



목차:

- 2 서문
- 3 고속 TCP 개요
- 5 UDP 기반 고속 솔루션 10
- Aspera® FASP® 솔루션

Aspera FASP 고속 전송

TCP 기반 전송 기술을 대체하는 핵심 기술 비교

특징

문제

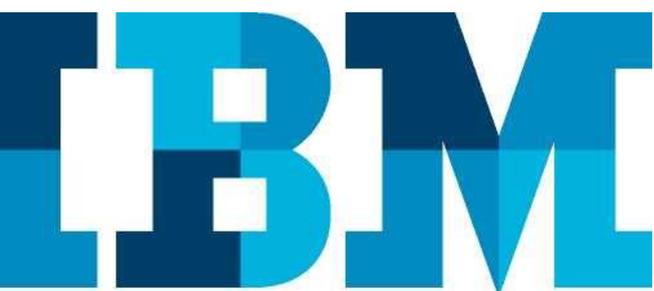
TCP점(Transmission Control Protocol)는 이상적인 조건에서 안정적인 데이터 전송을 제공하지만 장기간 WAN 상에서 발견되는 패킷 손실과 대기 시간 증가로 인한 처리량 병목 현상이 내재되어 있다는 것은 분명하고 심각한 현실입니다. 대역폭을 더 추가한다고 해서 유효 처리량에 변화를 주지는 못합니다. 파일 전송 속도는 개선되지 않고 값비싼 대역폭은 제대로 활용되지 못합니다.

솔루션

TCP와 달리, FASP 처리는 네트워크 지연으로부터 자유로우며 극심한 패킷 손실 문제를 극복합니다. FASP 전송 시간은 네트워크 조건에 상관없이 가능한 한 빠르고(표준 FTP의 최대 1,000배) 예측 가능성이 높습니다. 최대 전송 속도는 엔드포인트 컴퓨터 자원에 의해서만 제한됩니다(일반적으로 디스크 처리량).

이점

- 최대 속도 및 안정성
- 뛰어난 대역폭 통제력
- 내장형 보안
- 유연한 개방형 아키텍처



소개

오늘날의 디지털 세계에서, 전 세계를 관통하는 거리에서 대용량의 디지털 데이터를 빠르고 안정적으로 이동시키는 것은 사실상 모든 업계에서 비즈니스 성공의 핵심적 요소가 되고 있습니다. 그러나, 이러한 데이터 이동의 기존 엔진이었던 TCP(Transmission Control Protocol)에는 성능에 있어서 내재적인 병목 현상이 있는데(그림 1), 특히, 높은 RTT(왕복 시간)와 패킷 손실이 있는 네트워크와, 고대역폭 네트워크에서 병목현상이 가장 많이 나타났습니다. 이러한 내재적 “소프트” 병목 현상은 TCP의 AIMD(Additive-Increase-Multiplicative-Decrease) 정제 방지 알고리즘으로 인해 발생하는 것으로 잘 알려져 있는데, 이러한 알고리즘은 네트워크의 이용 가능 대역폭을 천천히 탐색하여 전송 속도를 증가시켰다가 패킷 손실을 감지하고 나서는 전송 속도를 기하급수적으로 감소시킵니다. 하지만, 네트워크 정체에 속하지 않는 물리적 네트워크 매체로 인한 손실 등 다른 패킷 손실원이 마찬가지로 전송 속도를 줄인다는 점은 덜 알려져 있습니다. 사실, TCP AIMD 자체가 손실을 발생시키며, 병목 현상에 동등하게 기여합니다. AIMD는 손실이 발생할 때까지 전송 속도를 증가시키면서, 내재적으로 이용 가능 대역폭을 초과하여 구동시킵니다. 경우에 따라서는, 이 자기 유도 손실이 실제로 다른 원인(예: 물리적 매체 또는 교차 트래픽의 버스트)으로 인한 손실을 능가하며, 무손실 통신 “채널”을 예측할 수 없는 손실률을 가진 불안정한 “채널”로 만듭니다.

TCP AIMD에서의 손실 정제 통제에 처리량에 큰 악영향을 미칩니다. 즉, 패킷 손실이 발생할 때마다 재전송을 해야 하며, 재전송이 이루어질 때까지 수신 애플리케이션의 데이터 전송을 지연시킵니다. 이는 네트워크 애플리케이션의 성능을 저하시킬 수 있지만, 근본적으로는, 파일 전송처럼 순차(바이트 스트림) 전송을 요구하지 않는 대규모 “대량” 데이터의 안정적인 전송에 결함을 발생시킵니다.

TCP에서의 정제 통제에 의존성(재전송)이 결합되면, WAN(Wide Area Network) 상에서 FTP, HTTP, CIFS, NFS 등 TCP에 구축된 기존 파일 전송 프로토콜의 열악한 성능을 통해 드러나는 것처럼, 파일 전송에 대해 인위적 처리라는 심각한 문제가 발생합니다. 하드웨어 장치 또는 대체 TCP를 통해 적용되는 TCP 가속화 등 프로토콜을 최적화시킴으로써 왕복 시간과 패킷 손실률이 적을 때는 파일 전송 처리량을 어느 정도까지 향상시키지만, 글로벌 거리에서는 이점이 대폭 줄어듭니다. 더욱이, 이 자료의 뒷부분에서 더 알아볼 것이지만,

병렬 TCP 또는 UDP 블래스팅 기술은 확연하게 높은 처리량을 달성하는 대체 방법을 제공하지만 엄청난 대역폭 비용 지출을 요구합니다. 이러한 접근법에서는, 상당한 양의 데이터, 때로는 막대한 양의 불필요한 파일 데이터, 이미 이동 중이거나 이미 받은 쓸모 없는 데이터를 재전송하게 되며, 결국 파일 데이터 전송 시간이 필요 이상으로 많이 걸리고, 많은 대역폭 비용을 부담하게 됩니다. 특히, 재전송된 데이터 패킷을 제외한 유용한 비트 처리량, 즉, “유효처리율 (goodput)”이 매우 저조합니다. 이러한 접근법은 네트워크 대역폭 활용도를 향상시키는 것처럼 현혹시키지만, 쓰레기로 통신 파이프를 채움으로써 전송 시간은 여전히 느립니다!

네트워크 중심 프로토콜처럼, TCP 최적화 또는 단순한 블래스터가 매우 “양호한 데이터” 처리량을 달성하는 협소한 네트워크 조건인 경우, 스토리지 시스템 내외부로 데이터 이동 시 추가로 “소프트” 병목 현상을 겪게 됩니다.

최대 속도로 대량 데이터를 전송하기 위해서는, 이동 중이 아니거나 아직 수신하지 않은 “양호한 데이터”의 전송을 위해 데이터 소스부터 데이터 목적지까지 전체적인 전송 경로와 가용 대역폭을 충분히 활용하는 엔드 투 엔드 (end-to-end) 방식의 접근법이 필요합니다. 오늘날 상용 인터넷 WAN 환경의 네트워크 왕복시간, 손실률, 대역폭 용량 등의 특성을 고려하는 목표를 달성하기 위해서는, 대량 데이터 이동에 대한 새롭고 혁신적인 접근법, 특히 안정성과 속도 통제력을 완전히 분리하는 접근법이 필요합니다. 안정성 (의존성)이라는 메커니즘에서는 100% 양호한 데이터 처리를 위해, 실질적으로 필요한 데이터만 재전송해야 합니다. 속도 통제에 있어서는, 공유 인터넷 네트워크의 일반 배치의 경우, 대역폭 공정성 원칙과 다른 전송 및 기타 네트워크 트래픽 존재 시 정제 방지를 고수하는 동시에, 필요하면 높은 우선 순위의 전송을 위한 대역폭 전용 옵션을 제공해야 합니다.

