

네트워크 게임 트래픽 분석 및 모델링

박효주[†], 김태용^{**}

요 약

초고속 인터넷의 보급이 대중화되고 콘솔 게임기와 모바일이 네트워크 게임을 지원하면서 온라인 게임 산업이 빠르게 성장하고 있으며, 온라인 게임으로 인한 인터넷 트래픽이 꾸준히 증가하고 있다. 게임 네트워크의 설계나 시뮬레이션을 위해서는 온라인 게임 트래픽의 분석이 선행되어야 하기 때문에, 온라인 게임의 트래픽에 관련된 연구가 국내·외에서 꾸준히 진행되고 있다. 본 논문은 온라인 게임의 트래픽 측정과 분석을 위하여 게임 전용 트래픽 측정 및 분석 툴인 *GameNet Analyzer*를 제작하여 사용하였다. 서로 다른 장르의 게임인 Quake 3, Starcraft, WoW(World of Warcraft)의 트래픽을 측정하여 플레이어의 수와 게임 플레이 방식에 따른 패킷 크기, 패킷 IAT(inter-arrival time), 데이터 전송률과 패킷 전송률을 분석하고, 측정된 데이터를 이용하여 트래픽을 모델링한다. 이러한 게임 트래픽의 분석이나 트래픽 모델은 효율적인 네트워크 시뮬레이션, 게임 네트워크의 성능 평가, 온라인 게임의 설계 등에 활용될 수 있다.

Traffic Analysis and Modeling for Network Games

HyoJoo Park[†], TaeYong Kim^{**}

ABSTRACT

As the advances of Internet infra structure and the support of console and mobile for network games, the industry of online game has been growing rapidly, and the online game traffic in the Internet has been increasing steadily. For design and simulation of game network, the analysis of online game traffic have to be preceded. Therefore a number of papers have been proposed for the purpose of analyzing the traffic data of network games and providing the models. We make and use *GameNet Analyzer* as a dedicated tool for game traffic measurement and analysis in this paper. We measure the traffic of FPS Quake 3, RTS Starcraft and MMORPG World of Warcraft (WoW), and analyze the packet size, packet IAT(inter-arrival time), data rate and packet rate according to the number of players and in-game behaviors. We also present the traffic models using measured traffic data. These analysis and models of game traffic can be used for effective network simulation, performance evaluation of game network and the design of online games.

Key words: Network Game Traffic(네트워크 게임 트래픽), Traffic Analysis(트래픽 분석), Traffic Modeling(트래픽 모델링)

1. 서 론

초고속 인터넷의 보급이 일반화되면서 온라인 게

임 산업은 빠르게 성장하고 있다. 문화관광부와 한국 게임산업개발원에서 발행한 2005 대한민국 게임백서에 따르면 2004년 국내 게임시장은 4조 3천억원으

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김태용, 주소 : 서울시 동작구 흑석1동 중앙대학교 221 첨단영상대학원 영상공학과(156-756), 전화 : 02)820-5410, FAX : 02)814-5404, E-mail : kimty@cau.ac.kr
접수일 : 2005년 11월 22일, 완료일 : 2006년 1월 16일

[†] 준회원, 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 (E-mail : pumpkin225@sqtech.net)

^{**} 정회원, 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과

※ 본 연구는 2005년도 중앙대학교 학술연구비 지원으로 수행되었음

로 2003년에 비하여 9.6% 성장하였으며 지속적인 성장세를 이어가고 있다[1]. 특히 온라인 게임 산업 분야는 35.1%의 고성장을 지속하며 1조 186억원인 것으로 나타났고, 2007년까지 20% 이상의 고성장이 지속될 것으로 전망되고 있다. PC 게임뿐만 아니라, 콘솔 게임기와 모바일 기기 역시 네트워크 게임을 지원하면서 온라인 게임으로 인한 인터넷 트래픽은 계속 증가하고 있다.

최근 네트워크 트래픽과 관련된 연구가 꾸준히 진행되고 있는데, 여러 장르의 게임 트래픽의 특성을 분석하고[2,3], 트래픽의 분포를 모델링한 논문들이 발표되었다[4-7]. 또한 수집한 네트워크 게임의 트래픽을 이용하여 네트워크 게임에 적합한 프로토콜이 제안되기도 하였으며[8], 네트워크 게임의 시뮬레이션에 활용되었지만[9], 플레이어의 수와 게임 플레이어의 액션이 제대로 반영되어 있지 않다는 문제점을 지닌다.

네트워크 트래픽을 측정하는 범용적인 툴에는 Tcpdump, 스니퍼(Sniffer), Ethereal 등이 있지만, 이러한 툴들은 게임 트래픽을 분석하기에 비효율적이기 때문에 네트워크 게임 트래픽의 측정과 분석이 용이하도록 네트워크 게임 전용 트래픽 측정 및 분석 툴인 *GameNet Analyzer*[10]를 제작하여 사용하였다.

본 논문에서는 네트워크 게임의 주요 장르인 FPS(First Person Shooter), RTS(Real Time Strategy), MMORPG(Massive Multiplayer Online Role Playing Game)의 트래픽 특성을 비교하기 위하여 *Quake 3*, *Starcraft*, *WoW*의 트래픽을 측정하였다[11]. 측정된 각 게임 트래픽을 플레이어의 수와 게임 플레이 방식에 따라 분석하며, 패킷 크기와 IAT에 대하여 트래픽을 모델링하고, 게임 트래픽 모델의 활용방안을 제시한다.

2. 기존의 네트워크 게임 트래픽 분석과 모델링

최근 네트워크 게임과 관련된 많은 논문들이 발표되었으며, 현재도 꾸준히 연구가 진행되고 있다. 본 실험에 앞서 네트워크 게임의 성능을 평가할 수 있는 성능 척도를 정리하고, 기존의 네트워크 게임과 관련된 연구들 중에서도 네트워크 게임 트래픽을 분석하고 모델링한 논문들에 대해 살펴본다.

2.1 네트워크 게임 성능 척도

네트워크의 성능은 네트워크의 기능을 수행하는 것의 질적인 레벨로, 사용자에게 의해 나타나는 네트워크의 QoS(Quality of Service)를 의미한다. 네트워크 프로그램은 서비스 종류에 따라 요구 조건이 다르지만, 일반적인 네트워크 서비스의 성능을 나타내는 성능 척도로 사용되는 주요 요소에는 처리량, 안정성, 지연, 처리율, 효율성이 있다. 처리량이란 최대 가입자 수, 초당 서비스 처리량, 생성된 데이터의 비율 등을 의미하며, 안정성은 서비스가 다운되지 않는 정도이다. 지연은 송신자가 전송한 데이터가 수신자에게 전달되기까지 걸린 소요 시간이고, 순수 데이터 전달 속도를 채널의 용량으로 나눈 값을 처리율이라 하며, 효율은 네트워크로 전송된 총 데이터 중에 순수 데이터가 차지하는 비율을 의미한다.

데이터 전송의 특징을 명확히 하기 위한 QoS의 주요 속성으로 처리량, 지연, 지터, 에러율, 신뢰도가 있다[12]. 지터는 지연이 허용되는 최대 변동량이고, 에러율은 보내진 데이터 중에서 올바르게 못한 데이터의 비율이며, 신뢰도는 수신자가 꼭 수신하여야 할 데이터의 최소 개수를 의미한다.

네트워크 서비스에 따라 요구되는 성능 척도가 다를 수 있으며, 네트워크 게임의 대표적인 성능 척도는 대역폭과 지연이다[13]. 대역폭은 네트워크의 처리량 혹은 데이터 전송률을 나타내며, 지연은 네트워크에 내장된 지연이나 랙(lag)을 의미한다. 대역폭과 지연은 네트워크 게임에 고려되어야 할 중요한 요소들으로써 대역폭은 게임의 확장성을 제한하고, 지연은 게임의 응답성을 제한한다.

