

# 전자상거래 시스템의 트래픽량 예측에 관한 연구

김 정 수<sup>†</sup>

## 요 약

네트워크 기반의 적절한 컴퓨팅은 네트워크 대역폭의 가용성에 의존한다. 백본 네트워크 용량과 액세스 네트워크 상에 심각한 병목현상이 발생하여 ISP 사업자와 고객 간의 갭이 발생된다면 그만큼 ISP 사업자는 사업에 불이익을 초래할 수 있다. 이러한 상황이 발생되기 이전 ISP 사업자가 트래픽량 예측과 종단간 오버로드가 높은 링크 구간을 감지할 수 있다면 ISP 사업자와 고객 간의 갭은 그만큼 줄어들 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 논문은 트래픽량 예측과 종단간 오버로드가 높은 링크 구간을 감지 가능한 소프트웨어로 ACE, ADM, Flow Analysis를 소개한다. 이들 툴을 이용하여 전자상거래의 연속적인 트랜잭션을 실험에서 측정된 후 측정된 네트워크 데이터를 가상 망 환경에 임포트하고 백그라운드 트래픽을 생성한다. 이와 같은 가상 망 환경을 토대로 점차적인 사용자 수 증가에 따른 트래픽량 예측과 링크 로드가 높은 구간을 시뮬레이션 결과로 알 수 있었다.

키워드 : 트래픽량 예측, 링크 로드, 가상 망 환경, 시뮬레이션

## A Study on Traffic Volume Prediction for e-Commerce Systems

Jeong-Su Kim<sup>†</sup>

### ABSTRACT

The applicability of network-based computing depends on the availability of the underlying network bandwidth. Such a growing gap between the capacity of the backbone network and the end users' needs results in a serious bottleneck of the access network in between. As a result, ISP incurs disadvantages in their business. If this situation is known to ISP in advance, or if ISP is able to predict traffic volume end-to-end link high-load zone, ISP and end users would be able to decrease the gap for ISP service quality. In this paper, simulation tools, such as ACE, ADM, and Flow Analysis, were used to be able to perceive traffic volume prediction and end-to-end link high-load zone. In using these simulation tools, we were able to estimate sequential transaction in real-network for e-Commerce. We also imported virtual network environment estimated network data, and create background traffic. In a virtual network environment like this, we were able to find out simulation results for traffic volume prediction and end-to-end link high-load zone according to the increase in the number of users based on virtual network environment.

Keywords : Traffic Volume Prediction, Link Load, Virtual Network Environment, Simulation

### 1. 서 론

인터넷은 정보 교환으로 현대 통신에서 없어서는 안되는 중요한 매체가 되었으며 최근 국내 ISP(Internet Service Provider) 사업자의 유무선 통합서비스로 말미암아 고객은 유무선 단말기로 IPTV, VoIP, 영상 통화, 온라인 결제, 온라인 게임 등과 같은 다양한 서비스를 제공받을 수 있게 되었

다. 망 운영자는 서비스 또는 새로운 애플리케이션 등장 때문에 트래픽 프로파일(traffic profile) 또는 사용자 수 변화에 따른 아주 빈번한 네트워크 행동 접근을 재빨리 캐치(catch)할 수 있어야만 고객에게 균일한 서비스(seamless service)가 가능하다. 그러나 이것은 망 운영자에게 네트워크 토폴로지(network topology) 또는 자원 관리에 대한 지식을 필요로 할 수도 있지만 이러한 완벽한 지식 없이도 망 운영자는 작업이 가능해야만 한다. IP 네트워크 전반적인 관리를 위한 QoS(Quality of Service) 요구와 매일 매일 새로운 애플리케이션 등장으로 트래픽량에 대한 요구 증가를 망 운영자가 알 수 있도록 관련 툴을 보유하고 있어야 한다.

<sup>†</sup> 정 회 원 : 광운대학교 경영정보학과 경영정보학 박사  
논문접수: 2010년 7월 21일  
수 정 일: 1차 2010년 11월 1일, 2차 2010년 11월 15일  
심사완료: 2010년 11월 23일

따라서 우리는 이러한 툴의 하나로 실망 측정 및 시뮬레이션이 가능한 ACE, ADM, Flow Analysis를 소개한다. 다양한 콘텐츠 서비스 중 전자상거래를 구축한 후 실제 고객 단에서 ISP 사업자가 제공하는 서비스 상품 중 FTTH와 Wibro로 연속적인 트랜잭션(transaction) 네트워크 데이터를 캡처(capture)한다. 캡처한 네트워크 데이터를 사용자 수 증가에 따른 가상 망 환경을 구성하고 향후 트래픽량(traffic volume)을 예측해 보았다. 트래픽량 예측이 완료되면 어느 구간에 링크 증설을 고려해야 할지를 마지막 실험으로 진행하였다. 본 연구의 기여점은 사용된 실험 툴을 네트워크 설계자가 사용할 수 있도록 실망 측정 방법과 측정된 네트워크 데이터를 어떤 방식으로 импорт(import)하며 백그라운드 트래픽(background traffic)을 어떻게 생성하는지를 기술하였다. 보다 구체적으로 네트워크 장치(device) 정보, 실제 네트워크 데이터와 백그라운드 트래픽으로 사용자 수 증가에 따른 트래픽량 예측과 링크 로드(link load)가 높은 구간을 식별할 수 있음으로써 네트워크 자원 재할당 또는 업그레이드(upgrade)에 대한 필요성을 시뮬레이션(simulation) 결과로 입증할 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장 관련연구는 크게 두 가지로 분류하여 정리하였다. 첫째, 과거 문헌을 기반으로 트래픽량 예측에 대한 사례연구 분석, 둘째, 무선서비스에 대한 관련연구를 진행하였다. 3장은 전자상거래 트래픽량 모델로 종단간 전자상거래의 연속적인 트랜잭션 측정과 트래픽량 예측을 위한 툴 소개, 전자상거래 구축, 종단간 네트워크 측정 구성, 네트워크 데이터 측정 결과 순서로 기술하였다. 4장은 Flow Analysis를 이용하여 가상 망을 구성한 후 트래픽량 예측과 링크 로드를 분석하였다. 마지막 5장에서 결론으로 본 연구를 종결(終結)한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 트래픽량 예측

네트워크 트래픽은 다양한 요소로 구성되었기 때문에 자연스럽게 다이나믹(dynamic)하다. 다이나믹 환경 내에서 QoS 보장을 지속하기 위한 네트워크 내의 필요한 트래픽량을 어떻게 결정하는지에 대한 질문은 네트워크 관리에 있어 중요한 이슈(issue) 중 하나이다.

