

## 2D와 3D에 기반한 MMORPG 트래픽간의 특성 비교

김재철\* · 권태경\*\* · 최양희\*\*

### A Comparison of 2D and 3D MMORPG's Traffic

Jaecheol Kim\* · Taekyoung Kwon\* · Yanghee Choi\*\*

#### ■ Abstract ■

This paper measures and compares the traffic of a series of Massively Multi-player On-line Role Playing Game (MMORPG). The purpose of this analysis is to characterize the MMORPG traffic and compare the traffic characteristics of those games caused by the game structure difference between 2D and 3D environment. The target game is 'Lineage I' and 'Lineage II' which represent world's largest MMORPGs in terms of the number of concurrent users. We collect about 280 giga bytes and 1 tera bytes of packet headers, respectively. We compare packet size, packet inter-arrival time and bandwidth usage of these two games. The MMORPG traffic consists of two kinds of packets : client-generated upstream packets and server-generated downstream packets. We observe that the upstream packet size of payload has grown from 9 bytes to 19 bytes, while the average payload size of downstream packets has grown from 37 bytes to 318 bytes. This asymmetry of growing rate is caused by 3D game structure. Packet inter-arrival time becomes shorter from average 2 milliseconds to 58 microseconds. Bandwidth consumption per client has grown from 4 kbps to 20 kbps. We find that there is a linear relationship between the number of users and the bandwidth usage in both cases.

Keyword : MMORPG, Traffic Measurement, 2D and 3D

## 1. 서론

인터넷이 성숙되어 감에 따라, 온라인게임은 사업적 측면에서 큰 성공을 거두고 있다[7]. 이에 따라, 게임산업의 무게중심이 독립형 PC게임에서 MMOG(Massively Multiplayer Online Game)나, FPS(First Person Shooting) 같은 온라인게임으로 상당히 이동하였다. [6]에 따르면, MMOG는 다음과 같은 몇 가지의 세부 장르로 분류될 수 있다.

- MMORPG : massively multiplayer online role playing game
- MMOFPS : massively multiplayer online first person shooters
- MMORTS : massively multiplayer online real-time strategy games
- MMOTBG : massively multiplayer online turn-based games

위의 세부 장르중에서도 MMORPG는 WOW(World of Warcraft), Lineage 등으로 대표되듯이 상업적으로 가장 성공한 장르이다. 그것은 구조화된 시나리오와 동맹, 커뮤니티, 영토, 전쟁, 상행위 등의 실제 인간사회를 반영한 프레임웍에 기인하는 바가 크다. 이들 게임은 전세계적으로 사용자를 확보하고 있을 뿐만 아니라, 온라인게임이 인터넷 트래픽에서 차지하는 비율을 점점 높여가는 기폭제가 되었다. 결과적으로 트래픽량, 동시 사용자수, 그리고 시장매출 등의 면에서 MMORPG는 가장 주목할 만한 결과를 내고 있다. 특히, MMORPG는 전세계적으로 걸쳐 분포된 많은 사용자 때문에 대역폭을 점차로 많이 차지하게 되고 있다.

위에서 살펴본 것과 같은 이유로, 인터넷 트래픽 측정과 분석의 관점에서 보면 MMORPG는 흥미로운 대상이 된다. 이 논문에서는 'Lineage'와 'Lineage II'를 MMORPG 트래픽의 측정 및 비교의 대상으로 선택하였다. 'Lineage'는 2D 그래픽 환경위에 구축된 1세대 MMORPG의 전형인 반면, 'Lineage II'는 3D 그래픽 환경에서 구축된 2세대 MMORPG라고 할 수 있다. 'Lineage II'는 'Lineage'를 승계

하는 성격을 가지기 때문에 기존의 체계위에 더 정교하게 발전된 정치, 경제 시스템을 갖추었고, 더욱 직관적인 사용자 인터페이스를 가지고 있다.

여기서부터는 'Lineage II'와의 비교의 편의성을 위해 'Lineage'를 'Lineage I'이라고 부르기로 한다. 한국의 경우 'Lineage I'과 'Lineage II'에 접속한 동시 사용자수가 각각 300,000과 150,000을 초과하였다. 트래픽 측정 대상 게임인 'Lineage I'과 'Lineage II'는 트래픽 측정 당시 각각 40대의 서버와 33대의 서버에 의해 운영되고 있었다.

본 연구에서 'Lineage I' 트래픽은 8일 동안 측정되었으며, 'Lineage II'는 주말을 포함해 4일간 측정되었다. 수집된 데이터(패킷헤더)는 각각 280기가바이트와 1 테라바이트이다. 'Lineage I'의 측정시기는 'Lineage II'에 비해 2년 정도 빠르는데, 그 시기가 'Lineage I'이 가장 많은 동시사용자에게 서비스하던 시기이다[1].

트래픽 측정을 통해, 각각의 'Lineage I'서버가 사용하는 대역폭은 2Mbps에서부터 3Mbps까지 분포되며, 'Lineage II'의 경우는 20Mbps에서부터 140Mbps까지 분포하는 것을 발견할 수 있었다.

점증하는 MMORPG의 인기와 트래픽량을 고려할 때, 본 연구에서 제시하는 2D 기반과 3D 기반의 MMORPG 트래픽의 특성비교는 네트워크 서비스 제공자(ISP) 뿐만 아니라, 게임 개발자와 게임서버 운영자 등에게 모두 의미있는 정보를 제공할 것이다.