2.2 기존의 네트워크 게임 트래픽 특성 연구

네트워크 게임으로 인한 트래픽이 증가하면서 네트워크 트래픽에 관련된 많은 논문들이 발표되었다. 기존 연구에서 네트워크 게임의 공통적인 특성으로 패킷 크기가 다른 네트워크 서비스에 비하여 대체적으로 작으며, 빈번하게 패킷을 전송하고, 낮은 대역폭을 요구하는 것으로 알려져 있다.

Claypool[2]은 Counter Strike와 Starcraft 게임의 대역폭과 패킷 크기를 분석하고 비교하였다. 두 게임은 패킷 크기가 다른 인터넷 어플리케이션의 패킷 크기보다 작다는 공통적인 특성을 지닌다. Starcraft의 패킷 크기는 고정적인 반면 Counter Strike의 패

킷 크기는 게임 내 액션에 따라 변화하는 것으로 나타났다. Starcraft의 대역폭은 플레이어의 수가 증가할수록 증가하는데 분산도 함께 증가함을 보였으며, Starcraft와 Counter Strike 클라이언트의 대역폭을 분석한 결과 모뎀 환경에서 플레이가 원활한 것으로 설명하였다.

Chen[3]은 대만에서 서비스 중인 ShenZhou Online이란 MMORPG의 트래픽을 서버 측에서 측정하여 패킷 크기, 대역폭, 패킷 IAT의 패턴, 주파수 등을 분석하였다. 그 결과 작은 패킷크기, 주기성, 패킷 IAT의 시간적인 의존성 등의 특징을 MMORPG의 특성인 유저 행동의 다양성, 일시적인 군중효과와 관련하여 설명하였다.

유저의 게임 플레이 방식과 게임의 성능과 관련된 논문들도 발표되었다[14,15]. Warcraft III와 Unreal Tournament 2003을 응용, 네트워크, 유저 레벨로 나누어 분석하였는데, Warcraft III의 게임 컴포넌트를 유닛 이동, 전투, 유닛 생성으로 구분하여 지연에 대한 실험을 하였으며, Unreal Tournament 2003은 패킷 손실률과 지연을 중심으로 분석하였다. 기존 논문들의 연구 결과에서 게임 플레이 방식이 게임 트래픽에 영향을 미치는 것을 알 수 있지만, 실제로 게임 플레이에 의한 트래픽의 변화는 구체적으로 비교하고 있지 않다.

2.3 기존의 네트워크 게임 트래픽 모델링 연구

지금까지 네트워크 게임의 트래픽 모델링에 대한 많은 연구가 이루어졌으며, 극한값분포, 대수정규분포, 감마분포 등으로 게임 트래픽을 모델링하였다. Borella[4]는 Quake 1과 Quake 2 실험을 통하여 서버와 클라이언트의 패킷 크기와 IAT에 대하여 각각 모델링하고, 그에 따른 파라미터를 제시하였다. Borella의 연구에 이어 Farber[5]는 Counter Strike의 트래픽을 측정하여 서버와 클라이언트의 트래픽을 극한값 분포로 모델링하고, 플레이어의 수에 따라 파라미터를 제시하였다. Lang[6]은 Half-Life의 패킷 크기, IAT, 패킷 전송률을 분석하고, 서버와 클라이언트의 트래픽을 대수정규분포로 모델링하였다.

3. 네트워크 게임 트래픽 측정 및 모델링 방법

본 장에서는 트래픽 측정 대상으로 선택한 게임들

에 대해 설명하고, 게임 트래픽의 측정을 위한 실험 환경과 측정 시스템을 설명한다. 또한, 게임 트래픽의 측정과 분석을 위하여 제작한 게임 전용 트래픽 툴인 *GameNet Analyzer*와, 게임 트래픽의 분석과 모델링 방법에 대해 설명한다.

3.1 트래픽 측정 게임

네트워크 게임의 주요 장르인 FPS, RTS, MMORPG를 대표할 수 있는 게임으로 Quake 3, Starcraft, WoW를 선택하여 실험을 진행하였다. Quake 3는 클라이언트-서버 구조의 게임으로 패킷 전송을 위하여 UDP를 사용한다. 멀티 플레이어 게임으로 인터넷과 LAN 게임을 지원하며, 서버는 서버 전용으로 만들거나 플레이어가 서버를 만든 후 게임을 직접 플레이할 수 있다. 게임 맵은 서버에 의해 선택된 맵을 사용하고, 게임 플레이 도중 서버의 명령어에 의하여 맵을 바꾸거나 리셋 할 수 있다. 플레이어는 자신의 캐릭터를 이동시키거나, 적을 사격 및 공격할 수 있으며, 아이템 획득 및 사용 등의 게임 플레이를 하게 된다.

WoW는 클라이언트-서버 구조의 게임으로, TCP 프로토콜을 사용한다. 대규모 멀티플레이어 게임이므로 같은 세계 안에서 동시에 수천명의 플레이어가 게임을 진행할 수 있는데, 플레이어는 직접 서버를 선택하여 게임에 접속하게 된다. 플레이어는 자신의 캐릭터를 성장시키기 위해 퀘스트를 수행하며 게임 세계를 이동하거나 NPC(Non-Player Character)를 사냥할 수 있고, 다른 플레이어와 전쟁을 할 수도 있다. 또한, 아이템 거래나 다른 플레이어와의 대화 등이 가능하다.

Starcraft의 네트워크 구조는 P2P(peer-to-peer)로 정보를 교환하기 위한 전송 프로토콜은 UDP를 사용한다. LAN 게임과 Battle.net을 통한 멀티 플레이어 게임을 지원한다. 네트워크 게임은 한 플레이어가 맵을 설정하고 직접 방을 개설하며, 다른 플레이어들이 방에 접속하여 팀을 이루어 게임을 진행하게 된다. 플레이어는 자원을 채집하고 유닛을 생성하며 전략을 세워 상대 플레이어와 전투를 해서 상대방의 유닛을 모두 제거하면 승리하게 된다.

Quake 3와 Starcraft는 1990년대 후반에 개발된 게임이지만, 각 장르를 대표할 수 있는 게임으로 인기가 높으며, 실험 환경의 구성이 용이하여 실험 대

상으로 선택하였다. WoW는 최근 출시된 게임 중에서 인지도가 높으며, 게임 이벤트의 구분이 용이하여 선택하였다.

3.2 트래픽 측정 시스템 및 환경 구성

Quake 3와 Starcraft 게임은 RTT (Round Trip Time)가 1ms 이하인 LAN (Local Area Network) 환경에서 진행되었다. 서버 전용모드로 Quake 3 서버를 설정하였으며, 맵은 모두 Q3DM17을 사용하였다. Starcraft는 1.09 버전을 사용하였으며, 맵은 모두 Hunter 맵을 사용하여 게임을 진행하였다. WoW는 서버측 측정이 현실적으로 어려우므로 클라이언트에서 서버와 클라이언트가 1:1로 연결된 상황에서의 트래픽을 측정하였다.

그림 1은 실험을 위한 환경으로 더미허브로 모든 PC를 연결하여 실험을 진행하였다. PC 구성은 단독으로 트래픽 측정을 위한 PC, 서버 PC, 플레이어 PC로 구성되어 있으며, 모든 PC는 Windows XP를 OS로 사용하는 Pentium 4 PC로 메모리는 512~1024MB, nVidia와 ATI 그래픽 카드를 사용하였다.