Aspera mSP는 공용 및 사설 IP 네트워크 상에서 파일을 전송하기 위해 기존 TCP 기반 전송 기술에 대한 최적의 대안을 제공하도록 설계되었고, 이러한 핵심적 원칙에 따라 구축된 혁신적인 대량 데이터 전송 기술입니다. Aspera 표소요모는 엔드포인트 애플리케이션 프로토콜로서 애플리케이션 계층에서 구현되어 표준 네트워킹에 대한 변화를 방지합니다. 표소요모는 네트워크 지연 및 패킷 손실과는 별개로, 어떠한 IP 네트워크 상에서도 대량 데이터의 100% 대역폭 유효 전송을 제공하도록 설계되었으며 대량 데이터 이동에 대한 궁극적인 고성능 차세대 접근법을 제공합니다.

이 자료에서는, 대역폭 활용도, 네트워크 효율성 및 전송 시간이라는 측면에서 상용 및 학문적 분야의 파일 기반 전송 “가속화”에 대한 대체 접근법을 설명하며, 성능 및 Aspera FASP 에 들어가는 실제 대역폭 비용을 비교하였습니다.

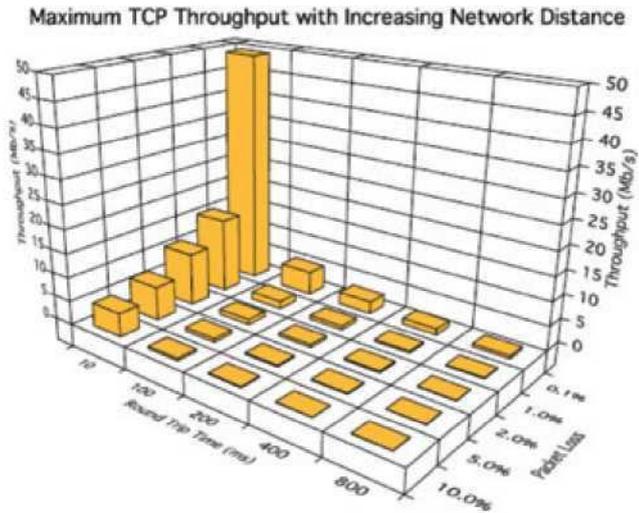


그림 1: 막대 그래프는 TCP를 사용하는 파일 전송 기술에 위한 OC-3(155 Mbps) 링크의 다양한 패킷 손실과 네트워크 대기 시간 조건 하에서 달성 가능한 최대 처리량을 나타냅니다(노란 색으로 표시). 처리는 네트워크 RTT와 패킷 손실에만 의존한다는 이론적으로 어려운 한계가 있습니다. 대역폭을 더 추가한다고 해서 유효 처리량이 바뀌는 것은 아니라는 것을 알아야 합니다. 파일 전송 속도는 향상되지 않으며 값비싼 대역폭을 충분히 활용하지 못합니다.

고속 TCP 개요

최근 몇 년 동안 이러한 변화를 구현하는 수많은 TCP 프로토콜 및 TCP 가속화 장치의 신규 고속 버전이 개발되었습니다. 고속 TCP 프로토콜은 AIMD의 근본적인 결함을 인지하고, 이로 인해 발생한 인위적인 병목 현상을 줄이고 장기간의 평균 처리량을 향상시키기 위해 이 윈도우 기반 정체 통제 알고리즘을 바꿉니다. 이러한 최신 프로토콜 버전은 일반적으로, 손실이 발생할 때까지 처리량을 증가시키기보다는, 네트워크 대기열 지연 등의 많은 신호를 측정해 정체 감지력을 향상시키는 것을 목표로 삼고 있습니다. 이렇게 하여 TCP 흐름이 패킷 손실을 발생시키지 않도록 하며, 인위적으로 정체 방지에 개입하여 거의 무손실인 네트워크에서 장기간 처리량을 향상시키고자 하는 것입니다.

그러나, 그러한 개선이 WAN(Wide Area Network)에서는 빠르게 줄어들며, 물리적 매체의 오류 또는 교차 트래픽 버스트를 통한 버퍼 오버플로로 인한 패킷 손실을 무시할 수 없게 되었습니다. 그러한 네트워크에서의 단일 패킷 손실로 인해 TCP 발신 창 (window)이 심각하게 줄어드는 동시에 여러 가지 손실 발생이 데이터 처리량에 재앙과 같은 영향을 끼칩니다. 창 (window) 당 한 개 이상의 패킷 손실로 일반적으로 전송 시간 초과와 발신자부터 수신자 흐름까지의 대역폭-지연-제품 파이프라인이 발생하고 데이터 처리량이 0으로 하락합니다. 발신자는 필연적으로 데이터 전송을 다시 느리게 시작해야 합니다.

대조적으로, Aspera FASP에서는 전송률이 손실과 연결되지 않습니다. 손실 데이터는 엔드 투 엔드 (end-to-end) 방식의 원하는 대역폭에 해당하는 속도로 재전송됩니다. 이러한 재전송은 사실상 이상적인 대역폭 효율성을 달성하며, 중복되어 전송되는 데이터가 없고 총 목표 용량이 완전히 활용됩니다.

다음의 그림 2에서 보듯이, 1% 패킷 손실의 네트워크에서 고속 TCP의 상용 버전 (CUBIC, H-TCP, BIC 등의 변형 포함) 중 하나인 FAST TCP의 처리량은, 낮은 대기 시간 네트워크에 있는 표준 TCP Reno 상에서 처리량을 개선시키지만, 그 향상치는 일반적인 국가 간 및 대륙 간 링크의 높은 왕복 트립에서 급격한 성능 저하를 보입니다. 이와는 대조적으로, FASP 처리는 네트워크 지연 증가로 인한 저하 없이 95% 이상의 대역폭 용량에서 최대 100%의 효율적인 전송과 유효 파일 전송 처리량을 달성합니다. 마찬가지로, 패킷 손실이 증가할 때 (예: 5% 손실 또는 그 이상), FASP 처리량도 동일한 양까지만 감소합니다. 더 높은 손실률에서는 가속화되었던 TCP 처리량이 Reno에 근접합니다.

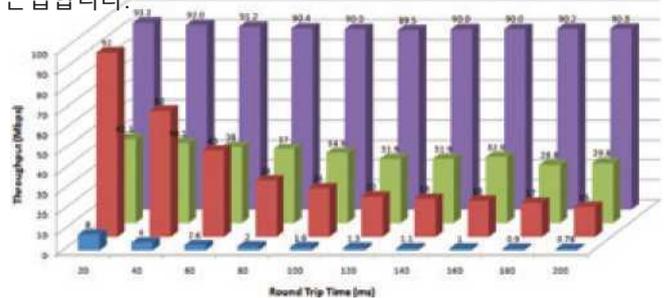


그림 2 : 중간 패킷 손실(1%) 링크에서의 1GB 파일의 전송 처리능력 - 상용으로 이용 가능한 고속 TCP인 Reno TCP, UDT, Aspera FASP의 상호 비교. 가속화된 TCP가 낮은 대기 시간 네트워크에서 Reno 처리량을 향상시키는 반면, 그러한 처리량 향상은 일반적인 국가 간 대륙 간 링크의 높은 왕복 트립 시간에서는 빠르게 저하됩니다. 반대로 FASP 처리량은 지연 증가에도 저하되지 않습니다. 마찬가지로, 패킷 손실률이 증가하면서(예: 5% 손실) FASP 처리량은 동일한 양까지만 감소하는 반면, 고속 TCP는 Reno보다 나을 게 없습니다.