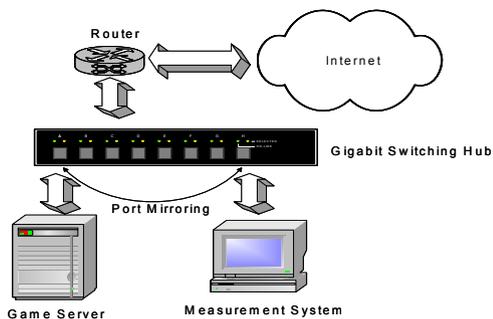
현재까지 MMORPG 트래픽을 측정하고 분석한 논문은 일부 있었지만, 2D와 3D 기반의 MMORPG, 특히 동일회사의 유사 프레임웍을 기반으로 한 MMORPG의 특성을 비교분석한 것은 본 연구가 최초이다[3, 8-9].

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 트래픽 측정 방법과 환경을 제시하고 제 3장에서는 전체 수집된 데이터를 기반으로 한 분석을 제공하며, 제 4장에서는 세션별 특성을 비교 분석하였다. 제 5장은 토의내용을 그리고 제 6장에서는 결론을 제시하는 것으로 논문을 마감한다.

## 2. 측정방법과 환경

트래픽 측정을 위해 측정 대상 서버가 연결된 링크에 측정시스템을 동시에 연결하였다. 측정시스템은 리눅스기반의 PC로, 'tcpdump'를 측정 소프트웨어로 탑재하였는데, 각 패킷의 타임스탬프, IP 주소, 포트번호, 페이로드 사이즈, TCP 플래그 등을 수집하여 저장한다. 'Tcpdump'는 'Libpcap (Protocol Capture Library)'위에서 동작하며 본 측정시스템의 타임스탬프의 단위는 마이크로세컨드이다[2, 4].

[그림 1]은 측정시스템의 설치를 보여주고 있는데, 스위칭허브의 포트미러링(port mirroring) 기능을 활용하였다.



[그림 1] 측정시스템 구성도

측정시스템과 게임서버를 포함하여 모든 시스템들은 기가비트 이더넷 인터페이스를 장착하고 있으며 이를 통해 스위칭허브에 접속되어 있다.

두 게임 모두 측정시스템은 리눅스기반의 시스템이다. 'Lineage I'의 측정시스템은 512MB RAM과 Intel P4(2.4Ghz 클럭속도) CPU를 장착하였다. 'Lineage II'의 경우에는 2GB RAM과 Intel의 듀얼 Xeon(2.4Ghz 클럭속도) CPU를 장착했고 스토리지는 RAID 구조의 1.2TB를 장착하였다.

## 3. 집합적 트래픽(Aggregate Traffic) 분석

본 논문에서는 측정된 트래픽을 두 가지 측면에

서 분석한다. 첫째는 집합적 트래픽 기반의 분석이고 둘째는 세션별 특성을 반영한 분석이다. 여기서 세션이라고 함은 클라이언트와 서버사이의 응용계층의 연결을 의미한다. 서버의 IP주소와 포트번호는 주어지 있으므로 본 측정에서는 클라이언트의 IP주소와 포트번호를 사용하여 세션을 식별하였다.

### 3.1 개관

<표 1>에 패킷 숫자들의 집합적 통계가 나타나 있다. 각 게임당 약 35억 개와 127억 개의 패킷을 수집하였는데, 그 중에 20억 개와 77억 개의 패킷이 데이터 패킷이었다. 나머지는 ACK, SYN 그리고 FIN 등 TCP의 세션 제어용 패킷이다. 상향 스트림(클라이언트가 생성한)의 경우는 각각 25.8퍼센트와 22.9퍼센트가 데이터 패킷이었다. 반면 하향 스트림(서버가 생성)의 경우는 95.2퍼센트와 97.6 퍼센트가 데이터 패킷이었다.

<표 1> 측정 데이터 개관

	Lineage I	Lineage II
측정기간	199시간 42분 (약 8일)	92시간 22분 (약 4일)
수집데이터의 크기	281GB	1TB
서버당 동시 사용자수	181~1184	880~5160
전체 패킷의 숫자	3,500,532,933	12,723,507,137
상향 패킷의 전체 숫자	1,860,209,597	6,288,990,481
상향 데이터 패킷의 숫자	480,853,113	1,443,289,225
하향 패킷의 전체 숫자	1,640,323,336	6,434,516,656
하향 데이터 패킷의 숫자	1,562,883,785	6,280,005,461

상향 스트림의 경우, 각 클라이언트는 자신이 보낼 데이터가 없더라도 동일한 게임 영역에 있는 다른 클라이언트의 움직임에 따라 서버가 전송해주는 모든 데이터에 대해서 ACK을 생성해야 하기 때문에 데이터 패킷의 백분율이 낮다.

하향 스트림의 경우는 동일 디스플레이 영역에 있는 여러 사용자들의 행위들을 일정시간 동안 모아

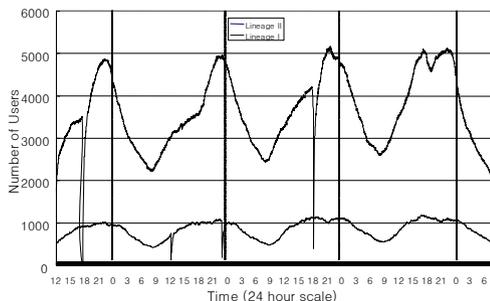
서 보내기 때문에 거의 항상 보낼 데이터가 있고, ACK의 경우도 데이터 패킷에 피기백킹(piggy-backing) 할 수 있기 때문에 대부분이 데이터 패킷이 된다.