각 게임은 10~30분간 진행되었으며, 게임이 진행되는 동안의 트래픽만을 분석하였다. 플레이어의 수에 따른 트래픽 측정은 모든 플레이어들이 각자의 게임 스타일로 게임을 진행하였고, 게임 이벤트에 따른 분석을 위한 실험에서는 각 플레이어들이 정해진 하나의 액션만으로 게임을 진행하였다. Quake 3에서 플레이어 액션은 슈팅, 이동, 일반 게임 플레이, 게임

을 플레이하지 않는 경우로 구분하였으며, Starcraft에서는 전쟁, 유닛 생성, 이동, 액션 없음, WoW의 유저액션은 NPC 사냥, 이동, 다른 플레이어와의 전쟁, 액션 없음으로 구분하였다. 게임 플레이 관련 실험에서 Quake 3는 한 게임에 4명의 플레이어가 참여하였고, Starcraft와 WoW는 2명의 플레이어가 접속하여 진행한 게임의 트래픽을 측정하였다.

3.3 트래픽 측정 툴 : GameNet Analyzer

네트워크 게임의 트래픽 측정과 분석을 위하여 GameNet Analyzer를 제작하여 사용하였다. 이 프로그램은 윈도우 환경에서 트래픽의 측정과 분석을 위한 네트워크 게임 트래픽 전용 툴로써, 패킷 캡처를 위하여 pcap 라이브러리를 사용하였다. 그림 2는 GameNet Analyzer이며, 프로토콜, IP 주소, 포트 번호에 따른 필터링을 제공한다. 또한, 각 호스트 별로 패킷 크기, IAT, 데이터 전송률, 패킷 전송률의 통계적 특성을 실시간으로 분석할 뿐만 아니라 로그 파일을 통해 상세한 분석이 가능하다. 즉, 로그 파일의 필터링을 포함하여 시간 구간별 패킷의 통계 정보와 필요로 하는 정보를 분석할 수 있다.

3.4 트래픽 분석 및 모델링 방법

트래픽 분석은 패킷 크기와 IAT, 데이터 전송률, 패킷 전송률에 대하여 분석하며, 패킷 크기와 데이터 전송률의 분석을 위하여 IP 데이터그램의 크기를 고려한다. IAT는 패킷들의 도착 시간 간격으로 본 논문에서는 순차적으로 패킷을 보낸 시간 사이의 시간 간격으로 계산하였다. Quake 3와 Starcraft는 LAN 게임으로 각 호스트별로 트래픽을 분석하였는데, 패킷 크기와 데이터 전송률, 패킷 전송률은 서버에서 모든 클라이언트들로 전송되는 트래픽으로, IAT는 각 호스트들 사이의 1:1 단방향 트래픽을 분석한다. WoW의 경우 서버 측에서 트래픽을 직접 측정할 수 없으므로 클라이언트 측에서 수집한 데이터를 사용하여 분석한다. 클라이언트가 수신한 트래픽을 서버의 송신 트래픽으로 가정하고, 클라이언트의 송신 트래픽을 클라이언트 트래픽으로 분석한다. MMORPG의 게임 서버는 각 플레이어들에게 주위의 캐릭터들의 상태 정보까지 전송하기 때문에 [7], 본 실험에서는 플레이어 주위의 플레이어 캐릭터나 NPC의 수를

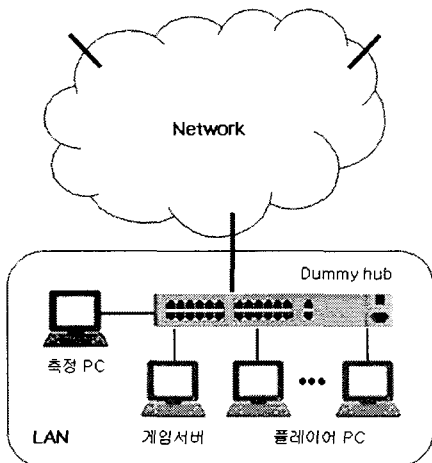


그림 1. 실험 환경

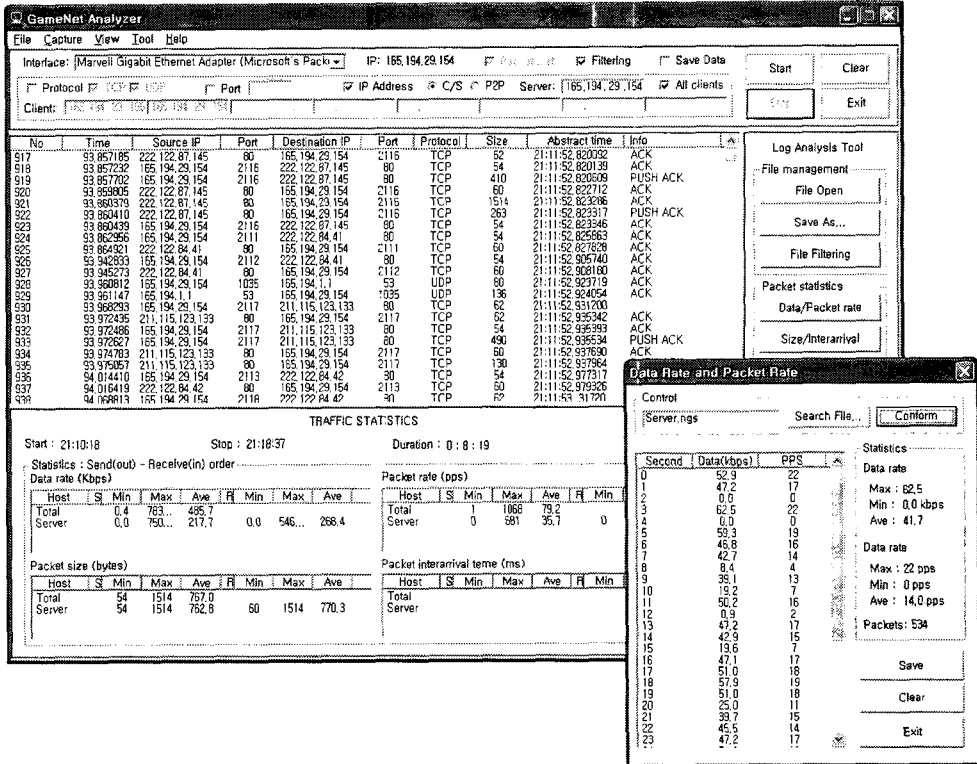


그림 2. GameNet Analyzer 스크린샷

파악하여 주위 캐릭터가 많은 지역과 적은 지역에서
의 패킷 특징을 분석하고, 플레이어의 게임 플레이에
의한 트래픽을 분석한다.

본 논문에서는 일관된 방법으로 측정된 트래픽 데
이터에 가장 적합한 트래픽 모델을 찾았으며, 그 파
정은 다음과 같다.

step 1: 측정된 전체 데이터의 95% 이상을 포함하
는 데이터의 유효구간을 설정한다.

step 2: 측정 데이터의 확률밀도함수(PDF)와 누적
분포함수(CDF)를 구한다.

step 3: 측정 데이터의 분포와 이론적인 분포함수
를 비교한다.

- 사용된 이론적인 분포함수로는 정규, 대수정규,
감마, 와이블, 지수함수가 있으며, 데이터 분포에 따
라 deterministic을 고려하고, 이론 분포의 파라미터
를 결정하기 위하여 최소자승법을 사용한다.

step 4: K-S(Kolmogorov-Smirnov) 검정으로
step 3의 두 분포함수의 적합도를 판정한다.

step 5: Q-Q(Quantile-Quantile) plot 으로 step 1
의 유효구간을 평가한다.

step 6: 가장 적합한 분포함수를 선택한다.

4. 네트워크 게임 트래픽 분석

본 장에서는 실험에서 측정된 Quake 3, Starcraft,
WoW의 트래픽 데이터에 대하여 패킷 크기, 패킷
IAT, 데이터 전송률, 패킷 전송률을 분석하고, 그 특
징을 비교한다.

