytes}$ 가 되고, Ping time 이 200ms 이면, 2.5Mbytes 의 버퍼사이즈가 필요하다. 따라서 RTT 는 버퍼사이즈의 크기에 따라 전송성능에 많은 영향을 준다 [3].

[그림 1]은 TCP 에서 혼잡제어를 하는 알고리즘으로써, AIMD(Additive increase / Multiplicative Decrease)가 Network 에서 어떻게 동작하는지를 그래프형태로 보여주는 것이다.



[그림 1] TCP 혼잡제어

다른 아래의 (1)식은 자세한 TCP 의 성능에 미치는 요소들에 대해서 설명해 주고 있다. Lossy-less 의 파일전송 TCP 프로토콜은 packet 의 Loss 와 RTT 에 의해 많은 영향을 받는 것을 알 수 있다. 즉, RTT 와 Loss 가 큰 원격지의 통신에서는 Bandwidth 즉, Network 아주 저하됨을 알 수 있다. 네트워크에서 단일 TCP 채널 성능을 표현한다 [4].

$$BW = \frac{MSS}{RTT \sqrt{\frac{2bp}{3}}} \quad (1)$$

p: loss rate, RTT: round trip time

MSS: max segment size, b : constant

네트워크의 대역폭은 패킷의 손실률과 RTT 에 반비례하고 MSS 에는 비례함을 알 수 있다. 따라서 원거리에서 대용량의 Network 전송상황에서 RTT 가 커지고, 패킷 Loss 는 많아진다면, Congestion Window 를 1/2 의 배수이상으로 과감히 줄임으로써 전송용량을 줄인다. 이는 실제 네트워크의 가용대역폭을 충분히 활용하지 못하는 결과를 가져온다.

원거리에서 대용량의 고화질영상 파일을 효율적으로 전송하기 위해서 다양한 형태의 방식을 사용한다. 대표적으로 TCP 를 응용한 Parallel TCP 를 이용한 전송과 UDP 프로토콜을 변형 시킨 Reliable UDP 또는 UDT 는 Application 계층에서 네트워크의 효율적 사용을 가능하게 해준다. Reliable UDP 는 데이터 신뢰성 및 혼잡회피 (Congestion Control) 없는 UDP 에 데이터 신뢰성을 추가 하고 고속전송을 가능한 혼잡회피 알고리즘으로 구현한 것으로써, 신뢰성 전송을 위해 유실된 패킷의 재전송 기능을 가지며, Rate 기반의 트래픽 제어 능력을 가지고 있어 혼잡회피를 제어를 통해 다른 트래픽과의 적절한 효율적 사용이 가능하다 [5]. Parallel TCP 방법은 다중채널을 사용함으로써 혼잡발생 할 때 데이터 전송률을 줄이는 비율이 N 개채널이 되므로 전송데이터를 줄이는 비율을 1/(2N)으로 가능하게 된다[6].

3. Parallel TCP 전송

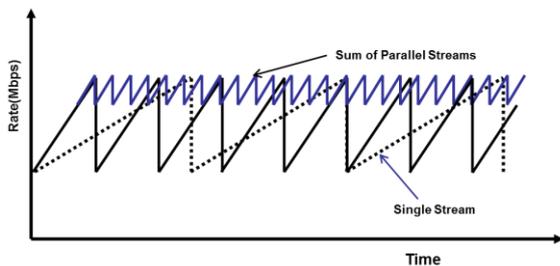
아래의 (2), (3)식과 [그림 2]는 Parallel TCP 가 단일 TCP 채널에서 발생하는 성능의 저하를 N 개의 Parallel Flows 를 사용함으로써 성능저하를 방지하고, 허용되는 대역폭에서 End to End 의 최대의 성능을 발휘할 수 있도록

해준다. 이론적으로 단일채널의 N 배 성능을 가능하게 하도록 보여준다 [7].

$$BW_n = \frac{MSS}{RTT_n} \frac{n}{\sqrt{p_n}} \frac{c_1}{\sqrt{\frac{2b}{3}}} \quad (3)$$

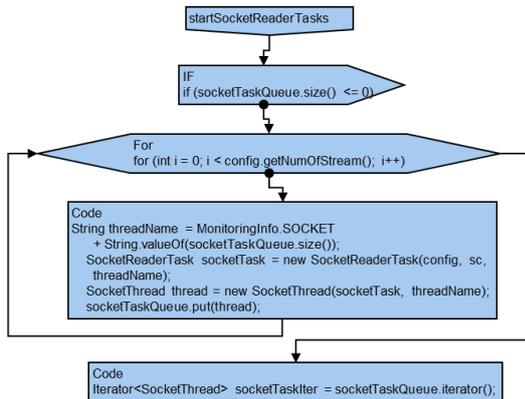
$$BW = \sum_1^{ParallelLevel} BW_n \quad (4)$$

n: number of parallel flows
 p: loss rate, RTT: round trip time
 MSS: max segment size, b and c1: constant