다양한 애플리케이션(예, FTP, WWW, Mirroring 등)에 대한 경로, 소스부터 목적지까지의 패스 정보가 만약 충분한 정보로 제공된다면 이와 같은 애플리케이션(application)을 보다 효율적인 운영을 할 수 있을 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 Abusina et. al은 두가지 이슈를 제안하였다. 첫째, 보다 더 좋은 네트워크 성능을 사용자 또는 애플리케이션에게 적절한 정보로 제공되어야만 한다. 둘째, 과거 행동을 기반으로 향후 네트워크 성능 파라미터를 어떻게 예측하고 측정하면

되는지에 대한 이슈를 제기(提起)했다. 네트워크 성능 예측과 관련된 기존 연구는 복잡한 통계 모델링(statistics modeling) 접근법을 사용한 것으로 향후 네트워크 성능 예측을 위해 측정된 과거 데이터를 기반으로 한 외삽적인(extrapolate) 통계 기법이라 말할 수 있다. 그러나 이들 연구는 가까운 미래에 대한 네트워크 성능 예측은 여전히 풀리지 않은 문제라고 주장했다[1]. 이를 해결하기 위하여 간단한 휴리스틱(heuristic) 기반 접근으로 네트워크 성능 상의 범위(1)를 기반으로 가까운 미래에 대한 다이나믹한 네트워크 성능을 예측할 수 있었다.

과거 많은 문헌에서는 트래픽량 예측에 대한 관련연구가 활발히 이루어졌으며 그만큼 네트워크 성능 모니터링에 있어 트래픽량 예측은 중요한 연구 분야 중 하나였다. 이에 대한 대표적인 연구 문헌은 <표 1>과 같다[2][3][4][5][6].

### 2.2 무선서비스(Wibro/Wimax 중심)으로

국내 Wibro(국외에서는 Wimax라 불림)라는 명칭으로 알려진 IEEE 802.16-2004와 IEEE 802.16e-2005 기술은 60km/h 이상 속도에서 이동성을 보장하는 이동 단말에게 1Mbps 이상의 하향 링크 대역폭과 128Kbps 이상의 상향 링크 대역폭 지원을 기본으로 하며 끊임없는 초고속 무선인터넷 서비스를 제공할 수 있도록 설계되었다. 국외 Wimax도 IEEE 802.16 에어 인터페이스(air interface) 표준으로 이동사용자 또는 스테이션(station) 상의 마이크로웨이브(microwave) RF 스펙트럼으로 데이터, 비디오, 보이스 등이 전달 가능한 기술로 브로드밴드 와이어리스 액세스(broadband wireless access)라 한다. Wimax은 고정형과 이동형으로 분류된다. 특히 이동형 Wimax은 소프트/최적화된 핸드오프(handoff), 단편적인 주파수 재사용, NLOS(Non Line Of Sight) 성능보다 우월한 요소, 실내 관통(貫通) 등에 대한 항목이 포함되어 있다. 이와 같은 무선서비스는 Wimax 포럼을 통하여 Wimax 시스템 프로파일(즉, 주파수 밴드, 채널 대역폭, 듀플렉싱 스키마(duplexing schema)와 연관됨) 시스템 개발과 벤더(vendor) 사이의 Wimax 상호운영성을 진척시키기 위하여 활발한 활동이 현재 진행 중이다. 무선서비스에 대한 관련연구 문헌은 비교적 최근 기술로 아래 <표 2>와 같다[7][8][9].

무선서비스는 아직 더 진화되어야 할 분야로 응용 및 융합 기술 적용에 대한 연구가 필요할 것으로 사료(思料)된다. 한 예로 Lygizou et. al처럼 인공위성 네트워크 단점인 거대한 라운드 지연 시간(round delay time) 때문에 실시간 애플리케이션 서비스가 적절치 않은 점을 Wimax와 병합하여 보다 진보된 QoS를 제공할 수 있는 연구, ITU-R에 IMT-Advanced 시스템 표준 규격 중 하나인 IEEE 802.16m 등에 대한 연구를 들 수 있다.

1) 네트워크 성능상의 범위는 ONPI와 RNPI로 분류함. 네트워크 성능은 ONPI와 RNPI 둘 사이로 기대할 수 있음  
 - ONPI(Optimistic Network Performance Index) : 기대되는 네트워크 성능이 가장 좋을 때를 의미함  
 - RNPI(Robust Network Performance Index) : 기대되는 네트워크 성능이 가장 낮을 때를 의미함