4.1 Quake 3 트래픽 분석

플레이어의 수가 증가함에 따라 서버의 송신 패킷
크기는 증가하는 반면, 클라이언트의 송신 패킷 크기
는 모든 클라이언트가 서로 비슷하게 나타난다. 표
1은 클라이언트의 수에 따른 서버와 클라이언트의
패킷 크기와 IAT의 통계를 나타내며, 그림 3은 플레
이어의 수에 따른 서버의 패킷 크기의 분포이다. 서
버는 클라이언트들에게 모든 플레이어의 상태 정보

표 1. 클라이언트 수에 따른 서버와 클라이언트의 패킷 크기와 IAT의 평균 / 표준편차

플레이어 수	패킷 크기 (byte)		IAT (ms)	
	서버	클라이언트	서버	클라이언트
2 명	91.58 / 12.30	75.72 / 3.12	49.98 / 3.06	11.25 / 0.75
3 명	104.85 / 16.37	75.66 / 3.05	49.98 / 18.61	12.59 / 38.43
4 명	119.36 / 18.09	75.53 / 3.16	51.25 / 8.90	14.85 / 9.52
6 명	145.55 / 19.27	75.83 / 3.02	50.70 / 7.46	14.16 / 7.06

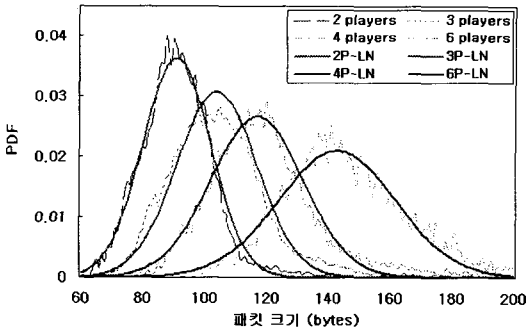


그림 3. 플레이어의 수에 따른 서버측 패킷 크기 분포

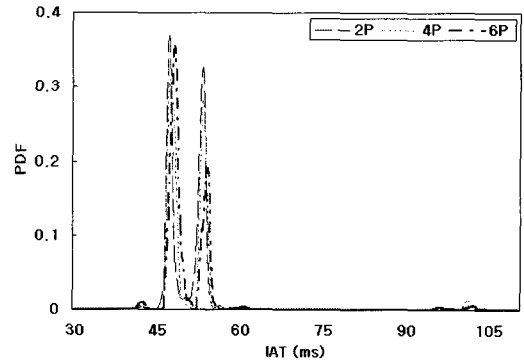


그림 4. 플레이어 수에 따른 서버측 IAT 분포

를 전달해야 하기 때문에 클라이언트의 수가 증가할수록 클라이언트로 전송하는 패킷의 크기는 선형적으로 증가하며, 서버의 송신 패킷 크기 분포는 접속되어 있는 플레이어의 수가 증가할수록 오른쪽으로 이동한다. 반면에 클라이언트 패킷 크기는 약 76 바이트로 대체적으로 일정하게 나타난다.

IAT는 서버와 클라이언트 모두 고정적으로 나타난다. 서버는 평균 50ms 간격으로, 클라이언트는 평균 11ms 간격으로 패킷을 전송하고 있다. 그림 4는 플레이어의 수에 따른 서버의 IAT 분포를 나타내는데, 서버의 IAT는 플레이어의 수에 독립적이며, 47ms와 53ms 간격으로 패킷을 전송하는 것을 확인할 수 있다.

게임 플레이 방식에 따라서는 서버와 클라이언트 모두 패킷 크기에 있어 근소한 차이를 보인다. 즉,

캐릭터가 죽거나 다시 살아날 때, 이동과 공격 등의 이벤트가 발생할 경우에는 서버와 클라이언트의 패킷 크기가 모두 증가한다. 표 2는 게임 플레이 방식에 따른 서버와 클라이언트의 패킷 크기와 IAT로, 게임 플레이에 따라 서버와 클라이언트의 패킷 크기와 클라이언트의 IAT가 서로 차이를 보이며, 서버 IAT는 서로 비슷한 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 플레이어의 게임 플레이 방식에 따른 서버의 송신 패킷 크기 분포를 나타낸다. 어떠한 액션도 없는 플레이어 4는 약 67 바이트의 패킷을 주로 전송하며, 특정 액션을 취하는 플레이어 1~3의 패킷 크기는 가변적인 것을 알 수 있다. 그림 6은 게임 플레이에 따른 플레이어의 IAT 분포로, 플레이어 1~3은 약 13ms로 비슷하게 나타나고 있지만 플레이어

표 2. 게임 플레이에 따른 서버와 클라이언트의 패킷 크기와 IAT의 평균 / 표준편차

게임플레이	패킷 크기 (byte)		IAT (ms)	
	서버	클라이언트	서버	클라이언트
일반	97.85 / 11.86	75.09 / 3.45	52.80 / 12.16	12.74 / 8.27
이동	105.17 / 13.43	72.53 / 2.70	52.96 / 12.48	14.35 / 9.30
공격	105.15 / 13.66	75.27 / 2.87	52.64 / 12.69	13.87 / 9.78
액션 없음	96.35 / 12.35	73.51 / 2.36	52.87 / 12.32	17.62 / 9.90

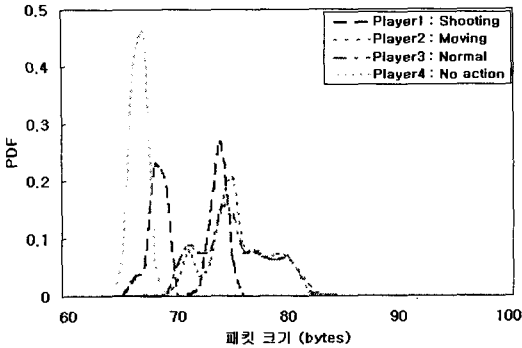


그림 5. 플레이어의 액션에 따른 클라이언트의 패킷 크기 분포

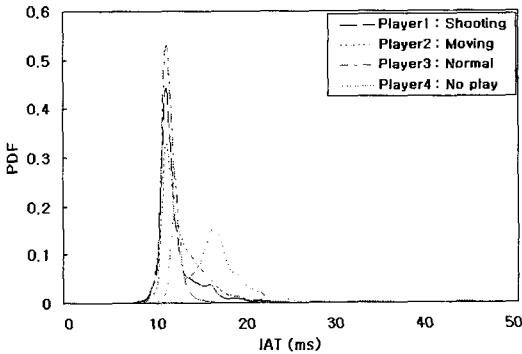


그림 6. 게임 플레이에 따른 각 클라이언트의 IAT 분포

4는 특별한 이벤트 없이 죽거나 살아날 뿐이므로 12~16ms 사이의 IAT 분포를 보인다.

표 3은 플레이어 수에 따른 데이터 전송률과 패킷 전송률을 나타낸다. 서버는 플레이어의 수와 게임 플레이에 따라 변화하고, 클라이언트는 플레이어의 수에 독립적이지만 게임 플레이에 영향을 받는다. 클라이언트의 수가 증가하면 서버의 대역폭 역시 선형적

으로 증가하며, 서버는 비슷한 수의 패킷을 각각의 클라이언트에게 전송하지만, 그 크기는 약간씩 차이를 보인다. 반면에 클라이언트의 데이터 전송률과 패킷 전송률은 패킷 크기와 IAT가 일정하므로 플레이어의 수에 상관없이 거의 변화가 없다.

표 4는 게임 플레이에 따른 데이터와 패킷 전송률을 나타낸다. 패킷 크기와 IAT의 통계에 의하여 게임 플레이가 존재하는 경우 각 클라이언트마다 데이터와 패킷 전송률이 비슷하게 나타나는 반면, 유저 액션이 없는 경우는 데이터와 패킷 전송률이 현저하게 낮은 것을 알 수 있다. 서버의 경우 클라이언트보다 데이터 전송률은 더 높지만 패킷 전송률은 더 낮게 나타나고 있다. 이는 패킷 크기는 서버가 클라이언트보다 훨씬 크지만 IAT가 클라이언트보다 더 길기 때문인 것으로 사료된다.