패킷 손실에 대한 표준 및 고속 TCP의 반응 때문에 발신자는 발송 창을 줄여야 함으로써 불규칙한 전송 속도를 일으키며, TCP 순차 전송 보장을 유지하기 위해 재전송되는 패킷을 가지고 있는 발신 창에서 새로운 패킷을 회피하기까지도 합니다. 동일한 TCP 발신 창에서 새로운 패킷과 재전송되는 패킷을 전송하게 되어, 전송 무결성을 보장하는 TCP 의존 통계장치에 의해 성능이 낮은 TCP 혼잡 통계장치를 마비시키고, 벌크(대량) 데이터와 같이 순차 전송이 필요 없는 애플리케이션에 전송 처리능력 저하를 초래합니다.

TCP 의존성은 데이터가 손실되지 않도록 보장하며 (손실된 패킷은 수신자가 감지하고 그 후 발신자가 재전송함), 수신된 데이터는 순서에 따라 애플리케이션으로 전송됩니다. TCP는 이러한 두 가지를 보장하기 위해 손실 패킷을 재전송할뿐만 아니라 누락된 패킷이 도착할 때까지 조기 도착한 패킷, 순서를 벗어난 패킷을 지연시키고(커널 메모리에 임시 보관) 수신된 데이터를 순차적으로 애플리케이션 계층에 전송할 수 있습니다. 수신자가 누락되었던 데이터를 받을 때까지, 들어오는 패킷을 RAM에 계속 보관해야 하는 요구를 고려할 경우, 재전송은 급박한 최우선 순위이며, 새로운 데이터의 발신도 일제히 늦추어 지게 됩니다. 특히, 패킷 손실이 있을 때마다, 새로운 패킷의 속도를 낮추고(일반적으로 발신 창은 손실 패킷이 수신자에게 재전송되고 확인될 때까지 동결됨) 재전송된 패킷을 기다렸다가 발신이 종료되었을 때 바이트 스트림의 "구멍"을 메꾸어야 합니다. 필연적으로, TCP에서는 의존성(안정성)과 흐름 통제(또는 정체 통제)가 설계상 긴밀하게 연계되어 있습니다.

이러한 유형의 메커니즘은 수많은 애플리케이션이 요구하는 TCP에 엄격한 순차 바이트 스트림 전송을 지원하지만, 기본적으로 파일 전송 등 엄격한 바이트 순서가 필요하지 않은 애플리케이션에 엄청난 손실을 가하고, 해당 애플리케이션에 숨겨진 인위적인 병목 현상이 시작되어 해당 데이터 처리량을 제한합니다.

좀 더 분명하게 하기 위해, 각 손실당 1/8로 창 감소가 된 고속 TCP에서 단일 비정체 관련 패킷 손실로 인한 처리량 손실을 계산하기 위한 간단한 예제를 찾아보았습니다. 1% 패킷 손실률 및 100ms 왕복 트립 지연의 기가비트 네트워크의 경우, 모든 단일 패킷 손실은 속도를 1/8(TCP Reno의 절반과 비교 시)로 줄이며, 패킷 손실이 발생하기 전 발신자가 원 발신 속도

(1 Gbps)를 복구하기 위해 $1 \text{ Gbps} \div 8 \text{ (비트/바이트)} \div 1024 \text{ (바이트/패킷)} \times 100 \text{ ms} \times 0.125 \text{ (드롭율/손실)} \times 100 \text{ ms} \div 152.6$ 초가 걸립니다. 이 복구 기간 중 고속 TCP는 단일 손실로 인해 약 $152.6 \text{ s} \times 1 \text{ Gbps} \times 0.125 / 2 \approx 7.89 \text{ GB}$ 의 처리량에서 손실을 봅니다! 실제의 WAN(Wide Area Network)에서 실제값은 RTT(왕복 트립 전송)가 네트워크 대기화, 물리적 매체 접속, 일정 수립 및 복구 등으로 인해 커질 수 있기 때문에 커지게 됩니다. 따라서 일반적으로 수신자가 복구하는 데 152.6 초가 더 걸립니다. 여러 연속적인 패킷 손실은 재앙이 될 수 있습니다. IETF(Internet Engineering Task Force)의 다음 인용문에서는 그러한 효과를 다음과 같이 직설적으로 말합니다.

“창 크기를 확장해 LFN(장기간의 빠른 네트워크)의 용량과 일치시키면 하락하는 창당 한 패킷보다 가능성 또한 증가합니다. 이는 LFN 상에서 TCP의 처리량에 끔찍한 영향을 끼칠 수 있습니다. 또한, RFC 1323의 출판물, 임의 하락의 일부 형태에 기반한 정체 제어 메커니즘은 게이트웨이로 도입되었으며, 임의적인 공간 패킷 하락이 일반화되었고, 이는 창당 한 패킷 이상의 드롭 가능성 증가로 이어졌습니다.”¹

이 속도 감소 또는 처리량 손실이 종종 엄격한 순차 전송이 필요한 바이트 스트림 애플리케이션에 필요하다는 점을 발견했습니다. 반면에 RAM은 초반 예제에서 최소한 하나의 RTT(왕복 트립 전송)를 위한 각 TCP 연결의 단일 손실 패킷을 대기하기 위해 최소한 $1 \text{ Gbps} \times 100 \text{ ms} \times 0.125 \approx 1.5 \text{ MB}$ 추가 데이터를 수용해야 합니다. 그러나, 이러한 속도 저하는 비순차적 데이터가 이러한 손실 패킷을 기다리지 않고 디스크에 작성될 수 있기 때문에 파일 전송 애플리케이션에 불필요하게 되며, 이는 고급 속도 제어 메커니즘에 의해 발견된, 네트워크 내부에서 이용 가능한 대역폭과 정확하게 일치하는 속도로 언제든지 재전송할 수 있습니다.

TCP 자체는 안정성 및 정체와 분리될 수 없기 때문에, 안정적인 바이트 스트림 전달이라는 TCP의 목적이 IETF로 인해 재정의되지 않는 한 이러한 인위적인 병목 현상을 제거하지 못합니다.² 의존적 스트리밍 애플리케이션과 비 스트리밍 애플리케이션 모두에 대한 단일 전송 통계 프로토콜에 전통적으로 의존해 온 것은 두 가지 도메인 모두에 실질적으로 최고로 최적화되지 못했음이 입증되었습니다.

UDP 기반 고속 솔루션

TCP 가 제공하는 의존성은 네트워크 처리량을 줄이고, 평균 지연을 증가시켜 지연 지터 (jitter) 를 악화시킵니다. 의존성을 정제 방지와 분리하려는 노력이 수 년 간 계속되어 왔습니다. TCP 자체를 변화시키는 것이 복잡하기 때문에, 학계와 업계는 지금까지 분리 가능한 속도와 의존성 통제를 특징으로 하는 애플리케이션 레벨 프로토콜을 추구해 왔습니다. 이러한 접근법에서는, TCP 에 대한 대안으로서 전송 계층 (transport layer) 에서 UDP 를 사용하고, 애플리케이션 계층에서 의존성을 구현합니다. 그러한 대부분의 접근법은 UDP 블래스터로, UDP 에 의존적으로 데이터를 이동시키며, 이용 가능 대역폭에 대한 의미 있는 고려 없이, 또한 네트워크 자체의 처리량 축소는 물론이고 리스크 네트워크의 축소에 대한 의미 있는 고려 없이 손실 데이터를 재전송하는 몇 가지 방법을 사용합니다. 그림 3 은 일반적인 WAN 조건에서 300 Mbps 링크 상에서 실행될 때 상용 UDP 데이터 블래스터인 Rocketstream 의 처리량을 나타냅니다 (RTT 및 패킷 손실 증가).