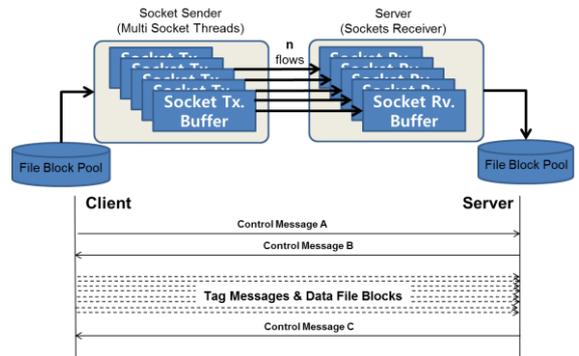
[그림 2] Parallel TCP의 혼잡제어

Parallel TCP 전송을 위한 Application은 Open Source로 제공되는 Rapidant의 API를 이용하여 TCP Flows를 제어한다.



[그림 3] TCP Socket Thread Tasks

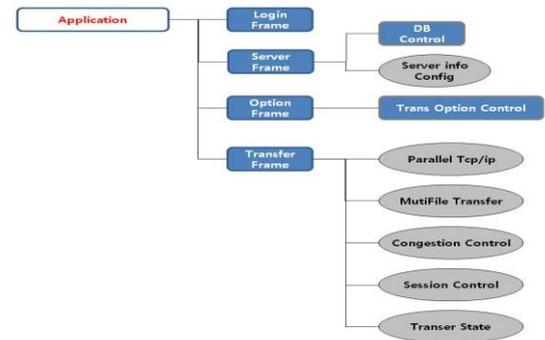
TCP의 멀티소켓을 생성하여 전송하고자 하는 Stream 수를 정해진 수만큼 증가시키는 절차와 데이터(영상파일)를 Socket Queue로 전송하는 Task를 [그림 3]은 보여준다. 기본적인 전송 절차는 [그림 4]와 같이 전송 초기에 Client와 Server는 Control Message를 통해 전송채널 수와 Socket Buffer 등의 환경설정을 실시하고 Data File Block들에 대한 Tag Message와 함께 N개의 스트림 채널로 전송한다 [8].



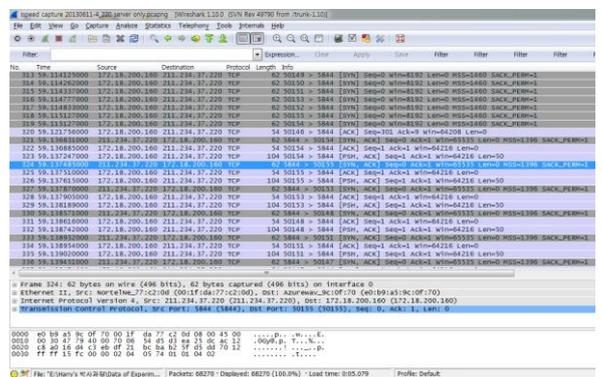
[그림 4] Basic Transfer Procedure

4. 구현 사례

대용량 영상파일의 고속전송 Application은 Apache 재단의 라이선스에 기초한 공개된 고속전송 솔루션 Rapidant Server v0.2.2, 웹 서비스를 위한 Tomcat, 사용자 및 로그관리를 위한 MySQL DBMS와 JAVA를 이용해서 프로그래밍 되었다.



[그림 5] Application Hierarchy



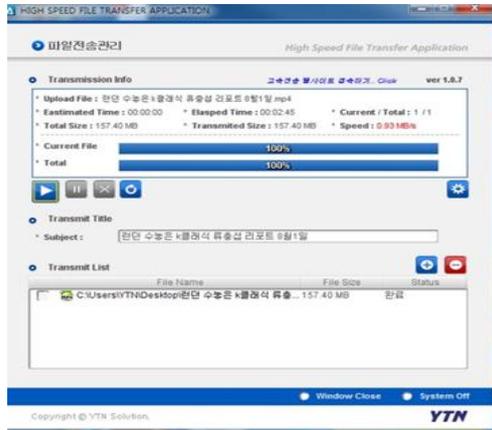
[그림 6] Parallel TCP 연결을 위한 3-hand shaking 과정의 패킷 캡처 화면

Parallel TCP를 이용한 영상파일 고속전송시스템은 긴 RTT에 의해 전송속도가 현저히 저하되는 장거리 해외 전송을 고려하였기 때문에, 2012 런던올림픽에 최초 사용하기 시작했으며, 전 해외지구에서 비실시간형 영상전송시스템으로 사용되고 있다. 이 영상파일 고속전송시스템이 구축되기 전에 사용되던 해외 IP 전송방법은 미국, 영국지구에서 본사 서버까지 300~500kbps의 느린 전송속도를 가지는 FTP 서버를 이용하거나, [그림 7]와 같이 1Mbps 내외의 웹하드를

이용하였다. [그림 8]은 영상파일 고속전송 Client Application 의 화면을 캡처한 것으로 7.44Mbps 의 평균전송속도를 보인다. 일반 해외 인터넷을 경유해서 약 5.5 배의 전송속도 향상을 보인다 [9].