4.2 Starcraft 트래픽 분석

스타크래프트의 네트워크는 P2P 구조이기 때문에 전체 게임 트래픽은 플레이어의 수에 의존적이지만, 한 플레이어로부터 다른 한 플레이어로의 단방향 트래픽은 플레이어의 수에 독립적이다. 표 5는 1:1 단방향 송신 트래픽의 특성과 플레이어의 수에 따른 트래픽 통계를 나타내는데, 송신 트래픽과 수신 트래픽은 비슷한 특성을 보인다. 송·수신 패킷 크기의 평균은 약 62 바이트이고, 평균 IAT는 약 83ms 이다. 전체 패킷의 99% 이상이 60~80 바이트의 패킷이며, 0~250ms 간격으로 패킷을 전송한다.

플레이어의 수가 n 일 때, 한 플레이어는 다른 플레이어에게 자신의 상태 정보를 전송해야 하므로 같은

표 3. 플레이어의 수에 따른 데이터 전송률과 패킷 전송률의 평균 / 표준편차

플레이어 수	서버		클라이언트의 평균	
	데이터 전송률(kbps)	패킷 전송률(pps)	데이터 전송률(kbps)	패킷 전송률(pps)
2 명	30.80 / 4.63	39.97 / 4.55	53.80 / 6.37	88.49 / 10.40
3 명	50.52 / 6.43	59.96 / 4.61	53.91 / 4.44	89.07 / 7.23
4 명	72.99 / 9.70	79.73 / 5.19	53.77 / 4.33	88.82 / 7.22

표 4. 게임 플레이에 따른 데이터 전송률과 패킷 전송률의 평균 / 표준편차

	서버	P1: 일반	P2: 이동	P3: 공격	P4: 액션 없음
데이터 전송률	74.60 / 8.36	54.61 / 2.66	52.57 / 2.90	53.45 / 2.71	31.37 / 6.49
패킷 전송률	79.93 / 3.88	90.30 / 4.10	90.45 / 4.23	90.75 / 4.22	59.41 / 12.27

표 5. 1:1 단방향 트래픽과 플레이어의 수에 따른 트래픽의 평균 / 표준편차

	패킷 크기(byte)	IAT(ms)	데이터 전송률(kbps)	패킷 전송률(pps)
1:1 단방향	62	83	6.0	12
2 명	61.67 / 2.51	83.90 / 20.81	11.78 / 1.68	23.87 / 3.38
4 명	61.95 / 2.68	82.81 / 13.00	71.81 / 2.44	144.89 / 4.92
6 명	62.01 / 2.74	83.00 / 11.19	179.27 / 4.72	361.38 / 8.96

표 6. 게임 플레이에 따른 패킷 크기와 IAT의 평균 / 표준편차

	액션 없음	전투	유닛 생성	이동
패킷 크기 (byte)	60.99 / 0.11	61.61 / 3.45	61.41 / 1.72	61.21 / 1.54
IAT (ms)	83.1 / 13.17	82.2 / 12.74	82.9 / 11.08	82.7 / 13.47

크기의 패킷을 $n-1$ 개를 전송하며 거의 동시에 전송한다. Starcraft의 경우 동시에 접속되어 있는 플레이어의 수에 상관없이 약 62 바이트의 패킷을 83ms 간격으로 전송하기 때문에 두 플레이어 사이의 트래픽은 일정하지만, 전체 데이터 전송률과 패킷 전송률은 플레이어의 수가 증가함에 따라 선형적으로 증가한다.

연결되어 있는 플레이어의 수가 증가하더라도 전송하는 패킷의 크기는 일정하며, 연결되어 있는 모든 플레이어에게 거의 동시에 패킷을 전송하므로 전체 트래픽에서의 IAT의 평균은 감소하지만, 각 플레이어들에게 83ms 간격으로 새로운 업데이트 패킷을 전송하고 있다. 플레이어의 수가 증가할수록 전송하는 패킷의 크기는 일정하더라도 패킷의 수가 증가하기 때문에 데이터 전송률 역시 증가한다.

표 6은 게임 플레이 방식에 따른 패킷의 크기와 IAT의 특성을 나타낸다. 플레이어가 게임을 하지 않을 경우 61 바이트의 패킷을 전송하지만 종종 54, 60 바이트의 패킷을 전송한다. 게임을 진행할 때의 패킷은 크기가 더 크고 더 가변적이다. 다른 플레이어와 전쟁을 할 때의 패킷 크기가 가장 크게 나타나지만 대체적으로 플레이어의 액션이 존재하면 패킷 특성은 서로 비슷하게 나타난다.

그림 7과 그림 8은 게임 플레이에 따른 패킷 크기 분포와 IAT 분포를 나타낸다. 두 분포 모두 게임 플레이에 거의 영향을 받지 않기 때문에, 1:1 단방향 트래픽의 패킷 크기와 IAT 분포 역시 이 두 그림과 비슷하게 나타난다. 그림 7에서 대부분은 61 바이트의 패킷을 전송하며, 그림 8은 78ms와 94ms에서 높은 수치를 보이고 있다.

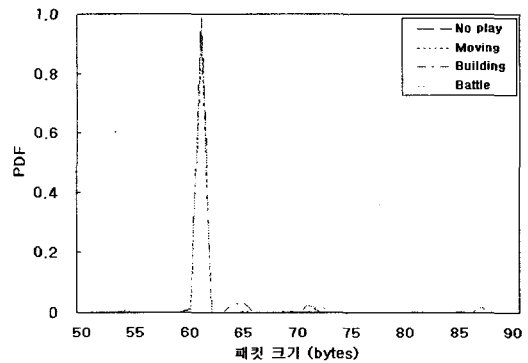


그림 7. 게임 플레이에 따른 패킷 크기 분포

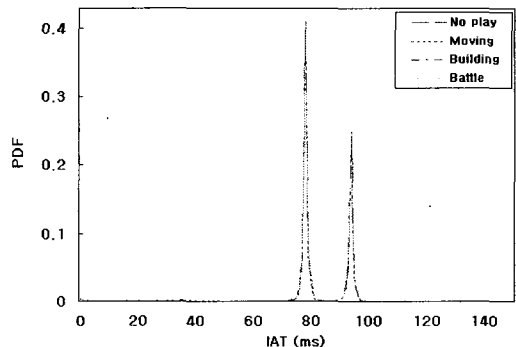


그림 8. 게임 플레이에 따른 IAT 분포

4.3 WoW 트래픽 분석

주변 캐릭터의 수에 따라 서버의 패킷 크기는 큰 차이를 보이지만, 클라이언트의 패킷 크기는 주변 캐릭터의 수에 독립적이다. 표 7는 주위 캐릭터 수가 많은 경우와 적은 경우에 서버와 클라이언트의 패킷 통계를 나타낸다. 주변 캐릭터가 많은 경우는 플레이어 캐릭터가 37개, NPC가 16개인 경우이고, 주변 캐

표 7. 클라이언트의 수에 따른 서버와 클라이언트의 패킷 통계

접속자	호스트	패킷 크기(byte)	IAT(ms)	데이터 전송률(kbps)	패킷 전송률(pps)
많음	서버	357.22	189.21	16.71	5.85
	클라이언트	64.53	174.10	3.27	6.34
적음	서버	201.42	177.40	9.94	6.17
	클라이언트	68.54	176.35	3.37	6.16

표 8. 게임 플레이에 따른 서버와 클라이언트의 패킷 크기와 IAT의 평균 / 표준편차

게임 플레이	패킷 크기 (byte)		IAT (ms)	
	서버	클라이언트	서버	클라이언트
액션 없음	130.52 / 54.1	54.78 / 3.2	205.72 / 93.1	212.46 / 72.9
이동	108.55 / 54.2	70.06 / 17.8	149.30/102.4	159.82/104.9
사냥	109.93 / 56.8	66.54 / 13.7	129.49 / 91.4	137.90 / 98.1
전쟁	116.17 / 59.1	64.87 / 13.8	140.91 / 90.1	147.88 / 95.1

릭터가 적은 경우는 NPC만 3개가 있는 경우이다. 모든 클라이언트는 서버로 194 바이트 이하의 패킷을 전송하는 반면 서버는 클라이언트에 비하여 더 가변적이고 큰 패킷을 전송한다. 주변 캐릭터의 수가 많은 경우, 서버는 크기가 더 큰 패킷을 전송하는 것으로 나타났다.