〈표 1〉 트래픽량 예측에 대한 관련연구

연구자	연구 내용
<p>P. Salvador et. al [2007]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구 동기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- IP 네트워크 전반적인 관리는 QoS 요구와 매일 새로운 애플리케이션 등장으로 대역폭에 대한 요구 증가로 인한 톨에 대한 필요성이 증가함</li> </ul> </li> <li>• 연구 목적                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 네트워크 관리자는 네트워크 토폴로지 또는 자원에 대한 완벽한 지식 없이도 트래픽 프로파일 방출 또는 다양한 사용자 수에 대한 네트워크 행동 접근이 가능해야 함</li> <li>- 따라서 본 논문은 LAN(Local Area Network)에 모든 중요 관점을 통합한 모델을 제안함</li> </ul> </li> <li>• 기여도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용된 모델은 단지 인바운드(inbound)/아웃바운드(outbound) 트래픽 기반에 대한 향후 QoS 예측을 위한 방안으로 사용할 수 있음</li> </ul> </li> </ul>
<p>김영신 외 3인 [2006]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구 동기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 분산된 자원을 관리하는 대부분의 시스템은 다른 관리 시스템과 호환되지 않는다는 문제점을 제기 (이 문제의 해결 대안은 데이터 그리드(data grid)라고 주장함)</li> <li>- GridFTP 사용은 병렬 전송 기술을 이용하기 때문에 네트워크 과부하가 발생할 가능성이 높고 많은 소켓연결로 생성된 응용 프로그램 때문에 네트워크 대역폭의 대부분을 점유하는 문제가 발생함</li> <li>- 이러한 병렬전송기술 특성이나 문제점에 대한 분석이 이루어지지 않고 있고 특히 소켓 연결 간의 간섭 현상에 대한 분석이 이루어지지 않고 있음</li> </ul> </li> <li>• 연구 목적                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 병렬 전송 특성을 여러 실험 결과를 통하여 분석했고 소켓 연결간의 간섭 현상을 분석함</li> </ul> </li> <li>• 기여도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 응용 프로그램이 요구하는 네트워크 대역폭 확보를 위한 소켓 연결 수 계산과 새로운 소켓 연결에 의한 간섭 발생 이후 기존 응용프로그램이 사용할 대역폭을 예측할 수 있었음</li> </ul> </li> </ul>
<p>A. Eswaradass et. al [2005]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구 동기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 네트워크 성능 예측이 가능한 솔루션은 존재하지 않음</li> </ul> </li> <li>• 연구 목적                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이러한 연구 동기로 빠른 네트워크 성능 예측을 위한 NBP(Network Bandwidth Predictor) 실행과 설계를 제안함</li> <li>※ NBP는 네트워크 대역폭 예측을 위한 접근으로 자연스럽게 네트워크에 적용할 수 있도록 만든 새로운 시스템임</li> </ul> </li> <li>• 기여도 : NBP는 보다 향상된 대역폭 예측이 된다는 것을 확인할 수 있었음</li> </ul>
<p>Y. Luo et. al [2005]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구 동기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- EPONs(Ethernet Passive Optical Networks)는 앤드 유저에게 통합된 브로드밴드 서비스(broadband service)를 전달할 수 있음</li> <li>- EPONs 결정적인 이슈는 로컬 사용자 사이에 공유된 업스트림 채널(upstream channel) 유틸리티로 효율적인 대역폭 할당 메커니즘(mechanism)을 로컬 사용자 네트워크 트래픽 사이에 통계적인 멀티플렉싱(multiplexing)이 용이도록 제공할 수 있어야 함</li> </ul> </li> <li>• 연구 목적                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다이내믹 대역폭 할당스키마를 제안. 즉, EPONs에 업스트림 채널 공유를 위한 LSTP(Limited Sharing with Traffic Prediction)를 의미함</li> <li>※ LSTP는 ONU(Optical Network Unit)와 OLT(Optical Line Terminal) 사이에 다이내믹한 대역폭 전송이 가능함</li> </ul> </li> <li>• 기여도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- LSTP는 데이터 손실과 데이터 지연 관련 QoS 매트릭(matrix)을 다른 존재한 스키마와 비교했을 때 보다 좋은 성능을 보여줌으로써 LSTP 가능성을 검증함</li> </ul> </li> </ul>
<p>W. Cui et. al [2003]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구 동기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다이내믹 링크 크기 조정으로 실시간 처리와 멀티미디어 트래픽(multimedia traffic)과 같은 서비스를 VPN(Virtual Private Network)상에서 자원 관리가 가능할 수 있다면 이와 같은 연구는 매력적인 연구 분야일 것임</li> </ul> </li> <li>• 연구 목적                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- VPN 링크 대역폭 크기 조정을 다이내믹한 선형 트래픽 예측 사용으로 접근함</li> <li>- 가르시안, ARMA(Auto Regressive Moving Average), FARIMA(fraction-al Auto Regressive Integrated Moving Average) 세가지 예측에 대한 성능 비교 결과를 제시함</li> </ul> </li> <li>• 기여도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비교 매트릭으로 버퍼 요구, 패킷 지연(packet delay) 변화를 수행하였고 제안한 L-PREDEC (Linear-Predictor with Dynamic Error Compensation)가 제시한 세가지 예측보다 더 좋은 결과를 보여줌</li> </ul> </li> </ul>