동시 사용자들의 숫자 변화도 추적하였는데, 각 사용자는 IP 주소와 포트번호의 쌍으로 식별하였다. 'Lineage I'의 경우는 측정 당시 40개의 서버에 의해 운영되고 있었고, 'Lineage II'의 경우는 33개의 서버에 의해 운영되었다. 서버당 사용자는 거의 균일하게 분포되어 있었기 때문에 전체 사용자는 단순 곱셈으로 구할 수 있다.

[그림 2]는 목요일 낮 12시에서부터 월요일 아침 8시까지 'Lineage I'과 'Lineage II' 측정서버의 동시 접속자 숫자의 변화추이를 보여주고 있다. 두 게임의 측정 시기는 약 2년의 시차를 두고 있으나, 사용자 분포의 추이는 비슷함을 볼 수 있다.

'Lineage I'의 경우 동시 사용자 숫자는 181명에서 1184명 사이이며, 'Lineage II'의 동시 사용자 숫자는 880명에서 5,160명 사이에 분포한다. 따라서 'Lineage II'의 전체 동시 사용자 숫자는 26,400명에서 154,800명 사이가 된다.

그래프에서 사용자 숫자가 0에 가깝게 떨어진 시간은 시스템 혹은 네트워크 장애에 의한 것으로 판단된다.



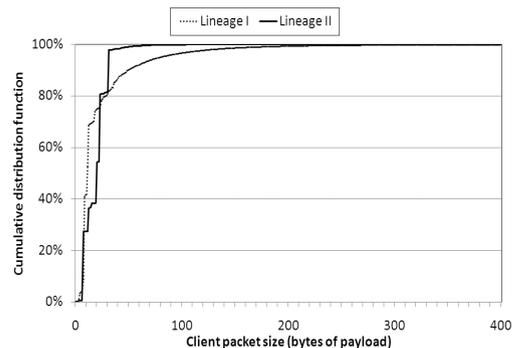
[그림 2] 측정서버에 동시 접속한 사용자수의 변화추이

### 3.2 패킷 크기

이 분석에서는 ACK, SYN, FIN 등의 제어 패킷

은 제외하였다. 여기서 패킷 크기라고 함은 TCP/IP 헤더를 제외한 순수한 페이로드 데이터 부분만을 의미한다. 'Lineage I'의 평균 상향 스트림 패킷의 크기가 9.03바이트였는데 비해[2] 'Lineage II'의 경우는 19.06바이트로 두 배 이상 커졌다. 이것은 'Lineage II'가 가진 3D 특성에 의한 것으로 'Lineage I'의 2D 특성에 비해 전송되어야 하는 데이터의 양이 많아진 것을 의미한다. 그럼에도 불구하고, 각 클라이언트들이 생성하는 상향 스트림의 평균 크기인 19.06바이트는 여전히 그 크기가 상대적으로 작다고 할 수 있다.

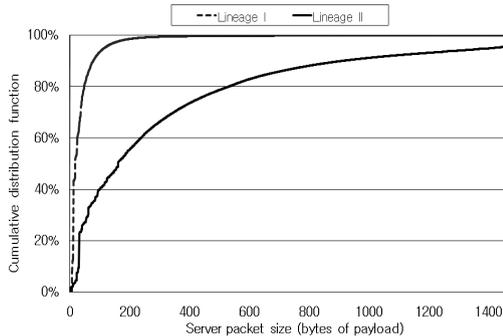
[그림 3]은 상향 스트림 패킷 크기의 CDF(Cumulative Distribution Function)를 보여준다. 그림에서 보듯이 대부분의 상향 스트림 패킷의 크기는 수십바이트 미만이다. 'Lineage II'의 경우, 50퍼센트의 패킷이 20바이트 미만이며 99퍼센트 패킷이 50바이트 미만이다. 한 가지 특이한 점은 80퍼센트를 넘어서면 'Lineage I'의 패킷 크기가 'Lineage II'보다 커진다는 점이다. 이것은 두 게임의 구조적 특성 차이에 기인한다. 즉, 2D 기반의 'Lineage I'의 경우, 일정시간 데이터를 모아서 보내는 컨트롤 패킷들이 'Lineage II'에 비해 많다는 것이다. 즉, 3D인 'Lineage II'의 경우는 즉시응답성(Interactiveness)이 2D 기반의 'Lineage I'에 비해 더 많이 요구됨을 알 수 있다.



[그림 3] 상향스트림 패킷크기 분포(CDF)

[그림 4]에서 보듯이, 하향 스트림의 패킷크기

분포는 상당히 다른 곡선을 보여준다. 기본적으로 패킷의 평균 크기가 상향 스트림에 비해 'Lineage I'의 경우는 36.74바이트로 4배 가량 크고, 'Lineage II'의 경우는 318.39바이트로 15배 가량 크다.



[그림 4] 하향스트림 패킷크기 분포(CDF)

'Lineage I'과 'Lineage II'의 상향 스트림 패킷 크기 차이가 2배였는데 반해, 하향 스트림의 경우는 거의 8배 이상 차이가 나는 점이 특이하다. 이것도 역시 2D와 3D의 게임구조의 차이에 기인한다. 즉 3D 구조인 'Lineage II'의 경우는 더 많은 개인 아이템, 텍스처(게임 캐릭터가 입는 옷), 그리고 사용자의 초기 상태를 저장해 두는 로그인 데이터를 가지게 된다. 더욱이, 3D의 경우에는 각 사용자의 행위를 표현하는 변수 자체가 많아졌고, 이에 따른 환경 변수 및 상호작용에 의한 데이터의 량도 급격하게 증가하게 된다. 동일 디스플레이 영역에 있는 다중 사용자들의 모든 동작과 행위를 반영하는 데이터를 이들 다중 사용자들에게 동시에 보내어야 하기 때문에 하향 스트림의 크기가 비대칭적으로 커지게 되는 것이다.