그림 9는 주변 캐릭터의 수에 따른 서버의 패킷 크기의 분포이며, 그림 10은 주변 캐릭터의 수에 따른 서버의 패킷 IAT의 분포를 나타낸다. 주변 캐릭터의 수가 적은 경우 99% 이상의 패킷이 250 바이트 이하이지만 주변 캐릭터의 수가 많은 경우 250 바이트 이상의 패킷이 전체 패킷의 30% 이상을 차지한다. 주변 캐릭터가 많은 경우 54 바이트의 패킷이 전체 패킷의 35% 이상을 차지하며, 54~1514 바이트에 걸쳐 다양한 크기의 패킷을 전송하고, 주변 캐릭터가

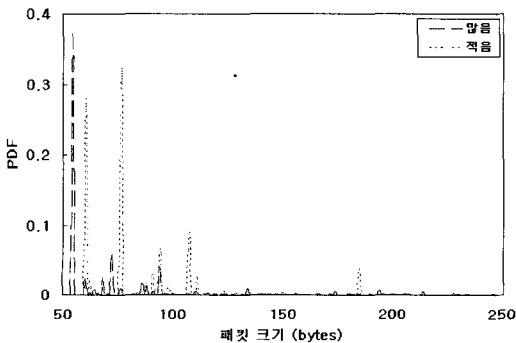


그림 9. 플레이어 수에 따른 서버측 패킷 크기 분포

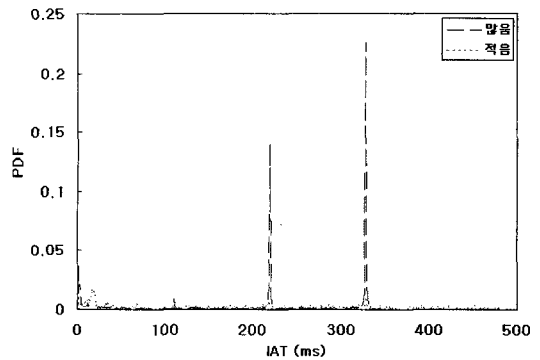


그림 10. 플레이어 수에 따른 서버측 IAT 분포

적은 경우에는 250 바이트 이하의 비교적 작은 패킷 주로 전송하므로, 그림 9와 같은 분포를 보인다. 클라이언트의 송신 패킷의 IAT 역시 주변 캐릭터의 수에 의해 거의 영향을 받지 않고 넓은 분포를 보이는 반면, 서버로부터의 수신 패킷 IAT의 경우 주변 캐릭터의 수가 많을 때 더 자주 패킷을 전송한다.

표 8은 게임 플레이 방식에 따른 서버와 클라이언트의 패킷 크기와 IAT를 나타낸다. 플레이어의 액션이 없는 경우 클라이언트는 약 54 바이트의 작은 패킷을 전송하는 반면, 서버는 100 바이트 이상의 패킷을 200ms 이상의 간격으로 전송한다. 플레이어들끼리 서로 전투를 벌일 때, 서버와 클라이언트는 네 경우 중 가장 큰 패킷을 전송하며, 서버와 클라이언트의 IAT이 사냥터에서 가장 짧게 나타나므로 사냥을 할 때 가장 많은 패킷을 전송한다.

표 9. 게임 플레이어에 따른 데이터 전송률과 패킷 전송률의 평균 / 표준편차

게임 플레이	서버		클라이언트	
	데이터 (kbps)	패킷 (pps)	데이터 (kbps)	패킷 (pps)
액션 없음	4.41 / 2.40	3.44 / 1.45	1.50 / 0.69	3.41 / 1.50
이동	7.09 / 9.67	6.08 / 2.87	3.17 / 2.02	5.59 / 3.84
사냥	7.90 / 3.58	7.47 / 4.13	3.71 / 1.95	6.97 / 3.16
전쟁	8.40 / 5.74	6.81 / 3.04	3.38 / 2.05	6.50 / 3.32

표 9는 플레이어의 액션에 따른 데이터 전송률과 패킷 전송률을 나타낸다. 게임에서 플레이어가 어떤 액션을 취할 경우, 서버와 클라이언트의 데이터와 패킷 전송률은 증가하며 플레이어가 아무런 액션을 취하지 않더라도 서버와 클라이언트는 서로 패킷을 송·수신하는 것을 알 수 있다. 클라이언트는 자신의 상태가 업데이트되면 서버로 더 큰 패킷을 더 자주 전송한다. 서버는 여러 클라이언트들의 정보를 전송하므로 서버가 클라이언트보다 더 큰 대역폭을 사용하지만 서버는 클라이언트와 비슷한 수의 패킷을 전송하는 이유는 TCP 프로토콜을 사용하기 때문인 것으로 사료된다.

그림 11은 게임 플레이에 따른 서버와 클라이언트 전체의 데이터 전송률을 나타내는데, 플레이어가 지역적으로 먼 거리를 단시간에 이동하는 경우에 데이터 전송률이 가장 크게 나타난다. 그리고 이벤트가 발생할 때마다 데이터 전송률이 높게 나타나며, 패킷 전송률 역시 데이터 전송률과 비슷한 분포를 보인다.

4.4 실험 결과 비교 및 분석

실험에서 네트워크 게임의 트래픽의 특성은 게임 장르, 프로토콜, 아키텍처에 따라 조금씩 다르게 나

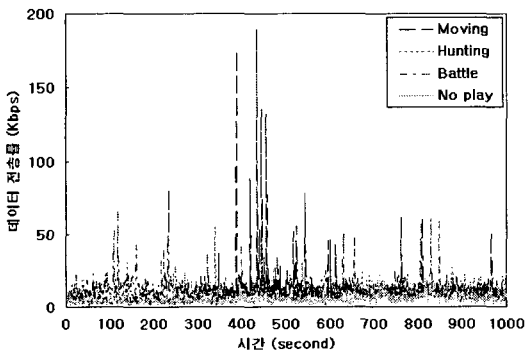


그림 11. 게임플레이에 따른 전체 데이터 전송률

타난다. 클라이언트-서버 구조에서, 서버의 송신 패킷 크기는 플레이어의 수가 증가함에 따라 선형적으로 증가하지만, 클라이언트의 송신 패킷 크기는 플레이어의 수에 독립적이다. P2P 구조의 게임에서는 한 플레이어의 송신 패킷과 수신 패킷이 비슷하게 나타나며, 플레이어의 수가 증가하더라도 1:1 단방향 트래픽은 일정하게 나타난다.

세가지 게임 중 Starcraft의 패킷 크기가 가장 작으며, IAT는 Quake 3, Starcraft, WoW순으로 짧게 나타난다. IAT는 게임 진행 속도를 고려할 때, FPS의 진행이 가장 빠르고 MMORPG가 가장 느리기 때문인 것으로 판단된다. 패킷 전송률은 WoW가 가장 낮지만, 가장 많은 클라이언트가 접속하기 때문에 서버와 모든 클라이언트를 고려한다면 WoW의 데이터 전송률이 가장 높을 것으로 사료된다.

클라이언트-서버 구조의 게임인 Quake 3와 WoW는 플레이어의 게임 플레이 방식에 따른 트래픽의 변화가 관찰되었지만, P2P 게임인 Starcraft의 게임 플레이 방식에 의한 트래픽의 변화가 크지 않고 모두 비슷하게 나타난다.