개방형 소스 구현 Tsunami 및 UDT(Signant, File Catalyst 및 Sterling Commerce® 등의 제품에 사용)를 포함한 UDP 솔루션은 패킷 손실 시 전송 속도를 줄이는 단순한 알고리즘을 통해 UDP 블래스터의 정제 통제를 강화시키고자 했습니다. 백오프 (back off) 는 “튜닝되어” 사례별 기준으로 구체적 네트워크 경로에 대한 합리적인 성능을 달성하여 대역폭, 왕복 트립 지연, 패킷 손실, 많은 흐름 등의 단일 조합을 의미할 수는 있지만, 그 설계는 본질적으로, 광범위한 네트워크 RTT 및 패킷 손실 조건 그리고 실제 인터넷 네트워크의 흐름 동시성에 적용할 수 없습니다. 결과적으로, 이러한 접근법은 이용 가능 대역폭을 충분히 활용하지 못하거나, 보기에는 “통신 파이프를 채우지만” 일반적인 네트워크 조건 하에서 50%까지나 많은 중복 데이터의 전송으로 네트워크를 과대하게 구동시킴으로써 무엇보다 대역폭을 낭비하며, 그 다음으로는 유효 파일 전송 처리량(“유효처리량”)의 축소를 초래합니다. 마지막으로, 이 프로세스에서 이러한 접근법은 오버드라이브가 다른 TCP 애플리케이션에 대한 패킷 손실을 생성하고 유효처리량을 방해하면서 다른 트래픽으로 네트워크를 이용할 수 없게 할 수 있습니다.

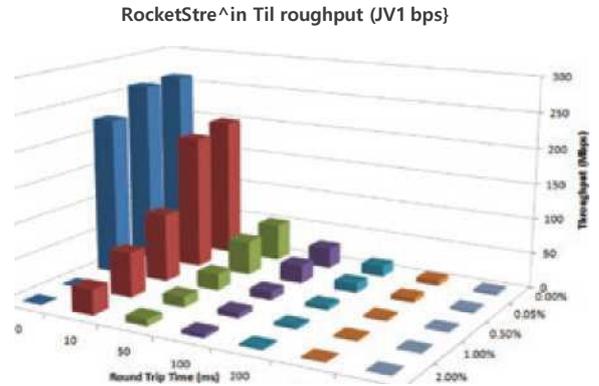


그림 3: 막대 그래프는 RocketStream에 대한 300 Mbps의 다양한 패킷 손실 및 네트워크 대기 시간 (WAN) 조건 하에서 달성한 처리량을 나타냅니다. 높이가 -인 막대는 발신자와 수신자 사이의 연결 수립이 실패했다는 것을 나타내며, 이는 Rocketstream 에서 RTT 또는 패킷 손실률이 클 때 흔한 현상입니다.

우리는 상업적 납품업체가 다시 패키지를 만든 최고급 재전송 (NACK 기반) UDP 전송 솔루션 중 하나인 UDT를 선택하여 이러한 문제들이 있음을 입증했습니다. 구체적으로는, 다음과 같은 문제들이 있습니다.

- 부실한 정제 방지. UDT 에서 채택한 동적 “AIMD” 알고리즘 (D-AIMD) 은 AIMD 와 유사하게 작동하지만, 전송 속도가 증가하면서 속도가 다시 증가하는 추가 증가 (AI) 매개변수가 감소합니다. 이러한 접근법은 안정성과 속도 제어 간의 복잡한 관계라는 앞서 언급한 TCP 의 핵심 문제를 인식하는 데 실패하고, 그 대신 한 매개변수 조정이 AIMD 및 TCP 의 성과 부진을 해결할 수 있다고 추정합니다. 특별히 조정된 D-AIMD 는 한 시나리오에서 TCP 를 능가하지만, 다른 경우에 즉시 TCP 의 성능이 저하됩니다. 따라서, 수많은 일반적인 WAN(Wide Area Network)에서 UDT의 성능은 실제로 TCP 보다 악화됩니다.

• UDT의 적극적인 데이터 발신 메커니즘은 급격한 속도 진동과 패킷 손실을 일으키며 다른 트래픽을 위협에 빠뜨리고 자체 처리량을 약화시킬뿐만 아니라 전체적인 네트워크 성능을 저하시킬 수 있습니다. 정기적인 TCP 흐름(예: 웹 클라이언트의 HTTP 세션)이 대역폭을 UDP 전송과 공유하는 일반 WAN(Wide Area Network)에서 TCP 흐름은 UDT 흐름의 강도로 인한 서비스 거부를 잠재적으로 경험할 수 있습니다. (그림 4. 극심한 TCP의 비친화성이라는 가능성이 원 UDP 문서인 "UDP 기반프로토콜 구현의 최적화, 2005"에서 이론적으로 연구되었으며, 저자들은 이러한 극심한 비친화성을 방지하도록 만족시켜야 하는 특정 조건을 제안합니다.² 실제로, 매우 일반적인 WAN(Wide Area Network)(예: 100 ms RTT 및 0.1% plr의 WAN)의 경우, 조건을 만족시키지 못하고 이러한 극심한 TCP 비친화성은 피할 수 없습니다. 이는 UDT 기반 데이터 이동 솔루션을 사용하기 위해 정규 고객이 일부 QoS 결합 유형에 더 많은 시간과 비용을 투자해 UDT가 전체 네트워크 시스템 운영에 손상을 끼치지 않게 해야 할 필요가 있습니다(예: 웹, 이메일, VOIP, 네트워크 관리).

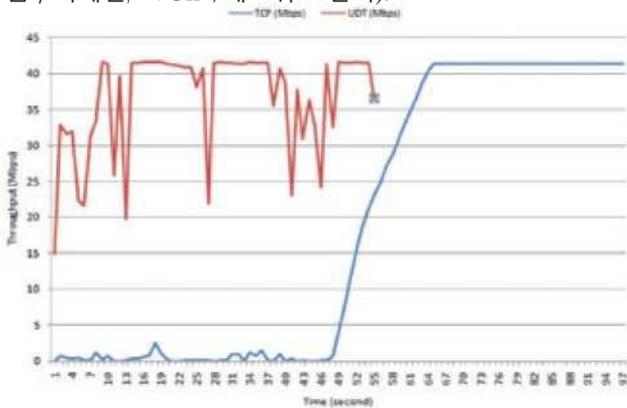


그림 4: 단일 UDT의 파일 전송 처리량은 0%의 패킷 손실률과 50 ms RTT로 일반 T3 링크에서 전송되며, UDT의 효과는 정기적인 TCP 흐름에서 전송됩니다. TCP는 UDT 흐름이 종료될 때까지 대부분의 기간 동안 "보이지" 않습니다.

• UDT의 적극적인 발신 및 결합 있는 재전송으로 가치 있는 대역폭의 효율성을 저하시키고 종종 고객이 더 많은 대역폭을 불필요하게 구매하는 데 집중하게 합니다. (값비싼 대역폭을 보다 잘 활용하기 위해 고안된 솔루션이 실제로는 대역폭을 낭비시키는 것입니다) 일부 실험에서 발신 속도, 수신 속도 및 유효 파일 전송 속도 간의 큰 차이(그림 6 및 7)는 기본적으로 UDT의 지나치게 적극적인 데이터 주입과 결합 있는 재전송 메커니즘으로 인한 라우터 및 수신기의 상당한 데이터 드롭을 노출합니다. 측정된 효율성("유효처리율")이 일부 일반 WAN(Wide Area Network)에서 20% 미만으로 하락합니다. 이는 UDT 별 100% 전체 활용 네트워크가 중복 데이터를 수신기로 전송하거나 유용한 데이터를 과부하 버퍼(UDT 자체에 의해 과도하게 구동됨)로 전송하는 대역폭 용량의 80%를 사용한다는 것을 의미합니다.