〈표 2〉 무선서비스에 대한 관련연구

연구자	연구 내용
김현우 외 4인 [2009]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구 동기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wibro 기술은 QoS를 보장하기 위하여 서비스 클래스(service class)를 구분한 각 클래스별 차별된 스케줄링(scheduling) 방식을 사용하지만 백본네트워크(backbone network)에 대해서는 정의되지 않음</li> <li>- 이러한 클래스별 QoS를 백본네트워크에서도 유지시켜주기 위하여 클래스별 대역폭 프로비저닝(provisioning)이 필요함</li> </ul> </li> <li>• 연구 목적                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- IEEE 802.16e 네트워크 환경에서 기지국이 받은 트래픽을 예측하여 백본 네트워크의 대역폭 프로비저닝 방법을 제안함</li> <li>- 트래픽을 4개의 클래스로 정의하고 각 클래스별 트래픽을 박스-젠키스(Box-Jenkins)의 시계열 분석법으로 사용한 예측임</li> </ul> </li> <li>• 기여도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 클래스별 대역폭을 고정적으로 프로비저닝 한 경우와 비교하여 패킷 손실(packet loss) 및 QoS 보장률 성능이 향상됨을 증명함</li> </ul> </li> </ul>
A. Lygizou et. al [2009]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구 동기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 요구한 서비스 용량과 요구사항에 대한 보다 진보된 QoS 용량 제공이 필요함</li> </ul> </li> <li>• 연구 목적                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인공위성과 Wimax 환경을 병합하여 사용된 스케줄링 메커니즘을 평가하고 기술함</li> <li>- 1) 주어진 대역폭 시간에 Wimax 네트워크 필요성을 평가하기 위한 인공위성 대역폭 요구</li> <li>- 2) 인공위성 채널 상에 대역폭 할당</li> <li>- 3) Wimax 사용자 분포로 이들 세가지 항목에 대한 메커니즘을 구성</li> </ul> </li> <li>• 기여도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스케줄링 메커니즘 시뮬레이션 결과, 대역폭과 지연은 보다 단순한 메커니즘으로 성능이 향상됨을 알 수 있었음</li> </ul> </li> </ul>
B. Upase et. al [2007]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구 동기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 용량 분석과 간섭 마진 계산을 위한 혁신적인 알고리즘이 포함된 툴이 필요함</li> </ul> </li> <li>• 연구 목적                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 Wimax 요소들과 설계 기술(즉, 네트워크 커버리지 최적화(network coverage optimization), 용량, 서비스 요구 등)을 강조한 설명과 Wimax 네트워크를 위한 월드와이드 상호운영성 설계 및 디멘전(dimension)이 포함된 복잡한 하이레벨(high-level)을 소개함</li> </ul> </li> <li>• 기여도                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발한 Wimax 네트워크 디멘전 툴은 존재한 2G/3G 기술과 비교할 때 높은 데이터처리율과 거대한 커버리지, 임의의 거대한 수를 허용할수 있었음</li> </ul> </li> </ul>

### 3. 전자상거래 트래픽량 모델

#### 3.1 측정 툴

거대한 네트워크 망에 대한 모델링과 시뮬레이션이 가능한 툴로 NS2, OPNET, OMNeT++<sup>2)</sup> 등이 존재한다[10]. 이외의 다른 시뮬레이션도 존재하지만 본 연구에서는 OPNET을 사용하였다. OPNET을 사용한 목적은 첫째, 실제 종단간 망의 엔드 유저가 체감한 네트워크 데이터를 측정할 수 있다. 둘째, 측정된 네트워크 데이터를 임포트 가능한 가상 네트워크 환경 구성, 네트워크 모델링을 보다 편리하게 구성할 수 있는 장점과 구성된 노드는 각 통신제조사의 표준 스펙을 준수하여 개발된 모듈이기 때문이다. 끝으로 가상 네트워크 환경구성을 최대한 실제 망과 유사하게 구성할 수 있도록 백그라운드 트래픽 제공이 가능하므로 OPNET사의 Modeler(버전 14.5)로 선정하였다. 이와 같은 기능들은 다른 네트워크 시뮬레이션 소프트웨어에서 제공하기 어려운 기능이라고 해도 과언(過言)이 아니다.

Modeler는 네트워크 설계자 또는 QoS 전문가들이 애용(愛用)하는 상용 제품으로 연구 목적인 대학교 및 연구소에서 사용되며 국방부의 차세대 정보통신망 최적화 설계 분야에서도 이를 이용하였다[11]. 뿐만 아니라 기업을 위한 네트워크 컨설팅(network consulting) 업체에서도 이를 주로 사용하고 있다. Modeler는 여러 개의 모듈로 구성되어 있고 각 모듈마다 기능이 다르므로 연구자는 필요한 모듈만 가지고 사용하면 된다. 본 연구에서 사용된 모듈은 ACE(Application Characterization Environment), ADM(ACE Decode Module), Flow Analysis로 이에 대한 특성은 아래 <표 3>과 같다.

시뮬레이션 유형의 다른 종류로 DES(Discrete Event Simulation)와 Hybrid Simulation은 이전 많은 문헌에 소개되었으므로 구체적인 언급은 지면관계상 생략하기로 한다[12]. 하지만본 연구에서 사용된 Flow Analysis와 DES의

2) OMNeT++는 1992년에 Budapest 공과대학에서 개발한 객체 지향 이벤트 기반 시뮬레이션 엔진의 통신 프로토콜, 컴퓨터 네트워크, 멀티프로세서, 분산시스템 등 다양한 형태의 시뮬레이션을 위해 사용할 수 있음

<표 3> 모듈별 특성

모듈명	특성
ACE/ ADM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 네트워크 애플리케이션 트러블슈터 (troubleshooter), 분석 등을 시각화할 수 있도록 제공</li> <li>• 네트워크 관리자와 애플리케이션 개발자가 ACE를 사용                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 핀포인트 네트워크(pinpoint network)와 애플리케이션 병목(bottleneck) 분석</li> <li>- 애플리케이션 문제 진단</li> <li>- 다양한 구성과 네트워크 조건상에 애플리케이션 성능을 예측</li> </ul> </li> <li>• ADM으로 응용프로그램 코드를 분석</li> </ul>
Flow Analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 분석적 기술사용과 네트워크 모델에 대한 알고리즘 제공, 안정된 상태의 네트워크를 학습하기 위한 특성을 가짐</li> <li>• 명시적 트래픽(explicit traffic)과 백그라운드 트래픽에 의존</li> <li>• 네트워크상의 중단간 경로들, 링크 이용률(link utilization)/처리율(throughput)을 최적화</li> <li>• 안전한 라우팅(routing) 프로토콜의 변화를 평가</li> <li>• 라우팅 정책 설계와 평가</li> <li>• 결합에 안전한 네트워크 설계</li> <li>• 네트워크상의 실패 영향을 분석</li> <li>• 구성/생존성 분석 실행(run survivability analysis) : 구성된 네트워크 환경에 대한 생존성 분석</li> <li>• 구성/용량 설계 실행(run capacity planning) : 구성된 네트워크 환경에 대한 향후 트래픽을 예측</li> </ul>

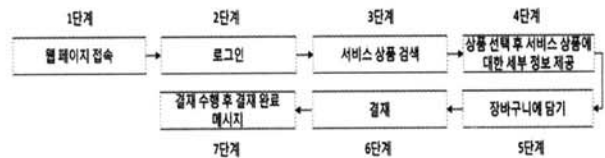
시뮬레이션 차이점이 존재하므로 이를 <표 4>에서 언급했다. 기타 세부적인 Flow Analysis 정의 및 기능은 4장에서 기술하기로 한다.