5. 네트워크 게임 트래픽 모델링과 활용

본 장에서는 각 게임의 트래픽 측정 데이터를 이용하여 패킷 사이즈와 IAT에 대하여 3.4절의 모델링 방법에 의하여 트래픽을 모델링하고, 트래픽 분석 결과와 트래픽 모델의 활용 방안을 제시한다.

5.1 Quake 3 트래픽 모델링

여러 연속형 분포함수 중에서 측정된 트래픽 데이터가 가장 적합한 분포함수를 찾은 결과 패킷 크기 분포는 대수정규분포로 모델링할 수 있다. 플레이어의 수가 n 일 때, n 은 2 이상이며, 평균 패킷 크기가

1514 이하여야 하므로 n 은 111 이하이다. m 은 shape 파라미터(평균)이고 s 가 scale 파라미터(표준편차) 일 때, 파라미터 m 과 n 은 유효구간에서 다음 식에 의해 결정된다.

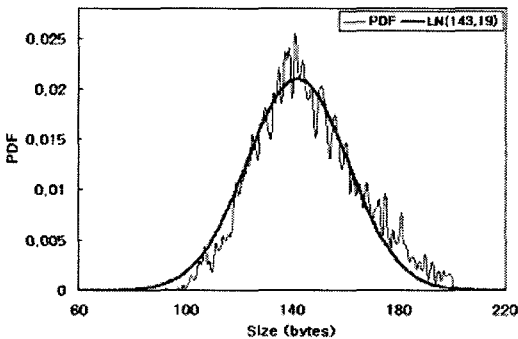
$$m(n) = 13n + 65, \quad 2 \leq n \leq 111$$

$$s(n) = 2n + 7, \quad 2 \leq n \leq 111$$

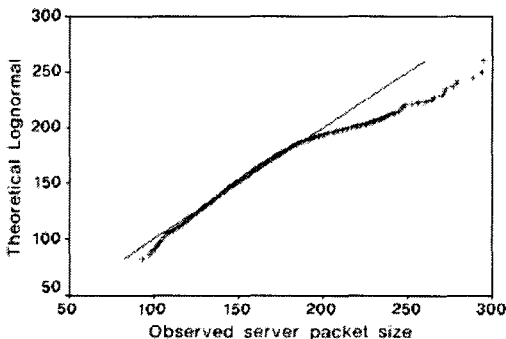
여기서, 유효구간은 $[60:20n+100]$ 이며, $n \geq 48$ 인 경우 유효구간은 $[60:1514]$ 이다.

그림 12에서 (a)는 클라이언트가 6명일 때의 서버의 패킷 크기 분포를 나타내며, (b)는 (a)에 대한 Q-Q plot이다. Q-Q plot을 통하여 220 바이트 이하의 범위 안에서 실제 데이터와 대수정규분포가 일치하는 것을 확인할 수 있다.

그림 13의 (a)는 플레이어 수에 따른 클라이언트의 패킷 사이즈에 대한 트래픽 모델이고, (b)는 (a)의 Q-Q plot 이다. 플레이어의 수에 따른 클라이언트의 패킷 크기 분포로 100 바이트 이하의 패킷이 전체 트래픽의 99%를 차지하기 때문에 $[60:100]$ 구간에

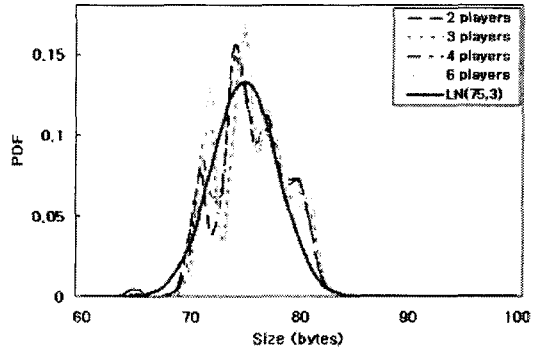


(a) 서버 패킷 크기

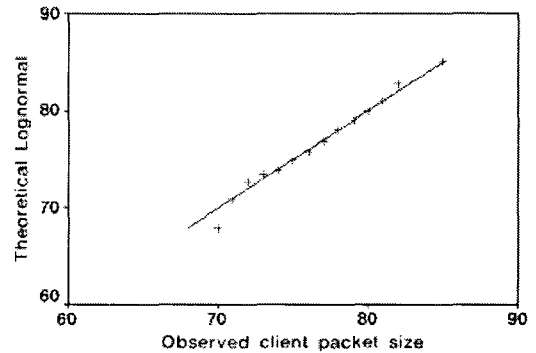


(b) Q-Q plot

그림 12. 플레이어가 6명인 경우 서버 측의 패킷 크기에 대한 트래픽 모델과 Q-Q plot



(a) 클라이언트 패킷 크기



(b) Q-Q plot

그림 13. 플레이어 수에 따른 클라이언트 측의 패킷 사이즈에 대한 트래픽 모델과 Q-Q plot

서, 평균이 75이고 표준편차가 3인 대수정규분포로 모델링할 수 있다.

서버와 클라이언트의 IAT는 플레이어의 수와 게임 플레이 방식에 상관없이 거의 일정하게 나타나므로, 서버는 50ms에서, 클라이언트는 11ms에서 Deterministic으로 나타낼 수 있다.

5.2 Starcraft와 WoW 트래픽 모델링

표 10은 Starcraft와 WoW의 패킷 크기와 IAT에 대한 트래픽 모델을 나타낸다. Starcraft의 패킷 크기와 IAT는 플레이어의 수와 게임 플레이 방식에 거의 영향을 받지 않고, 일정하기 때문에 Deterministic으로 나타낼 수 있다. 즉, 패킷 크기는 61 바이트에서, IAT는 78ms와 94ms에서 Deterministic이라 할 수 있다. 이를 이용하여 Starcraft의 데이터 전송률과 패킷 전송률을 플레이어의 수로 모델링 할 수 있다. 플레이어의 수를 n 이라 할 때, 데이터 전송률과 패킷 전송률을 다음 수식에 의하여 결정된다.

표 10. Starcraft와 WoW의 트래픽 모델

	Starcraft	WoW	
		서버	클라이언트
패킷 크기	Deterministic	지수분포	정규분포
IAT	Deterministic	정규분포	정규분포

$$\begin{aligned} \text{데이터 전송률}(k\text{bps}) &= 6n(n-1) \\ \text{패킷 전송률}(pps) &= 12n(n-1) \end{aligned}$$

WoW의 트래픽 모델은 모델링 방법에 의하여 가장 적합한 분포함수를 선택하였다. K-S 검정으로 가장 적합한 분포함수를 찾고, Q-Q plot으로 실제 분포함수와 연속형 분포함수와의 유효 구간의 적합도를 판정하였다. 그림 9와 그림 10을 통해 알 수 있듯이, WoW의 트래픽 분포는 특정한 분포함수의 형태를 보이는 것이 아니라 몇몇 특정 값만을 가지는 분포 형태를 보인다. 따라서 모델링 방법에 의하여 가장 적합한 분포 함수를 찾았다 할지라도 WoW의 경우에는 모델링 결과를 활용하는 것보다 분석 결과를 활용하는 것이 더욱 바람직할 것으로 사료된다.

5.3 네트워크 게임 트래픽 모델의 활용

대역폭과 지연은 네트워크 게임의 성능 평가에 중요한 요소들이기 때문에 게임 디자인에서 중요하게 고려되어야 하며, 게임을 구현하기 전에 트래픽 분석과 모델을 활용할 수 있다. 또한 네트워크 게임에서 플레이어들 사이의 동기화를 유지하는 것 역시 매우 중요하며, 이러한 동기화는 IAT와 관련하여 고려할 수 있다. IAT가 짧으면 동기화는 잘 유지되지만 대역폭 사용량이 증가하기 때문에 동기화와 대역폭은 서로 상반 관계라 할 수 있다.