특히 [그림 4]에서 'Lineage II'의 경우는 MTU (Maximum Transfer Unit) 사이즈인 1460바이트의 크기의 패킷이 5퍼센트 내외로 무시할 수 없는 랑임을 알 수 있다. 이들 MTU 크기의 패킷은 TCP/IP 소켓 인터페이스에서 발생하는 세그멘테이션의 결과이다. 왜냐하면 이들 5%의 하향 스트림 패킷은 하나의 패킷안에 수용할 수 없을 크기의 응용

데이터를 가지고 있기 때문이다.

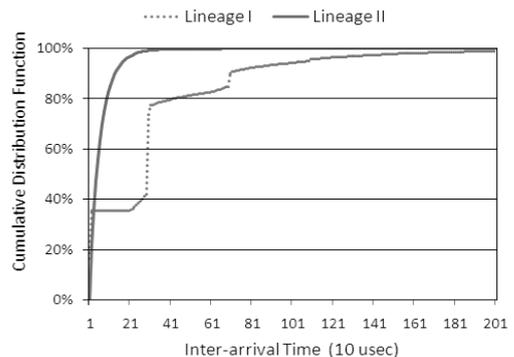
'Lineage II'의 하향 스트림 패킷 크기 분포(CDF)는 명확한 헤비테일(heavy tail)의 특성을 보여주고 있는 점 또한 그 특징이라고 할 수 있다.

### 3.3 패킷 도착간 시간(Inter-arrival Time)

패킷의 도착간 시간(Inter-arrival Time) 분포도 곡선은 [그림 5]에 나타나 있다. 일반적으로 도착간 시간은 동시 사용자의 숫자에 의존적이다.

그림에서 보는 바와 같이 패킷 도착간 시간은 'Lineage II'의 경우가 현격하게 짧다. 이것은 'Lineage II' 측정 대상 서버의 동시 접속자 숫자가 훨씬 많기 때문이다.

'Lineage I'의 경우, 패킷 도착간 시간의 평균값은 386usec이며, 'Lineage II'의 경우는 58usec이다. 'Lineage II'가 약 7배 정도 더 짧은 간격을 보이는데, 이것은 사용자 숫자의 비율(약 5배)을 고려할 때에도 'Lineage II'가 단일 사용자에 대해서 더 많은 패킷을 발생시키고 있음을 의미한다.



[그림 5] 패킷 도착간 시간분포(CDF)

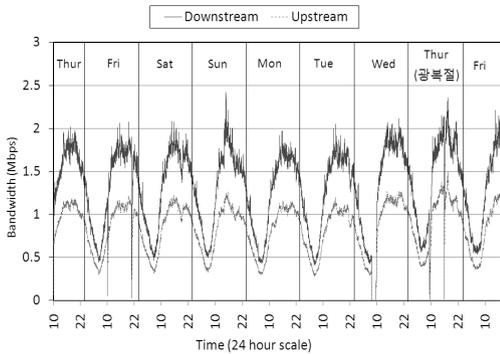
[그림 5]에서 'Lineage I'의 경우는 99퍼센트의 패킷이 1.7msec 안에 도착한 반면, 'Lineage II'의 경우는 이보다 훨씬 짧은 0.25msec 안에 도착하였다.

이처럼 'Lineage II'의 패킷 도착간 시간이 짧은 것은 사용자 숫자의 차이 외에도 3D게임 구조에 기인하는 바가 크다. 예를 들어, 'Lineage I'의 경

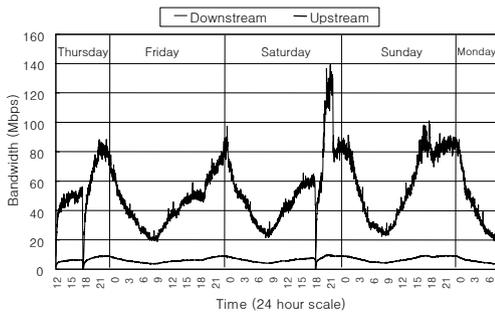
우는 캐릭터의 위치는 2차원 X-Y 좌표로 표현되지만, 'Lineage II'에서는 3차원 좌표를 사용해야 하고, 캐릭터를 둘러싼 환경 또한 3차원의 뷰포인트(viewpoint)를 제공해야 한다. 따라서 'Lineage II'에서는 사용자 캐릭터의 단순 움직임만으로도 사용자의 위치, 환경 아이템, 3D 뷰포인트, 각도 등등의 다중의 정보를 전송하는 패킷들을 더 자주 발생시키게 되는 것이다.

### 3.4 대역폭(Bandwidth)

측정기간 동안의 'Lineage I'과 'Lineage II'의 대역폭의 변화추이를 [그림 6]과 [그림 7]이 각각 보여주고 있다.



[그림 6] Lineage I의 대역폭 변화 추이



[그림 7] Lineage II의 대역폭 변화 추이

두 그림 모두에서 24시간 단위로 강한 주기성을 보여주고 있다. 평일보다는 주말, 혹은 공휴일에 대

역폭의 최대값이 분포되어 있는 점도 공통적이다.