정규 사용자에 대한 UDT 사용의 "이점"과 "비용"은 정확한 비교를 위해 정량화할 수 있습니다. "이점"은 빠른 전송 시간으로 직접 해석되는 필요 데이터(유효처리율)를 전송하기 위한 효율적인 대역폭 사용으로 측정할 수 있으며, "비용"은 필요 데이터 패킷의 전송 업무로 요약되는데, 얼마나 많은 복제 사본을 전송해 또다른 네트워크 종료 시 애플리케이션 계층으로 성공적으로 제공되는 필요 패킷을 확보하는지 정의할 수 있습니다. 이러한 비용은 공정한 대역폭 공유의 손실(그림 4)을 반영하는, 다른 전송에 대해 유도된 비용을 뜻하며, 따라서 저하된 처리능력을 뜻하게 됩니다. 구체적으로, 그림 5에 부분적으로 반영되어 있듯이, UDT는 WAN 조건 범위 상에서 유효 전송 처리량이 낮으며(전송 속도 저하 발생) 사용자에게 돌아가는 이점이 거의 없습니다. 또한, 과도한 구동 및 중복 재전송으로 인한 관련 대역폭 비용은 다른 워크플로에 큰 영향을 미칩니다.

그림 5는 여러 RTT 및 패킷 손실률 하에서 T3(45 Mbps) 링크의 단일 UDT 전송으로 한 패킷을 전송하는 전체 비용을 나타냅니다. 대부분의 일반 WAN(Wide Area Network)의 경우, 한 패킷 전송에 8-10 회의 재전송을 해야 합니다. 즉, 1기가바이트 파일을 전송하려면 UDT는 결국 9-11기가바이트를 네트워크에 낭비하는 것입니다. 전송은 필요한 것보다 9-11배 길게 걸리며, 다른 흐름에 대한 대규모 패킷 손실을 일으킵니다.

다음에 나오는 그림 D에 있는 비용은 UDT 발신자의 지나치게 공격적인 주입률과 UDT 수신자가 놓친 중복 재전송으로 인해 발생합니다. 보다 구체적으로 말하자면, 발신 비용을 정의하여 '발신자에 의한, 지나치게 공격적인 주입과 그에 따른 라우터에서의 패킷 저하로 인한 손실', 받는 비용을 정의하여 '수신자가 놓친 중복 재전송' 이라 할 수 있습니다.

보다 정확하게, 발신 비용은

$$\text{sending cost} = \frac{\text{total bytes sent} - \text{actual bytes received}}{\text{actual bytes received}}$$

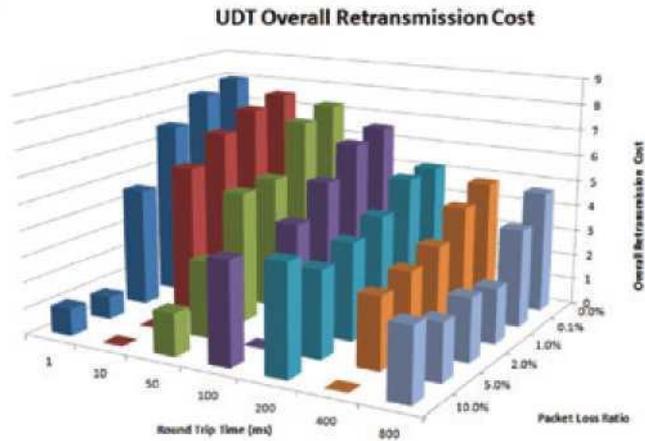


그림 5: 막대 그래프는 여러 RTT 하에서 단일 UDT 전송의 재전송률과 패킷 손실률을 보여줍니다. "전송 비용"인 막대의 높이는 1GB 파일을 전송할 때 재전송된 데이터의 기가바이트 단위 양입니다. 높이가 -인 막대는 발신자와 수신자 사이의 연결이 실패했다는 것을 나타내며, 이는 RTT 또는 패킷 손실률이 클 때 UDT 에 나타날 수 있는 현상입니다. 원본 파일 크기에 비해 최대 9배나 되는 분량을 낭비적인 재전송으로 보낸 것입니다.

그리고 수신 비용은 아래와 같습니다

$$\text{receiving cost} = \frac{\text{total bytes received} - \text{actual useful bytes}}{\text{actual useful bytes}}$$

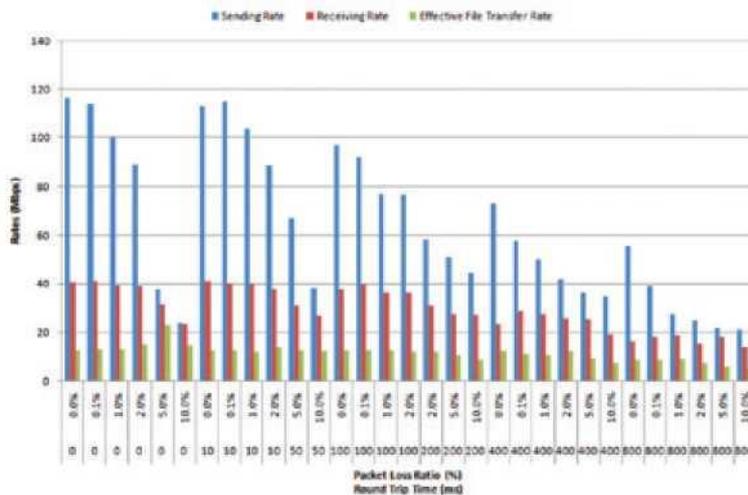
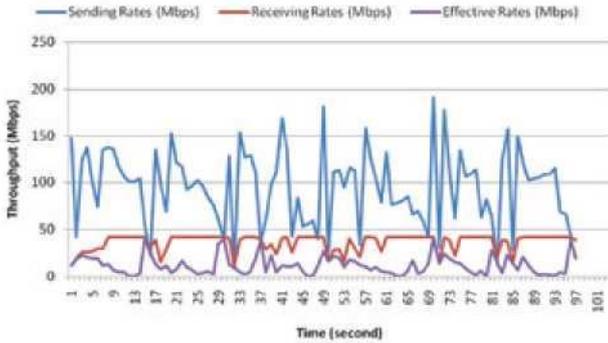
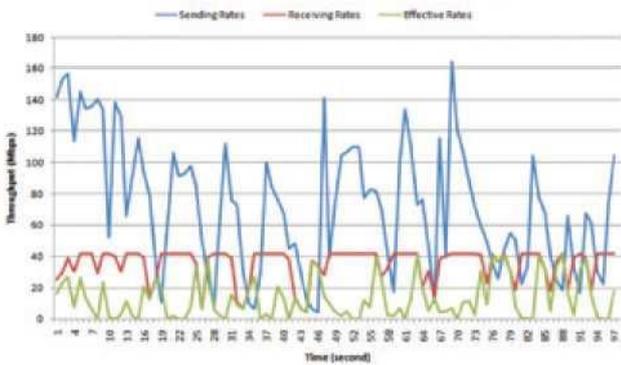


그림 6: 막대 그래프는 보내는 속도, 받는 속도, 여러 RTT 하에서 단일 UDT 전송의 유효 속도, 그리고 T3 링크에서의 패킷 손실률을 보여줍니다. 보내는 속도와 받는 속도의 차이가 크면 네트워크 경로 장애 시 대량의 패킷 손실을 의미하며, 받는 속도와 유효 속도의 차이가 크면 중복 재전송의 수가 많다는 것을 뜻합니다.