<표 4> Flow Analysis vs. DES 시뮬레이션 차이점

번호	차이점
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flow Analysis 지연 계산과 DES 지연 계산이 다름                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- DES는 각 개별 패킷의 길이를 고려한 패킷 지연을 계산</li> <li>- Flow Analysis는 243bytes의 평균 패킷사이즈를 이용한 패킷 지연으로 계산</li> </ul> </li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flow Analysis는 트래픽에 대한 중단간 지연을 계산할 때 아래와 같은 컴포넌트(component)들을 포함함                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 링크 전송 지연(link transmission delay) : 평균 패킷사이즈(1,944 bits)와 링크율을 기반으로 함</li> <li>- 링크 전파 지연(link propagation delay) : 링크 길이와 구성된 전파속도를 기반으로 함</li> <li>- 링크 큐잉 지연(link queueing delay) : 패킷이 서비스되기 이전 큐안에서의 대기 시간을 의미함. 링크 큐잉 지연은 M/G-타입 큐잉<sup>3)</sup>분석을 이용하여 계산하고 다음과 같은 큐잉 알고리즘을 제공함                             <ul style="list-style-type: none"> <li>①단일 큐 FIFO(First In First Out) 스케줄링,</li> <li>②선택적인 LLQ<sup>4)</sup>내의 다중 큐 CBWFQ<sup>5)</sup></li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

3.2 전자상거래 구축

중단간 전자상거래 시스템의 트래픽 예측을 위해 B2C (Business-to-Consumer) 쇼핑몰을 구축한다. 쇼핑몰은 웹 서버와 데이터베이스 서버로 구성하였다. 웹 상에서 서비스를 위해 다양한 웹 서버와 웹 프로그램이 존재하지만 본 연구를 위한 쇼핑몰 웹 서버는 Microsoft사의 인터넷 정보 서비스(버전 6.0)와 MS-SQL Server 2005 데이터베이스로 구축하였다. 웹 서비스를 위한 프로그램은 ASP.NET(C# 기반)을 사용하였다. 쇼핑몰의 연속적인 트랜잭션은 총 7 번으로 아래 (그림 1)과 같이 구성하였다.



(그림 1) 쇼핑몰의 연속적인 트랜잭션

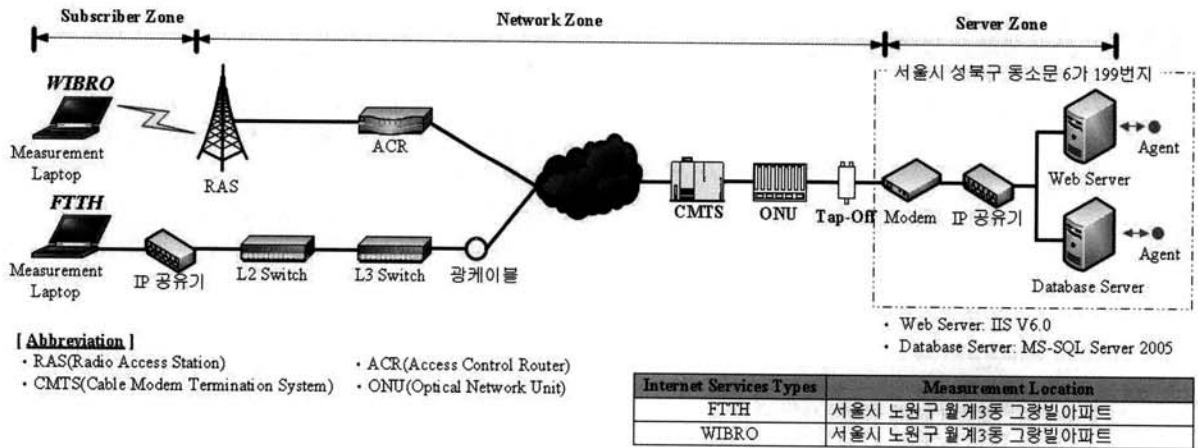
위 (그림 1)과 같이 1단계부터 7단계까지 절차가 끝나면 연속적인 트랜잭션이 종료된다. 실제 전자상거래의 결제 부분은 전자지불 서버 인증기관과 은행/카드사에 있는 결제 서버와 상호 연동한다. 그러나 구축한 전자상거래의 결제 부분은 데이터베이스로 제어했다. 그 이유로 서버 인증기관에 있는 서버와 연동을 시도하기 위해서는 추가적인 비용이 소요된다. 즉, 고객이 하나의 상품을 카드로 결제했다면 결제한 금액 중 일부를 전자지불 서버 인증기관과 은행/카드사에 지불해야만 하기 때문에 데이터베이스로 제어하였다.

트랜잭션에 대한 썩크 타임(think time) 처리는 배제하였다. 즉, 고객이 원하는 상품을 선정하여 연속적인 처리를 수행토록 반영하였다. 만약 고객이 쇼핑하는 중 다른 용무나 혹은 지불결제를 하지않을 경우 데이터베이스내의 테이블 결과값은 반영되지 않도록 구성하였다.

3.3 중단간 네트워크 측정 구성

과거 초고속인터넷 서비스 상품인 ADSL, VDSL, Cable, Wireless Lan을 이용한 QoS 연구는 선행됐지만 이들 상품보다 진화된 서비스 상품인 FTTH, Wibro를 이용한 중단간 트래픽량 예측과 링크 로드 분석 연구는 찾을 수가 없었다. 따라서 우리는 FTTH, Wibro 서비스 상품을 선택하였다.