여기서, 'Lineage I'과 'Lineage II'의 절대적인 대역폭의 차이는 크게 비교의 의미가 없다. 왜냐하면 접속자의 숫자와 패킷의 평균 크기에서 큰 차이가 있기 때문이다.

두 게임의 대역폭의 그래프에서 특이한 점은 'Lineage I'의 경우 상향 스트림과 하향 스트림의 대역폭의 차이가 대략 2배 정도인데 반해, 'Lineage II'의 경우 그 차이가 8배에서 심한 경우 10배 이상의 차이를 보인다는 것이다. 이처럼 2D에서 3D로 전환하면서 하향 스트림과 상향 스트림 사이에 대역폭의 비대칭적인 증가가 이뤄진 것 또한 3D 게임의 특성에 기반한다고 판단된다. 즉, 3D 게임 서버의 경우에는 2D에 비해서 더 많고 복잡한 데이터를 전송하여야 하는 것이다.

이 같은 상향 스트림과 하향 스트림의 비대칭적인 대역폭의 증가는 향후, 3D 게임에 공통적으로 나타나는 특징이 될 것으로 보이므로, ISP들은 게임서버를 위한 네트워크 증설시 이 특징을 이용할 수 있는 방안을 강구하면 더 효율적인 증설을 할 수 있을 것이다.

### 3.5 사용자수와 대역폭의 관계

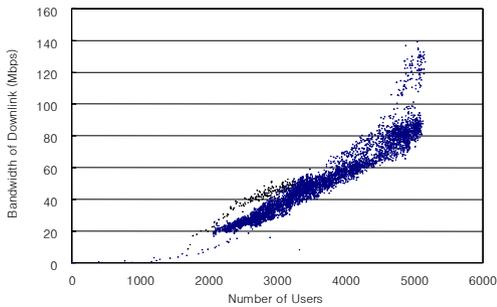
동시 접속 중인 사용자의 숫자와 대역폭간의 관계를 [그림 8]과 [그림 9]에서 보여주고 있다. 'Lineage I'과 'Lineage II' 모두 기본적으로는 사용자수와 대역폭간의 상관계수가 0.95에서 0.99사이로 강력한 선형비례의 특징을 보여주었다. 따라서 그림에서는 'Lineage I'의 그래프는 생략하고 'Lineage II'의 경우만 나타내었다.

두 그림에서 비교되는 특징은 하향 스트림의 경우, 동시 접속자수가 5000명에 근접했을 때, 선형에서 벗어난 이상 분포가 상당히 나타난다는 점이다.

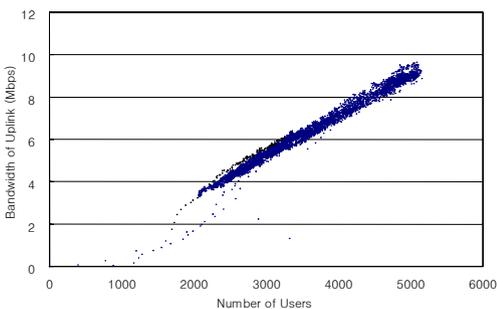
이들 이상 분포는 패킷 세그멘테이션에 의한 것으로 분석되었는데, 그것은 동시 접속자수가 5000명 가까이 되면, 사용자들이 게임을 진행하는 각

영역(region)의 인구가 포화상태에 이르고, 이 때문에 서버가 보내는 패킷의 페이로드 데이터의 크기가 점점 커져서 MTU를 넘어서게 되기 때문이다. 이것은 패킷 세그멘테이션을 일으키게 되고, TCP/IP 헤더 오버헤드를 발생시키게 된다. 즉, 그림 8의 그래프에서 선형관계를 벗어난 이상분포의 대부분은 이같은 TCP/IP 헤더 오버헤드에 의한 것이다.

이같은 이상 현상은 'Lineage I'에서는 전혀 발견되지 않았다. 이 또한 3D 게임의 특징적인 면이라 할 수 있다.



[그림 8] 사용자수와 하향스트림 대역폭간의 관계

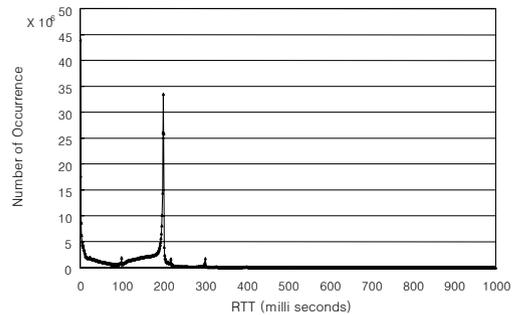


[그림 9] 사용자수와 상향스트림 대역폭간의 관계

### 3.6 RTT(Round Trip Time)

RTT는 서버가 보낸 패킷에 대한 ACK의 도착 시간을 관찰함으로써 구하게 된다. RTT는 게임 소프트웨어가 얼마나 즉시응답성(Interactivity)을 제공하는가 하는 점을 보여주게 된다.

RTT의 경우는 2D와 3D의 차이점을 발견할 수 없었다. 다만 RTT 분포상의 매우 특징적인 측면이 관찰되었는데 [그림 10]의 'Lineage II'의 RTT 분포가 그 특징을 보여주고 있다.



[그림 10] 'Lineage II'의 RTT 분포

그림에서 보는 바와 같이 0msec와 200msec 근처에 강한 피크 포인트(peak point)가 존재하며 90퍼센트의 RTT가 200msec 이하에 분포한다는 점이다.