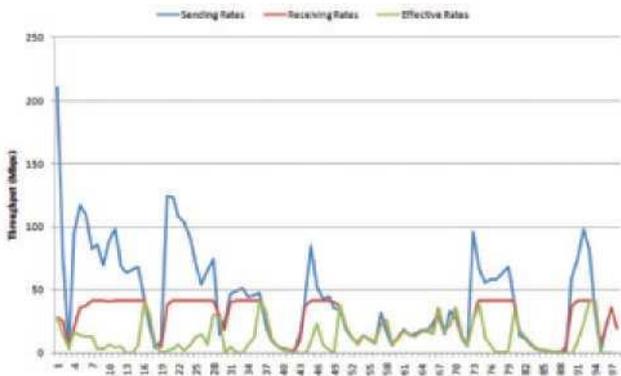
그림 7 : 패킷 손실률 0%, 1%, 5% 및 왕복 트립 시간 100ms, 200ms, 200ms 일 때, T3 링크 상에서 단일 UDT 전송의 발신 속도, 수신 속도, 유효 수신 속도. 발신 및 수신 속도 간의 격차는 라우터에서 대규모의 데이터 손실이 발생했음을 나타내는 반면, 수신 및 유효 수신 속도 간의 격차는 UDT 수신기에서 대규모의 중복 재수신이 실패했음을 반영합니다.



(a) T3 링크 상에서 UDT 전송 (0% 패킷손실률 및 100 ms RTT)



(b) T3 링크 상에서 UDT 전송 (1% 패킷손실률 및 100 ms RTT)



(c) T3 링크 상에서 UDT 전송 (5% 패킷손실률 및 200 ms RTT)

발신 비용이 높을수록 더 많은 패킷이 라우터에서 실패되는 반면 수신 비용이 높을수록 더 많은 패킷이 수신기에서 실패된다는 점에 유의하십시오. 그림 7은 보내는 속도, 받는 속도, 여러 RTT 하에서 단일 UDT 전송의 유효 속도 및 T3 링크에서 패킷 손실률을 보여줍니다. 위에서 지정된 비용이 속도율(발신 속도-수신 속도 및 수신 속도-유효 속도)이 됩니다. 발신 속도가 수신 속도보다 지속적으로 높다는 점을 발견했는데, 이는 모든 네트워크 구성의 유효 속도에서도 지속적으로 높았습니다. 이러한 비용이 네트워크를 네트워크 활용도(처리량을 대역폭으로 나눈 값으로 정의됨)가 1에 근접한 운영 지점으로 이끌지만, 네트워크 효율성(유효처리량을 대역폭으로 나눈 값으로 정의됨)은 15%로 저하됩니다 결과적으로, 파일 전송은 기대치보다 6배나 더 늦어집니다.

확실하게 하기 위해 아래의 성능 관련 질문에 답변함으로써 서로 다른 WAN(Wide Area Network) 상에서의 단순한 파일 전송 사례를 통해 위의 비용을 확인할 수 있습니다.

- 얼마나 많은 바이트를 보내야 합니까?
- 얼마나 많은 바이트를 실제로 보냈습니까?
- 얼마나 많은 바이트를 실제로 받았습니까?
- 전송이 얼마나 걸립니까?
- 유효 파일 전송 속도가 어떻습니까?

답변은 표 7에 정리되어 있으며 동일한 조건의 Aspera 표준요요와 비교되어 있습니다.

대역폭 (Mbps)	RTT(ms)	패킷손실률 (%)	보낼 용량 (MB)	보내야 할 용량 (실제데이터 + 매체별 불가피한 손실, MB)	실제 보낸 데이터 용량 (MB)	발신 비용 (발신자의 관리 비용, %)	실제로 얼마나 많은 데이터를 받았습니까? (MB)	수신 비용 (수신자의 관리 비용, %)	얼마나 걸립니까? (s)	유효 파일 전송 속도 (Mbps)	관찰된 네트워크 활용도 (%)	네트워크 효율성 (유효 활용도, %)
45	0	0	953.7	953.7	9093.2	314.1%	2195.8	130.2%	625.0	12.8	66.2%	28.4%
45	100		953.7	963.2	5941.8	234.9%	1774.0	86.0%	618.0	12.9	54.1%	28.8%
45	400	5	953.7	1001.4	3764.1	150.6%	1501.8	57.5%	830.0	9.6	34.1%	21.4%
45	800	5	953.7	1001.4	3549.9	152.9%	1403.9	47.2%	1296.0	6.2	20.4%	13.7%
100	100		953.7	963.2	1413.0	14.0%	1239.8	30.0%	239.0	33.5	44.0%	33.5%
100	200	5	953.7	1001.4	2631.2	19.6%	2200.1	130.7%	571.8	14.0	32.6%	14.0%
300	100		953.7	963.2	1060.0	2.1%	1038.4	8.9%	232.0	34.5	12.6%	11.5%
300	200		953.7	963.2	1083.0	2.3%	1059.1	11.1%	273.0	29.3	11.0%	9.8%
500	200		953.7	963.2	1068.9	1.7%	1051.5	10.3%	252.0	31.8	7.1%	6.4%
500	200	5	953.7	1001.4	1660.9	5.3%	1576.7	65.3%	539.1	14.8	5.0%	3.0%

표 1 : 일반 WAN 상의 UDT 파일 전송 - 고대역폭 비용 및 느린 전송 속도

대역폭 (Mbps)	RTT(ms)	패킷손실률 (%)	얼마나 많은 데이터를 보낼 예정입니까? (MB)	보내야 할 용량 (실제데이터 + 매체별 불가피한 손실, MB)	실제로 얼마나 많은 데이터를 보냈습니까? (MB)	발신 비용 (발신자의 관리 비용, %)	실제로 얼마나 많은 데이터를 받았습니까? (MB)	수신 비용 (수신자의 관리 비용, %)	얼마나 걸립니까? (s)	유효 파일 전송 속도 (Mbps)	관찰된 네트워크 활용도 (수신자별) (%)	네트워크 효율성 (유효 활용도, %)
45	0	0	953.7	953.7	953.7	0.0%	953.7	0.0%	185.4	43.1	98.5	95.9%
45	100		953.7	963.2	963.3	1.0%	953.7	0.0%	187.8	42.6	97.1	94.6%
45	400	5	953.7	1001.4	1002.1	5.0%	954.3	0.1%	197.0	40.6	92.1	90.3%
45	800	5	953.7	1001.4	1003.5	5.1%	955.2	0.2%	197.0	40.6	91.6	90.3%
100	100		953.7	963.2	963.3	1.0%	953.8	0.0%	85.0	94.1	96.3	94.1%
100	200	5	953.7	1001.4	1002.4	5.0%	954.5	0.1%	88.9	90.0	91.9	90.0%
300	100		953.7	963.2	964.0	1.0%	954.4	0.1%	29.3	273.4	92.6	91.1%
300	200		953.7	963.2	964.7	1.0%	955.1	0.1%	29.2	274.3	91.9	91.4%
500	200		9536.7	9632.1	9635.0	1.0%	9539.0	0.0%	181.6	440.6	90.6	88.1%
500	200	5	9536.7	10013.6	10018.5	5.0%	9541.2	0.0%	186.9	428.0	88.0	85.6%

표 2 : 일반 WAN 상의 Aspera FASP 파일 전송 - 에 가까운 대역폭 비용 및 빠른 전송 속도

UDT 파일 전송 성능의 직접적인 결과는 **표 1**에 나타나 있으며 이는 유용한 데이터가 네트워크를 전혀 거치지 않았거나 네트워크 효율성 비용으로 완료했음을 나타내고 (**표 1**의 8번째 열), 열악한 성능을 악화시킬뿐만 아니라 대역폭의 포화 상태로 인해 다른 네트워크 트래픽에 대한 서비스 거부를 일으킬 수도 있습니다. 일부 UDT 및 TCP 솔루션으로 채택된 보다 높은 발신 속도 및 네트워크 활용도에 대한 병렬 전송 생성으로 대역폭 낭비를 악화시키고 고객이 조금하게 더 많은 대역폭에 투자하는 데 집중하게 한다는 점에 유의하십시오. 결과적으로 발생하는 네트워크 활용도 및 데이터 처리량의 향상은 미약하지만 결과 비용(그림 8)은 대폭 증가합니다. 재전송은 2 개의 UDT 세션으로 40% 증가하였습니다.