3) M/G-타입 큐잉(M/G-type queueing)이란 서비스 시간에 대한 임의의 분포와 지수 분포 도착 시간을 의미함  
 4) LLQ(Low-Latency Queue)는 CBWFQ에 PQ(Priority Queueing)를 혼합한 큐잉기법으로 우선 처리해야 할 트래픽은 PQ로 수행하고 나머지는 CBWFQ로 수행함. 우선 처리해야 할 트래픽인 실시간 트래픽들은 PQ로 처리하고 나머지는 CBWFQ로 처리하는 큐잉기법으로 Cisco에서 보이스에 대한 QoS처리를 위해 개발하였음  
 5) CBWFQ(Class Based Weighted Fair Queueing)는 WFQ 확장판으로 각 클래스마다 대역폭 가중치 패킷 제한 정책을 정의할 수 있음. 또한 WFQ에서 혼잡 회피로 테일 드롭(tail drop)만을 사용한 반면 CBWFQ에서는 WRED(Weighted Random Early Discard)도 사용할 수 있음



(그림 2) 실험 구성도

중단간 네트워크 망을 측정하기 위한 근본적인 목적은 네트워크 QoS를 향상시키기 위한 방법으로 중단간 트래픽량 예측과 라우터간 링크 로드 분석을 위한 사전 작업이다. 중단간 네트워크 구간은 가입자 구간, 네트워크 구간, 서버 구간으로 분류할 수 있다. 100Mbps 대역폭이 제공되는 FTTH는 IP 공유기 ↔ L2 Switch ↔ L3 Switch ↔ 광케이블 ↔ CMTS ↔ ONU ↔ Tap-Off ↔ Modem ↔ IP 공유기 ↔ 웹 서버와 데이터베이스 서버 순서로 서비스가 진행된다. 반면 서비스 품질을 보증하는 IEEE 802.16e인 Wibro (Downlink 30Mbps/Uplink 6Mbps 대역폭 제공)는 RAS ↔ ACR ↔ CMTS ↔ ONU ↔ Tap-Off ↔ Modem ↔ IP 공유기 ↔ 웹 서버와 데이터베이스 서버 순서로 서비스가 진행된다. 전자상거래 서버들이 위치한 곳은 100Mbps 지역 케이블로 구성되어 이 서비스에 전용선 서비스 업체에서 제공되는 IP4 Manager라는 소프트웨어를 설치하면 전용선과 동일한 서비스를 제공받을 수 있다. 즉, 전자상거래 서버들의 링크는 100Mbps 대역폭이지만 유동 IP와 달리 IP4 Manager를 통해 웹 서버와 데이터베이스 서버에 고정 IP를 할당한다. 전용선 서비스 업체에서 제공하는 전용선의 대역폭은 하향 링크 대역폭 2Mbps/상향 링크 대역폭 500Kbps로 제공된다. 이와 같은 전자상거래 서비스 환경에 대한 실험 구성도는 아래 (그림 2)와 같다. FTTH, Wibro 서비스 상품마다 제공되는 네트워크 대역폭을 기반으로 상거래의 연속적인 트랜잭션에 대한 트래픽량을 측정하였다. 측정은 FTTH와 Wibro에 설치된 고객 댁내에서 측정 툴인 ACE/ADM을 사용하여 총 3일간 트래픽량을 수집하였다. 이들 서비스 상품에 대한 트래픽량 측정 결과는 다음절에서 기술하였다.

### 3.4 네트워크 데이터 측정 결과

중단간 네트워크 환경에 대한 링크 이용률을 분석하기 위

해서는 다양한 네트워크 성능 요소인 충분한 네트워크 자원, 네트워크 대역폭과 에러율(error rate), 지연 지터(jitter), 채택된 지연상의 전송 데이터를 위한 효율적인 통신 제공으로 보장된 대역폭 전송서비스가 제공되어야만 고객 QoS를 만족할 수 있을 것이다. 그러나 전용선이 아닌 Best-effort Service는 실제 네트워크 망 특성상 보장된 대역폭 전송서비스를 고객에게 제공하기 어렵다는 점이 존재한다. 트래픽량 예측과 라우터간 링크 로드 분석을 위하여 (그림 2)의 실험 구성도처럼 실험에서 측정된 트래픽인 네트워크 데이터<sup>6)</sup>(network data(bytes))를 추출한다. 이처럼 실험에서 측정된 트래픽 결과값 내에는 노드(예, 웹 서버, 데이터베이스 서버) 프로세싱(processing) 상태가 네트워크 데이터 내에 포함되어 있으므로 이 네트워크 데이터를 가상 네트워크 환경에 임포트하여 트래픽량 예측과 링크 로드 분석 모델링을 할 수 있기 때문이다. 보다 세부적인 내용은 4.2절에서 언급하기로 한다.

중단간 전자상거래 환경에 대한 측정된 네트워크 데이터는 아래 <표 5>와 같다. 수집된 초고속인터넷 서비스 유형의 평균 네트워크 데이터는 FTTH가 Wibro보다 더 많은 네트워크 데이터가 수집되었다. 그 이유는 FTTH는 100Mbps 대역폭으로 고객에게 초당 제공하는 트래픽량이 Wibro보다 크기 때문이다. 추가적으로 중단간 트랜잭션 측정 결과, FTTH 지연구간은 네트워크 구간에서 발생했으며 Wibro 지연구간은 가입자 구간으로 분석되었다. 즉, FTTH와 같은 100Mbps 광서비스로 인하여 가입자 구간의 지연은 이전 초고속인터넷 서비스보다 상당 부분 지연 구간이 개선됐음을 알 수 있었다. 반면 Wibro는 가입자 구간 지연으로 ISP 사업자는 네트워크 장비 증설을 고려하여 고객에게 보다 더 좋은 서비스를 제공해야 할 것으로 생각된다.