이들 피크 포인트는 Windows 운영체제의 TCP/IP 스택에 구현되어 있는 TCP 지연 ACK 기법과 연관되어 있다. 'Lineage I'과 'Lineage II'는 모두 Windows 운영체제상에서 서비스되고 있기 때문에 당연히 지연 ACK 기법을 사용하고 있다[8].

그림에서 약 11퍼센트의 RTT들이 1msec보다 짧은 값을 보였고 약 15퍼센트는 200±1msec안의 범위에 있었다. Windows 운영체제의 기본 지연 ACK 값은 200msec인 점을 주목해야 한다. 즉, 정상적인 경우에는 서버가 전송한 뒤의 11퍼센트의 패킷들은 거의 즉시(1msec 안에) ACK이 돌아온다는 의미이다. 그러나 클라이언트가 ACK을 피기배킹(piggybacking) 하기 위한 데이터가 없을 경우에는, 지연 ACK 타이머가 종료될 때까지(200msec) 기다리게 된다.

적어도 현재까지는 MMORPG의 경우 실시간성이 강하게 요구되는 것이 아니기 때문에 200msec의 RTT가 별로 문제가 되지 않는다는. 그러나 향후, MMORPG에 실시간성이 더욱 요구되면서

MMORTS적인 특성이 반영될 경우에는 지연 ACK 을 해제(turn off)시키고 동작하는 방안이 요구될 것이다.

## 4. 세션별 트래픽(Per Session Traffic) 분석

앞에서 밝힌 바와 같이 여기서 세션이라고 하는 것은 개별 사용자가 게임에 접속하여 게임을 지속하는 동안의 연결을 지칭하는 말이다. 이 장에서의 분석은 각 사용자가 게임서버와 주고 받는 데이터의 특성을 살펴보게 된다. 클라이언트의 IP주소와 포트번호를 사용하여 세션을 식별하였다.

동일한 IP와 포트번호를 사용하고 있더라도 30분 이상 클라이언트 데이터 패킷이 발생하지 않는 경우는 세션이 끊어진 것으로 판단하였다. 실제적으로 본 연구에서는 패킷내부의 데이터는 전혀 관찰하지 않았고 헤더만을 수집하여 분석하였기 때문에 게임 접속 및 종료 등과 관련된 응용계층의 실제적인 동작은 확인할 수 없었다.

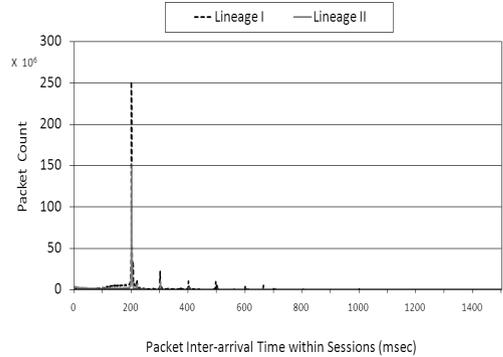
### 4.1 세션내에서의 패킷 도착간 시간(Packet Inter-arrival Time within Sessions)

앞의 제 3장에서 살펴본 패킷 도착간 시간은 서버에 도착하는 모든 패킷을 세션을 구분하지 않고 측정된 값이었다. 본 절에서 이야기하는 세션내에서의 패킷 도착간 시간이라는 것은 각각의 개별적인 세션들을 식별하고 그 세션들만을 분리하여 그 세션내에, 즉 각 사용자들이 발생시켜서 서버로 도착하는 패킷들의 도착간 시간을 분석한 것이다.

이것은 개별 사용자들의 행동양식을 이해하는데 중요한 데이터를 제공하게 된다.

다음의 그래프에서 세션내에서의 패킷 도착간 시간도 앞장에서의 RTT 분석과 마찬가지로 200 msec 주변에 높은 밀도를 보이면서 분포하고 있는 것을 보게 된다. 이 현상도 역시 Windows 운영체제위에서 구동되고 있는 클라이언트 컴퓨터가

TCP의 지연 ACK 기법을 사용하고 있기 때문이다.

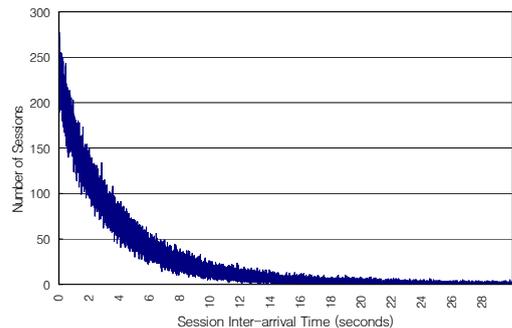


[그림 11] 세션내에서의 패킷 도착간 시간

패킷 숫자의 전체 분포에서 'Lineage I'이 더 크게 나타나는 것은 'Lineage II'의 경우, 너무 데이터가 많아 대표적인 몇 구간을 샘플링하여 분석하였기 때문이다.

'Lineage I'의 경우 평균값은 263.58msec이고, 'Lineage II'의 평균값은 182.24 msec 이다. 이것은 2D 기반인 'Lineage I'의 경우 각 사용자가 1초에 약 4개의 패킷을 전송하고 있고, 3D 기반의 'Lineage II'의 사용자는 1초당 약 5.5개의 패킷을 생성시키고 있음을 의미한다.

### 4.2 세션 도착간 시간(Session Inter-arrival Time)



[그림 12] 세션 도착간 시간

[그림 12]는 'Lineage II'의 세션 도착간 시간의

분포를 보여주고 있다. 평균값이 401.77msec로서, 초당 약 2.5개의 세션이 새롭게 열린다는 의미이다. 이것은 1시간에 약 9000명의 사용자가(중복 연결을 포함하여) 새롭게 게임서버에 접속한다는 의미이기도 하다. 이 특성은 2D와 3D 간의 차이보다는 게임의 인기도에만 의존하는 성격을 가진다.