[그림 7] 런던의 웹하드 업로드 전송속도(1.36Mbps)



[그림 8] 영상파일 고속전송 Client 화면(7.44Mbps)

YTN 이 해외지국에 영상파일 고속전송소프트웨어를 이용할 경우, 전체적으로 되는 속도 향상은 [표 1]과 같다.

[표 1] High Speed Transfer Platform(HSTP)과 웹하드 업로드속도의 비교

해외지국	HSTP 속도	웹하드 속도	속도 향상
런던	9.04 Mbps	1.36 Mbps	6.6 배
뉴욕	9.38 Mbps	1.4 Mbps	6.7 배
워싱턴	9.70 Mbps	1.02 Mbps	9.5 배
LA	5.95 Mbps	1.3 Mbps	4.5 배
북경	1.89 Mbps	1.83 Mbps	1.03 배
도쿄	41.92 Mbps	8 Mbps	5.24 배

[표 1]의 웹하드 업로드속도는 2012 년 8 월에 측정된 값이며, High Speed Transfer Platform(HSTP)의 전송속도는 2013 년 7 월 ~ 9 월 이내의 평균적인 속도이다. 런던, 뉴욕, 워싱턴, LA 그리고 도쿄는 office 에 설치되는 Public 인터넷 망을 사용하였고, 일반적으로 20~30Mbps 의 상한속도를 가지는 것으로 약정 되었다.

단일 Stream 으로 연결되어 업로드하는 웹하드의 경우, 해외전송망의 영향으로 인해서 1Mbps 정도에서 성능이 머물렀지만, Parallel TCP 를 10 Streams 을 연결하고 전송하는 HSTP 의 경우 최고 9.5 배 ~수배 정도의 업로드 전송속도 향상을 보여준다. 전송속도의 향상을 보이지 않는 북경지국은, Network 을 2Mbps 의 전용망을 사용하기 때문이다.

각국별로 인터넷 환경이 다르고, 업로드 상한속도의 제한이 있지만, 허용되는 환경에서 최대한의 전송속도를 보이며, 명백하게 전송성능의 향상을 보여준다.

5. 결론

TCP 의 성능은 RTT 에 의해 많은 부분이 좌우 된다. 원거리의 대용량 파일 전송을 고효율 네트워크로 유지하기 위해서 Parallel TCP 를 활용하면 매우 효과적이다. 실제 QoS 를 보장하지 못하는 일반 IP 네트워크에서 최대한의 대역폭 효율을 유지하기 위해서는, 통신 가능한 RTT 가 수백 ms 정도의 측정 가능한 네트워크에서 더욱 효과적이다. 또 Parallel TCP 는 kernel 레벨에서 수정되어야 하는 다른 FAST 프로토콜과 달리 구현이 쉬운 장점이 있다. 하지만 오버헤드에 때문에 UDT 와 같은 UDP 친화적인 프로토콜에 비해 다소의 성능저하는 있을 수 있다.

실제 사용되는 Public 네트워크를 목표로 하고 있는 만큼 더욱 많은 변수가 추가된 연구가 진행되어야 한다. 또 다른 신뢰성 전송을 위한 Parallel TCP 의 전송에 관한 GridFTP 같은 연구와 UDP 의 신뢰성 있는 전송을 위한 UDT 와 같은 프로토콜의 Application 연구도 많지만, 또 실시간 방송같이 Closing 되지 않은 HD 1080i 엔코딩 영상스트림의 전송을 위한 UDP 전송의 Parallel 연구도 지속되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] H.Y.P. IP News Gathering, KOBA Seminar, 2012
- [2] 한국정보보호진흥원 연구보고서, 비정상 SIP 트래픽상에서의 QoS 보장 기술, pp. 9-10
- [3] <http://fasterdata.es.net/fasterdata/host-tuning/background/>
- [4] Thomas J. Hacker, The End-to-End Performance Effects of Parallel TCP Sockets on a Lossy Wide Area Network, pp. 3-6, 2001
- [5] <http://www.tvbeurope.com>, "Aspera FASP high performance transport A Technology overview white paper"
- [6] Thomas J. Hacker, "Adaptive Data Block Scheduling for Parallel TCP Streams" pp. 1-3, 2003
- [7] Dong Lu, Yi Qiao Peter A. Dinda Fabi'an E. Bustamante, Modeling and Taming Parallel TCP on the Wide Area Network, 2005
- [8] <http://sourceforge.net/apps/mediawiki/rapidant/index.php?title=Rapidant>, 2012
- [9] H.Y.P, B.J.S, H.C.K, M.R.J, 영상파일 고속전송시스템 공동개발 및 구축보고서, 2012