동일한 사례(표 사에서, UDT는 13GB - 15GB 데이터를 네트워크로 버리고 1GB 미만 파일을 성공적으로 전송합니다. 병렬 TCP 또는 UDT 전송을 사용하는 솔루션은 그림 8에 나타난 성능과 유사하거나 심지어 더 열악한 성능을 보유하고 있습니다.

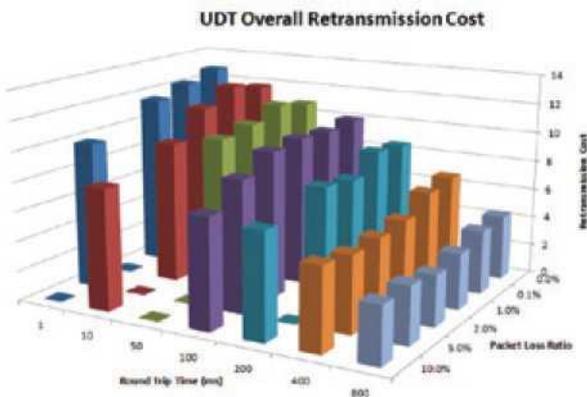


그림 8: 병렬 UDT 스트림의 대역폭 비용. 그래프는 여러 RTT 하에서 단일 1GB 파일 전송에 대한 2개의 병렬 UDT 세션의 재전송 비용과 T3 링크에서의 패킷 손실률을 보여줍니다. 전송 비용이라 언급된 각 막대의 높이는 1GB 를 전송했을 때 기가바이트 단위의 재전송 용량을 나타냅니다. 높이가 *n 막대는 발신자와 수신자 사이의 연결 수립이 실패했다는 것을 나타내며, 이는 UDT 에서 RTT 또는 패킷 손실률이 클 때 흔한 현상입니다. 거의 14GB(14x) 인 파일 크기가 프로세스 중 재전송되는 셈입니다.

Aspera FASP 솔루션

Aspera FASP는 바이트 스트림 계층을 요청하지 않고 의존성과 속도 통계를 완전히 분리하는 애플리케이션을 위한 안정적인 전송을 제공함으로써 TCP 가 남긴 갭을 채워 줍니다. Aspera mSP 는 전송 계층의 표준 UDP 를 사용하며, 채널 상에서 실제 패킷 손실을 정밀하게 재전송하는, 이론적으로 최적의 접근법을 통해, 애플리케이션 계층에서 정체와 의존성 통계의 분리를 달성합니다. 속도 통계와 의존성의 분리로 인해 새로운 패킷은 TCP 기반 바이트 스트리밍 애플리케이션에서처럼 손실된 패킷의 재전송을 위해 속도가 저하될 필요가 없습니다. 전송 시 손실된 데이터는 0의 수신 비용에 0의 중복 재전송으로 엔드 투 엔드 경로 내부의 이용 가능 대역폭과 일치하는 속도 또는 구성된 목표 속도로 재전송됩니다.

0에 가까운 발신 비용 덕분에 지연 기반 속도 통제 메커니즘을 통해 경로 내 이용 가능 대역폭을 발견합니다. 특히, FASP 변용 속도 통계는 네트워크에서 소규모의 안정적인 “대기열”을 유지한다는 목표 아래 네트워크(또는 디스크 기반) 정체의 기본 징후로서 측정된 대기열 지연을 사용합니다. 전송 속도는 측정된 대기열이 목표 미만으로 하락하면 상승 조정되며 (일부 대역폭이 미사용되고 전송 속도가 증가해야 함을 나타냄),

대기열이 목표 이상으로 증가하면 하락 조정됩니다(대역폭을 완전히 활용하고 정체가 두드러짐을 나타냅니다). 정기적으로 검색 패킷을 네트워크로 보냄으로써 FASP 는 전송 경로와 더불어 보다 정확하고 시기적절한 대기열 지연 측정이 가능합니다. 대기열 지연의 증가를 감지할 때, FASP 세션은 목표 대기열과 현재 대기열 간의 차이점에 비례하는 전송 속도를 감소시키며, 따라서 네트워크의 과도한 구동을 방지합니다. 네트워크 정체가 안정화되었을 때, FASP 세션은 목표 대기열 비율에 따라 빠르게 증가하고 이용 가능 네트워크 용량을 거의 100% 다시 활용합니다.

TCP의 속도 통계와 달리 FASP 변용 속도 통계에는 일부 중요한 이점이 있습니다. 우선, 네트워크 대기열 지연을 기본 정체 신호로 그리고 패킷 손실률을 보조 신호로 사용하여, 네트워크 정체의 정밀한 예측을 가능하게 하며 매체로 인한 패킷 손실로 인해 네트워크 상에서 인위적으로 속도가 저하되지 않습니다. 두 번째, 내장형의 빠른 반응 메커니즘으로 고속 파일 전송을 허용해 수많은 동시 전송이 있을 때 안정적이고 높은 처리량을 가능하게 하기 위해 자동으로 속도를 저하시키지만, 보다 효율적인 제공 시간을 위해 미사용된 대역폭을 완전히 효율적으로 자동 증가시킵니다. 세 번째, 고급 피드백 통제 메커니즘은 FASP 세션 속도를 보다 빠르게 대기화 비트의 목표량을 정체한 라우터의 버퍼로 주입하는 안정적인 평형 비율로 통합합니다. 안정적인 전송 속도 및 대기화 지연으로 QoS 하드웨어 또는 소프트웨어에 대한 추가 투자 없이 최종 사용자에게 QoS 경험을 제공합니다. 데이터의 제공 시간이 예측 가능하게 되고 데이터 이동이 동일한 네트워크를 공유하는 다른 애플리케이션에 투명해집니다. 네 번째, NACK 기반 UDP 블래스터와 달리 대역폭의 전체 활용도는 네트워크에 대한 비용을 거의 추가하지 않으며 네트워크 효율성을 100%로 유지합니다.

Aspera FASP Throughput (Mbps)

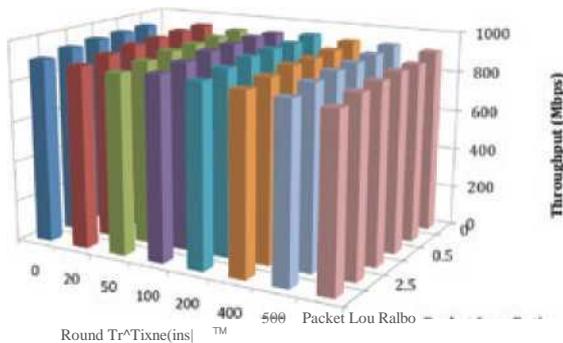


그림 9막대 그래프는 FASP 혁신 전송 기술을 사용하는 파일 전송 기술을 위한 1 Gbps 링크 상의 다양한 패킷 손실과 네트워크 대기 시간 조건에서 달성된 처리량을 나타냅니다. 대역폭 효율성은 네트워크 지연과 패킷 손실로 저하되지 않습니다.