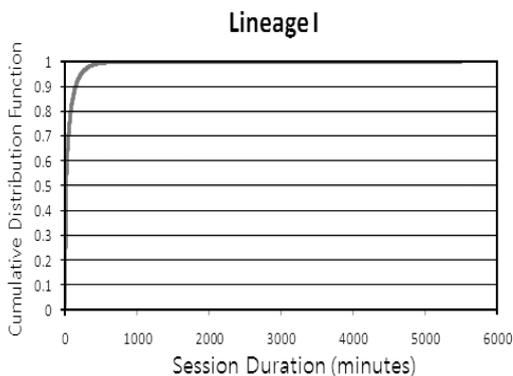
### 4.3 세션 지속시간

다음 [그림 13]와 [그림 14]은 'Lineage I'과 'Lineage II'의 세션 지속시간의 누적분포함수(CDF)를 각각 보여 주고 있다.

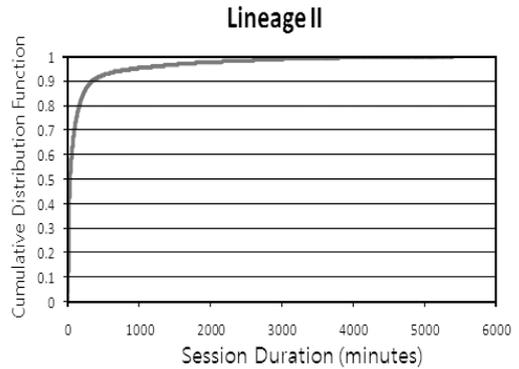
'Lineage I'의 경우는 50퍼센트의 세션이 11분 안에, 그리고 90퍼센트의 세션이 143분 안에 분포하였다. 'Lineage II'의 경우에는 50퍼센트의 세션이 25분 안에, 그리고 90퍼센트의 세션이 339분 안에 분포하였다.

기본적으로 'Lineage II'의 사용자가 'Lineage I'의 사용자보다 2배 이상의 기간 동안 세션을 지속하며 게임을 하는 것으로 분석되었다.

가장 오래 게임을 지속하는 1퍼센트의 사용자를 식별해 보면, 'Lineage I'는 441분을 지속하였고, 'Lineage II'는 3020분을 지속하였다. 이것은 50시간 이상, 즉 2일 이상을 게임을 지속하는 경우로, 사회적 측면에서 게임중독 방지를 위한 기법을 게임업체 측에서 제공할 필요가 있다는 의견을 제시해 본다.



[그림 13] Lineage I의 세션 지속시간



[그림 14] Lineage II의 세션 지속시간

## 5. 토 의

지금까지 살펴본 바와 같이, 2D 기반의 MMO RPG인 'Lineage I'에 비해서 3D 기반의 MMORPG인 'Lineage II'의 가장 특징적인 측면은 패킷 크기, 전체 패킷의 수 대비 데이터 패킷의 수의 비율, 대역폭의 사용추이 등의 측면에서 상향 스트림과 하향 스트림 트래픽간의 현격한 비대칭성이라고 할 수 있다.

<표 2> 비대칭성의 증가

		상향 스트림	하향 스트림
페이로드 패킷의 평균 크기 (Bytes)	Lineage I	9.03	36.74
	Lineage II	19.06	318.39
데이터 패킷의 비율 (%)	Lineage I	25.8	95.3
	Lineage II	22.9	97.6
최대 대역폭 (Mbps)	Lineage I	0.8	3.5
	Lineage II	9	140

<표 2>에는 위에 언급한 비대칭성의 증가가 요약되어 있다. MMORPG 게임 서버에 인터넷 서비스를 제공하는 ISP의 경우, 이 비대칭성의 특성을 활용하여 효율적인 자원 증설을 할 수 있다. 예를 들어, 상향 스트림과 하향 스트림간에 비대칭형의

대역폭을 할당하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다.

동시 접속 사용자수와 대역폭간에는 선형의 높은 상관관계가 존재함을 확인하였고, 특히 3D 게임의 경우는 게임서버당 접속자수가 포화상태에 가까워져 갈수록 패킷 세그멘테이션에 의한 대역폭의 이상 증가 현상이 관찰되었다.

향후, MMORPG 게임의 종류나 이를 이용할 사용자의 숫자가 지속적으로 증가할 것으로 예상되기 때문에 백본 네트워크와 액세스 네트워크는 본 연구에서 분석한 특성들을 고려하여 설계될 필요가 있을 것이다.

RTT와 세션내에서의 패킷 도착간 시간은 모두 TCP 지연 ACK 기법의 영향을 받고 있다. 현재 MMORPG의 즉시응답성 요구사항을 고려할 때, 200msec의 지연은 수용가능하다. 그러나 다음 세대의 MMORPG들의 경우 더 빠른 응답시간을 요구할 수도 있다. 이것은 더 짧은 RTT와 세션내에서의 패킷도착간 시간을 필요로 하게 된다. 따라서 TCP의 지연 ACK 기법에 수정이 필요할 수도 있다.

## 6. 결 론

인터넷상에서의 온라인 게임은 더욱 인기를 얻고 있고 이것은 인터넷 트래픽에서 게임 트래픽이 차지하는 비율이 빠른 속도로 증가하게 만들고 있다. 특히, MMORPG는 많은 숫자의 동시접속 사용자와 상향 스트림과 하향 스트림간의 비대칭성으로 특징지워질 수 있음을 발견하였다.