6) 네트워크 데이터 : 모든 네트워크 레이어로부터 보낸 총 바이트 수를 의미함

〈표 5〉 FTTH vs. Wibro 네트워크 데이터 측정 결과(단위:bytes)

No.	FTTH	WIBRO
1	907,507	144,191
2	844,143	178,359
3	864,017	191,064
4	852,550	146,274
5	861,651	144,231
6	875,379	139,705
7	851,380	148,813
8	844,580	145,359
9	855,445	133,077
10	864,356	183,183
Avg.	862,101	155,426

### 4. 가상 네트워크 모형

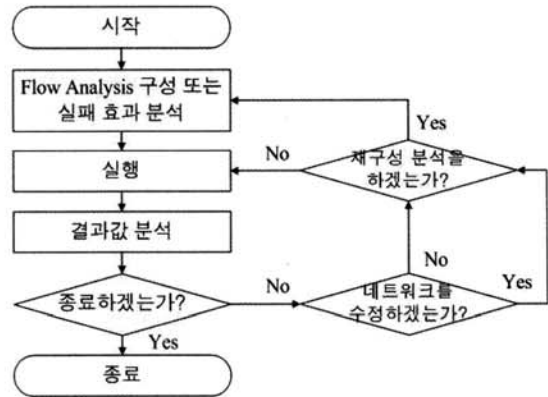
#### 4.1 Flow Analysis

Flow Analysis는 IP, ATM, Frame Relay, Circuit-Switched 네트워크를 분석할 수 있다. 네트워크 분석시, Flow Analysis는 네트워크 주소와 라우팅 프로토콜 실행에 대한 보다 세부적인 모델뿐만 아니라 네트워크 내의 트래픽 플로우(traffic flow)를 고려할 수 있다. 이들 모델은 벤더를 실행하는데 있어 표준을 기반으로 한다. 네트워크 설계자, 트래픽 엔지니어(traffic engineer), 망 운영자 등은 현재 네트워크 문제를 진단하는데 도움을 주고 향후 트래픽량을 예측하는데 도움을 줄 수 있는 소프트웨어 시뮬레이션 툴이다. Flow Analysis 기능 중 생존성 분석은 다양한 실패 시나리오(failure scenario) 상의 성능 실패 없이 네트워크 성능을 비교할 수 있으므로 성능 실패 사례 연구에 사용할 수 있다. 실패 시나리오를 만들 때 네트워크 설계자는 한쌍 또는 네트워크 일대일 실패에 대한 네트워크 오브젝트(network object) 집합을 선택 또는 실패 시킬 수도 있다. 이처럼 반복적인 기술을 사용함에 있어 Flow Analysis 기능은 네트워크 실패 문제에 대한 빠른 답변이 가능토록 도움을 줄 수 있다. 네트워크 설계자가 분석 완료 후 보다 빠른 이해를 제공하기 위하여 보고서(를) 학습함으로써 실패 네트워크 오브젝트 또는 보다 많은 네트워크 사용 효과로 접근할 수 있다. 즉, 개별적인 네트워크 오브젝트와 수집된 네트워크에 대한 정보를 포함할 수 있다.

Flow Analysis와 함께 네트워크 설계자는 네트워크 동작에 있어 장치 구성, 장비 실패, 트래픽 종류, 트래픽량 등의 파급 효과를 분석할 수 있다.

- Flow Analysis 실행은 링크 상의 트래픽 로드 결과와 각 가상 서킷(virtual circuit) 또는 트래픽 플로우로 주어진 경로를 보여줄 수 있으므로 라우팅과 연관된 연구 수행이 가능함

- 실행시 실패에 대한 파급 효과 분석으로 네트워크 설계자는 라우터 테이블에 포함되지 않은 트래픽, 불충분성, 올바르지 않은 자원들과 같은 위험을 식별하기 위한 다중 실패 시나리오를 수행할 수 있음
- 실패된 네트워크 객체 선택, 즉, Flow Analysis 수작업 또는 생존 분석 관련 프로그램 등으로 네트워크 설계의 QoS 특성과 결합 허용(fault tolerance)을 시험할 수 있음
- 용량 설계 분석 시 네트워크 설계자는 제안된 서비스 레벨 또는 개설된 네트워크 내에서 서비스를 전달할 수 있음
- VoIP 용이성 평가로 네트워크 설계자는 존재하는 트래픽 로드상의 보이스 트래픽(voice traffic)을 추가할 때 제안된 서비스 레벨 또는 구축된 서비스를 전달할 수 있는 네트워크를 결정할 수 있음



(그림 3) Flow Analysis와 생존성 분석 워크플로우

Flow Analysis와 생존성 분석 워크플로우를 살펴보면 위(그림 3)과 같다. Modeler 상에서 Flow Analysis 구성 또는 실패 효과(failure impact) 분석 실행 후 실행 결과에 대한 분석 보고서가 제공되며 네트워크 설계자가 이 분석 보고서를 통해 결과값을 분석한다. 결과값 분석이 끝나면 시뮬레이션을 종료하고 그렇지 않으면 네트워크 설계자가 가상 망 환경을 재구성한 후 다시 시뮬레이션을 실행한다. 분석 보고서를 통해 결과값을 분석한 후 이상이 없으면 시뮬레이션을 종료하고 마친다[13].