게임을 설계할 때, 기획자는 게임 장르와 통신 구조, 사용할 프로토콜을 결정해야 하고 패킷 크기와 IAT를 결정하여야 한다. 패킷 크기와 IAT가 결정되면 트래픽 모델에 의하여 참여 가능한 플레이어의 수를 결정할 수 있다.

Quake 3의 트래픽 모델을 통해 100명의 게이머가 접속하려면 서버의 패킷 크기는 [60:1514] 구간에서 대수정규분포를 따르며, 서버 대역폭이 21.84Mbps, 클라이언트 대역폭이 5.4Mbps가 필요하므로 총 27.24Mbps의 대역폭이 요구되는 것을 예측할 수 있다. 대역폭이 제한되는 경우의 접속 가능한 클라이언트

의 수 역시 예측 가능하다. 가령 대역폭이 10Mbps로 제한된다면 55명의 클라이언트가 게임에 접속할 수 있음을 알 수 있다. 네트워크 게임을 설계할 때, 패킷 크기와 IAT를 정하면 트래픽 모델에 의해 대역폭과 접속 가능한 플레이어의 수를 예측할 수 있다. 만약 서버 IAT를 100ms로, 클라이언트 IAT를 50ms로 정하고, 패킷 크기를 Quake 3와 같은 게임을 설계할 경우, 대역폭이 10Mbps로 제한된다면 최대 89명의 플레이어를 수용할 수 있게 된다.

WoW의 트래픽 모델은 실제 트래픽 데이터와 거의 일치하지 않으므로 트래픽 모델보다는 분석된 결과를 이용하여 게임 디자인에 활용하는 것이 더 바람직하다. 유저액션과 관련된 트래픽 분석은 게임 이벤트나 맵을 디자인할 때 사용될 수 있으며, 게임 이벤트가 많은 게임의 평가에 활용할 수 있다. 즉, MMORPG에서 월드를 그리드나 섹터 단위로 분할하여 분산 서버를 구성하는 경우, 이벤트에 따른 트래픽 분석을 이용하여 해당 이벤트가 많이 발생하는 섹터의 크기를 결정할 때 이용할 수 있다.

네트워크 게임 트래픽의 분석뿐만 아니라 트래픽 모델의 분포와 유효구간을 이용하여 트래픽 생성기를 구현하여 네트워크 시뮬레이션을 할 수 있다. 또한, 게임 서버의 증설, 게임 트래픽의 예측 등 게임 네트워크의 성능 평가와 유지 및 보수에 이용할 수 있다. 그리고 게임에 적합한 새로운 라우터나 프로토콜의 개발에도 사용할 수 있으며, 현재의 네트워크가 다양한 장르의 게임을 지원하기에 적합한지 평가할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 네트워크 게임에서 트래픽의 측정을 위하여 게임 트래픽 전용 툴인 *GameNet Analyzer*를 제작하여 트래픽의 측정과 분석이 용이하도록 하였으며, Quake 3, Starcraft, WoW의 트래픽을 분석하고, 측정된 데이터를 이용하여 트래픽을 모델링하였다.

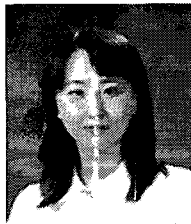
게임 장르별로 트래픽의 특징이 근소한 차이를 보이기 때문에, 네트워크 게임의 대표적인 장르인 FPS, RTS, MMORPG 게임에 대하여 플레이어의 수와 게임플레이에 따른 패킷 크기, IAT, 데이터 전송률, 패킷 전송률을 분석하였다. 세 게임 중 FPS 게임

이 가장 빨리 진행되므로 Quake 3의 IAT가 가장 짧게 나타난다. 클라이언트-서버 구조의 게임에서는 플레이어의 수에 따라 패킷 크기와 데이터 전송률, 패킷 전송률이 선형적으로 증가하는 반면, P2P 게임에서 한 플레이어가 다른 한 플레이어에게 전송하는 트래픽은 거의 일정하므로 데이터 전송률과 패킷 전송률을 플레이어의 수로 모델링이 가능하다.

또한 측정된 데이터를 이용하여 서버와 클라이언트의 트래픽 모델과 그 모델의 활용 방안을 제시하였다. 이러한 트래픽의 분석과 트래픽 모델들은 네트워크 게임 디자인이나 네트워크 시뮬레이션, 게임 트래픽에 적합한 라우터나 프로토콜의 설계 등에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 문화관광부 · 한국게임산업개발원, 2005 대한민국의 게임백서, 2005.
- [2] M. Claypool, D. LaPoint, and J. Winslow, "Network analysis of Counter-strike and Starcraft," *Conference Proceedings of the 2003 IEEE International*, pp. 261-268, 2003.
- [3] K. T. Chen, P. Huang, C. Y. Huang, and C. L. Lei, "Game Traffic Analysis: An MMORPG Perspective," *International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video*, pp. 19-24, 2005.
- [4] M. S. Borella, "Source Models of Network Game Traffic," *Computer Communications*, Vol. 23, No. 4, pp. 403-410, 2000.
- [5] J. Farber, "Traffic Modelling for Fast Action Network Games," *Multimedia Tools and Applications*, pp. 31-46, 2004.
- [6] T. Lang, G. J. Armitage, P. Branch, and H. Choo, "A Synthetic Traffic Model for Half-Life," *Australian Telecommunications Networks & Applications Conference 2003*, 2003.
- [7] C. H. Duverge and V. K. Prabhu, "Modeling action and strategy Internet-games traffic," *Vehicular Technology Conference 2002*, Vol. 3, pp. 1405-1409, 2002.
- [8] 홍은실, 백상현, 박일규, 김종성, 고동일, 최양희, "게임 전송 프로토콜 (GTP): 효율적인 게임 이벤트 데이터 전송을 위한 새로운 전송 프로토콜," JCCI 통신 정보 합동 학술대회, 2002.
- [9] 홍은실, "네트워크 시뮬레이션 시스템에서의 트래픽 생성기 구현," 서울대학교 대학원 석사학위논문, 2003.
- [10] 박효주, GameNet Analyzer, <http://gametech.cau.ac.kr/GameNetAnalyzer/GameNetAnalyzer.html>, 2005.
- [11] D. LaPointe and J. Winslow, "Analyzing and Simulating Network Game Traffic," *A Major Qualifying Project Report*, 2001.
- [12] L. Mathy, C. Edwards, and D. Hutchison, "Principles of QoS in group communications," *Telecommunication Systems*, Vol. 11 pp. 59-84, 1999.
- [13] Y. S. Ng, "Designing Fast-Action Games for the Internet," *Gamasutra*, 1997.
- [14] N. Sheldon, E. Girard, S. Bong, M. Claypool, and E. Agu, "The Effect of Latency on User Performance in Warcraft III," *In Proceedings of the 2nd Workshop on Network and System Support for Games*, pp. 3-14, 2003.
- [15] T. Beigbeder, R. Coughlan, C. Lusher, J. Plunkett, E. Agu, and M. Claypool, "The Effects of Loss and latency on User Performance in Unreal Tournament 2003," *SIGCOMM Netgames Workshop*, pp. 144-151, 2004.



박 효 주

2004년 8월 중앙대학교 정보시스템학과(정보학사)
 2006년 2월 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과(공학 석사)
 관심분야 : 게임 네트워크



김 태 용

1986년 2월 한양대학교 전기공학과(공학사)

1988년 2월 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)

1998년 2월 포항공과대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

1988년 3월~1999년 2월 한국통신

신 운용연구단 연구원

2003년 4월~현재 한국컴퓨터게임학회 총무이사

2000년 1월~현재 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 부교수

관심분야 : 영상통신, 영상처리, 컴퓨터비전, 컴퓨터게임