이용 가능 대역폭을 효율적으로 활용하는 것과 더불어 FASP 변용 속도 통제의 지연 기반 속성으로 애플리케이션은 전송 서비스의 우선 순위지정을 구축할 수 있습니다. 네트워크 대기열에 대한 기본 반응은 가상 "취급"을 제공해 개별 전송을 우선 순위 지정/우선 순위 지정 취소하여 동시 FASP 전송에 대한 차별화된 대역폭 우선 순위 제공 등 애플리케이션 목표를 충족하도록 도움을 줍니다.

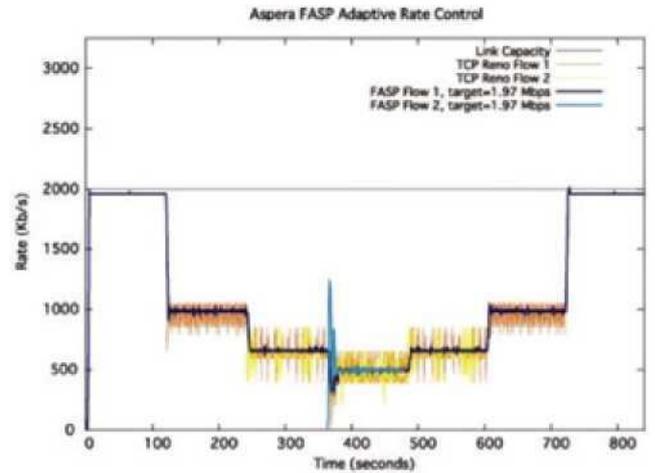


그림 10 : FASP는 링크 용량을 FASP 및 표준 TCP 트래픽과 공유하고 프로토콜 간 그리고 프로토콜 내 적정성을 달성합니다.

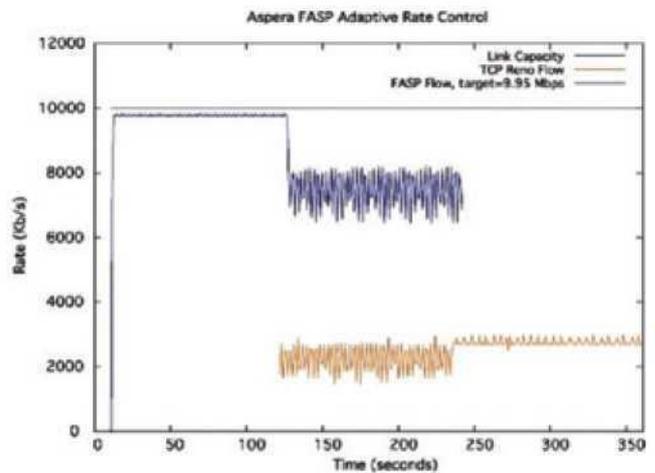


그림 11 : FASP는 TCP가 네트워크 조건으로 제한되었을 때 이용 가능 대역폭을 사용하며, FASP 흐름 간에 그리고 다른 (TCP) 트래픽을 활용한 완전한 적정성을 달성합니다.

네트워크 전송 시의 인위적인 병목 현상을 제거하고 최종 사용자에게 풀 링크 대역폭을 해소시켜 줌으로써, FASP 전송은 때로는 디스크 IO, 파일 시스템, CPU 일정 수립 등에서 새로이 출현하는 병목 현상 지점을 드러내며, 이는 특히 멀티기가비트 네트워크에서의 풀 라인 속도로 전송 속도가 추진될 때 새로운 장애가 필수 불가결하게 생성됩니다. FASP 변용 속도 통계를 확장해 디스크 흐름 제어를 포함하고 상대적으로 느린 스토리지 경로로 작성되는 빠른 파일 전송 시 데이터 손실을 방지합니다. 디스크 버퍼에 대한 유사한 지연 기반 모델(특히 출원 중)이 개발되었습니다. 네트워크와 디스크 역학에서의 다른 시간 범위로 인해 2지점 범위 설계를 채택해 대역폭 및 디스크 속도 변화를 수용합니다. 세밀화된 빠른 시간 범위의 로컬 피드백 메커니즘은 예시로서 운영 체제 예약으로 인해 정기적인 디스크 속도 저하를 수용합니다. 반면에 조잡하고, 느린 시간 범위에서 통합 딜레이 기반 정체 방지를 대역폭 제어 및 디스크 제어를 위해 구현하며, FASP 전송이 동시에 이용 가능 네트워크 대역폭은 물론 디스크 속도에 적응할 수 있게 합니다.

파일 시스템 병목 현상은 다양한 측면으로 분명히 드러납니다. 수많은 고객이 동일한 크기의 단일 파일을 전송할 때에 비해 소규모 파일 세트를 전송할 때 속도가 대폭 감소한다는 점을 경험했습니다. 새로운 파일 효율화 기술을 사용하는 FASP는 파일 시스템으로 인해 발생하는 인위적인 병목 현상을 제거하고 대규모의 소규모 파일들을 전송하기 위한 동일한 이상적인 효율성을 달성합니다. 예를 들어, 1,000개의 2 MB 파일들을 155 Mbps의 유효 전송 속도로 미국에서 뉴질랜드까지 전송할 수 있으며, 전체 OC-3을 충족합니다.

결과적으로 FASP는 FTP와 UDP 등 TCP 또는 UDP 기반 파일 전송 기술의 근본적인 병목 현상을 제거하고, 공용 및 사설 IP 네트워크 상에서의 전송을 대폭 증가시킵니다. FASP는 불안정한 정체와 제어 알고리즘, 패킷 손실(물리적 미디어, 교차 트래픽 버스트 또는 번잡한 프로토콜 자체) 그리고 안정성과 혼잡 제어의 연결로 인한 인위적인 병목 현상을 제거합니다. 또한, FASP 혁신은 디스크 IO, 파일 시스템, CPU 일정 수립 등에서 발생한 병목 현상을 제거하며, 최장, 최고속의 WAN(Wide Area Network)에서도 풀 라인 속도를 달성합니다. 상용 네트워크 상의 거리에서 대규모의 파일 기반 데이터를 전송할 시 TCP로 인해 남은 증가하는 격차를 매꾸는 차세대 고성능 전송 프로토콜이 그 결과라고 믿으며, 매일 전 세계에서 대규모의 디지털 데이터를 이동할 수 있게 됩니다.

IBM 기업 Aspera의 소개

IBM 회사인 Aspera는 전 세계의 데이터를 파일 크기, 전송 거리 및 네트워크 상태에 상관 없이 최대 속도로 이동시키는 차세대 전송 기술의 선구자입니다. 특허를 받은, Emmy® 어워드 수상 경력에 빛나는 FASP® Aspera 소프트웨어는 프로토콜을 기반으로, 가장 빠르고 최고의 예측 가능한 파일 전송 경험을 제공하기 위해 기존 인프라를 충분히 활용합니다. Aspera의 핵심 기술은 유레가 없는 대역폭 통제력, 완벽한 보안성, 그리고 타협 없는 안정성을 제공합니다. 6개 대륙의 다양한 업계의 조직들이 디지털 자산의 비즈니스 핵심 전송에 대해 Aspera 소프트웨어에 의존하고 있습니다.

더 자세한 정보

IBM Aspera 솔루션에 대한 자세한 정보에 대해서는 Kn.kim@knpeople.com 으로 문의

Homepage
www.knpeople.com

with K&People Company