본 연구에서는 2D 기반의 MMORPG와 3D 기반의 MMORPG 각각에 있어서 전세계적으로 가장 성공적인 서비스를 제공하는 동시에, 측정 당시 가장 많은 동시 접속자 숫자를 기록하고 있던 'Lineage I'과 'Lineage II'를 대상으로 그 트래픽을 측정하고 분석하였다.

본 연구에서 측정한 트래픽 분석은 두 가지 측면에서 수행하였다. 첫째는 집합적 트래픽(aggregate traffic) 분석이었고 두 번째는 세션별 트래픽(per session traffic) 분석이었다.

집합적 트래픽 분석을 통해 2D에 비해 3D 기반의 MMORPG가 상향 트래픽과 하향 트래픽 사이에 비대칭성이 현격하게 증가하고 있음을 확인하였다. 이 비대칭성의 증가는 2가지 측면에서 고려되어야 할 필요가 있다. 게임 개발자들은 하향 스트림 데이터 패킷의 부하를 최적화하는 기법으로 게임서버를 설계함으로써 효율성을 높일 수 있다. ISP들은 하향 스트림을 위해 더 많은 대역폭을 공급하는 방식으로 네트워크 자원을 효율적으로 활용할 수가 있다.

동시접속 사용자의 숫자와 대역폭간에는 강한 선형관계가 있음을 보였다. 그러나 접속자의 숫자가 폭주하는 상황에서는 3D MMORPG의 경우, 하향 패킷에 세그멘테이션이 집중적으로 발생하게 되어, TCP/IP 헤더 오버헤드를 유발함을 발견하였다.

세션별 트래픽과 관련해서는, RTT와 세션내에서의 패킷 도착간 시간을 분석하였는데, 둘 모두 TCP 지연 ACK(200msec 지연)의 영향을 강하게 받고 있음을 확인하였다. 향후, 더 빠른 응답시간이 요구되는 MMORPG가 개발될 경우, 지연 ACK의 타이머값이 조정되어야 할 것이다.

세션의 지속시간은 2D에 비해 3D MMORPG에서 크게 늘어났을 뿐 아니라, 헤비 테일의 특성도 더 강하게 보여준다. 'Lineage II'의 경우, 심지어 80 시간을 쉬지 않고 게임한 사용자도 발견되었다. 이는 사회적인 문제를 유발할 수도 있으므로 게임 개발자들은 이 같은 중독을 방지하기 위한 고려도 할 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] Jaecheol Kim, Eunsil Hong, and Yanghee Choi, "Measurement and Analysis of a Massively Multiplayer Online Role Playing Game Traffic", Advanced Network Conference (Network Research Workshop), Busan, Korea, 2003.

- [2] Jacobson, V., C. Leres, and S. McCanne. "The pcap(3) Manual Page", Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA, 1997.
- [3] Johannes Farber, "Network Game Traffic Modelling", NetGames, 2002.
- [4] McCanne, S. and V. Jacobson, "The BSD packet filter : A new architecture for user-level packet capture", In Proceedings of the 1993 Winter USENIX Technical Conference, San Diego, CA, 1993, USENIX.
- [5] Tom Fout and Art Shelest, "Common Performance Issues in Network Applications", <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dnwxp/html/comperfnetappt1.asp>.
- [6] UnSub, "An Examination of Player Exit Motivations in Massively Multiplayer Online Games (MMOGs)", <http://www.theholder.org/research/mmogexit.htm>, 2004.
- [7] White Paper, "The Rise of Korean Games", Korea Game Development and Promotion Institute (KGDI), 2004, [http://www.gameinfinity.or.kr/en/sub2\\_1\\_04.php](http://www.gameinfinity.or.kr/en/sub2_1_04.php).
- [8] Wu-chang Feng et al., "Provisioning Online Games : A Traffic Analysis of a Busy Counter-Striker Server", IMW2002.
- [9] Yu-Shen, *Designing Fast-Action Games For The Internet*, Gamasutra, 1997.

## ◆ 저 자 소 개 ◆



**김 재 철** (jchkim@gmail.com)

서울대학교 컴퓨터공학과를 졸업하고 동대학원에서 석사과정을 마쳤다. 이후 공군사관학교 전산학과 조교수로 재직 중이며, 서울대학교 컴퓨터공학부에서 박사과정을 수료하였다. 주요 연구분야는 인터넷 트래픽측정, 멀티캐스트, 미래인터넷, 무선 LAN 등이다.



**권 태 경** (tkkwon@snu.ac.kr)

서울대학교 컴퓨터공학과를 졸업하고 동대학원에서 석박사 과정을 마쳤다. UCLA, 뉴욕시립대 등에서 박사후 과정을 지냈고, 2004년부터 서울대학교 컴퓨터공학부에서 조교수로 재직 중이다. 주요 연구분야는 무선/이동 통신 기술, 무선기술융합, 유비쿼터스 컴퓨팅 등이다.



**최 양 희** (yhchoi@snu.ac.kr)

서울대학교 전자공학과를 졸업하고 KAIST 전기공학과에서 석사학위를 취득하였으며, 프랑스 ENST에서 전산과학 박사학위를 취득하였다. ETRI에서 프로토콜공학 센터장을 역임하였으며 CNET, IBM T.J.Watson 연구소등에서 연구하였다. 1991년부터 서울대학교 컴퓨터공학부 교수로 재직 중이다. 주요 연구분야는 유무선 멀티미디어 통신, 미래인터넷 등이다.