#### 4.2 가상 트래픽량 예측과 링크 로드 분석

가상 망 환경을 구성하기 이전 본 절에서는, 어떻게 트래픽을 예측했는지에 대한 사례 조사, Cisco의 트래픽 전망 조사, 본 연구주체인 Flow Analysis로 중단간 트래픽량을 예

- 7) Flow Analysis 보고서는 아래와 같은 빠른 접근이 가능토록 제공함
- 각 네트워크 오브젝트에 대한 이용률과 성능 통계 제공
  - 성능 보고서는 컴포넌트의 세부적인 고장을 제공
  - 각 플로우 또는 VC(Virtual Circuits)에 대한 중단간 라우팅 제공
  - 정상적인 지연을 각 플로우 또는 VC로 측정
  - 각 라우터 상의 각각 구성된 IP 라우팅 프로토콜에 대한 라우팅 테이블(routing table) 제공
  - 세부적인 프로토콜 구성과 네트워크 목록 보고서 등을 제공

〈표 6〉 정보통신기술/통신망의 발전 추세 예측

분류	설명																																							
무어의 법칙 (Moore's Law)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '새로이 개발되는 메모리칩(memory chip)의 능력은 18개월에 약 2배가 된다.'는 기술 개발 속도에 관한 법칙으로 미국 Intel사의 창시자인 전 회장 무어(Gordon Moore)가 1965년에 제안(提言)</li> <li>• Coffman et. al에 발표된 인터넷 트래픽 예측에 관한 내용</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>수년간 인터넷망의 트래픽을 분석한 결과 약 1년마다 전송량이 2배로 증가하는 무어의 법칙이 적용됨을 밝힘</p> <p>광섬유 한 가닥당의 전송 용량은 반도체에서의 무어의 법칙과 유사한 증가 추이를 보임(약 1.5년마다 2배 증가)</p> </div> <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>Table 5.1. Widespread deployment of WDM systems.</caption> <thead> <tr> <th>system description</th> <th>fiber capacity</th> <th>wide deployment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8 × 2.5 Gb/s</td><td>20 Gb/s</td><td>1996</td></tr> <tr><td>16 × 2.5 Gb/s</td><td>40 Gb/s</td><td>1997</td></tr> <tr><td>32 × 2.5 Gb/s</td><td>80 Gb/s</td><td>1999</td></tr> <tr><td>80 × 2.5 Gb/s</td><td>200 Gb/s</td><td>2000</td></tr> <tr><td>40 × 10 Gb/s</td><td>400 Gb/s</td><td>mid to late 2000</td></tr> <tr><td>160 × 2.5 Gb/s</td><td>400 Gb/s</td><td>mid to late 2000</td></tr> <tr><td>80 × 10 Gb/s</td><td>800 Gb/s</td><td>2002</td></tr> <tr><td>160 × 10 Gb/s</td><td>1.6 Tb/s</td><td>2003</td></tr> <tr><td>40 × 40 Gb/s</td><td>1.6 Tb/s</td><td>2003</td></tr> <tr><td>80 × 40 Gb/s</td><td>3.2 Tb/s</td><td>late 2003 to early 2004</td></tr> <tr><td>100 × 40 Gb/s</td><td>4 Tb/s</td><td>2005</td></tr> <tr><td>160 × 40 Gb/s</td><td>6.4 Tb/s</td><td>2007</td></tr> </tbody> </table>	system description	fiber capacity	wide deployment	8 × 2.5 Gb/s	20 Gb/s	1996	16 × 2.5 Gb/s	40 Gb/s	1997	32 × 2.5 Gb/s	80 Gb/s	1999	80 × 2.5 Gb/s	200 Gb/s	2000	40 × 10 Gb/s	400 Gb/s	mid to late 2000	160 × 2.5 Gb/s	400 Gb/s	mid to late 2000	80 × 10 Gb/s	800 Gb/s	2002	160 × 10 Gb/s	1.6 Tb/s	2003	40 × 40 Gb/s	1.6 Tb/s	2003	80 × 40 Gb/s	3.2 Tb/s	late 2003 to early 2004	100 × 40 Gb/s	4 Tb/s	2005	160 × 40 Gb/s	6.4 Tb/s	2007
system description	fiber capacity	wide deployment																																						
8 × 2.5 Gb/s	20 Gb/s	1996																																						
16 × 2.5 Gb/s	40 Gb/s	1997																																						
32 × 2.5 Gb/s	80 Gb/s	1999																																						
80 × 2.5 Gb/s	200 Gb/s	2000																																						
40 × 10 Gb/s	400 Gb/s	mid to late 2000																																						
160 × 2.5 Gb/s	400 Gb/s	mid to late 2000																																						
80 × 10 Gb/s	800 Gb/s	2002																																						
160 × 10 Gb/s	1.6 Tb/s	2003																																						
40 × 40 Gb/s	1.6 Tb/s	2003																																						
80 × 40 Gb/s	3.2 Tb/s	late 2003 to early 2004																																						
100 × 40 Gb/s	4 Tb/s	2005																																						
160 × 40 Gb/s	6.4 Tb/s	2007																																						
메트칼프의 법칙 (Metcalfe's Law)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LAN의 원조인 Ethernet(1973)을 개발한 로버트 메트칼프는 "하나의 네트워크의 유연성 또는 효율성은 그 네트워크 사용자 숫자의 제곱이다"라고 제안</li> </ul>																																							
길더의 법칙 (Gilder's Law)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1980년대 이후 데이터 전송 능력의 증가 및 대용량의 콘텐츠가 제공되어 무어의 법칙과 메트칼프의 법칙을 능가함에 따라 George Gilder는 이 엄청난 광대역을 통과시켜야 할 대역폭이 3~6개월만에 두배로 증가한다고 주장</li> </ul>																																							

측하는 기술 이들 세가지로 분류하여 언급하기로 한다. 첫 번째의 선행(先行) 연구보고서인 국방부의 차세대 국방정보통신망 최적화 설계 연구 내용 중 정보통신기술/통신망의 발전 추세를 예측하기 위한 3가지 법칙을 기술하였다. 3가지 법칙이란 무어의 법칙(Moore's Law), 메트칼프의 법칙(Metcalfe's Law), 길더의 법칙(Gilder's Law)으로 세부적인 내용은 위 <표 6>과 같다. 이 보고서는 트래픽 증가 요인 분석, 수요 예측 모델 시나리오<sup>8)</sup>로 구성되어 차세대 국방정보통신망의 수요 예측 모델로 트래픽 예측 접근을 수행했으나 트랜잭션 기반의 중단간 사용자 수 증가 비율에 대한 트래픽 예측 연구는 아니었다[14].

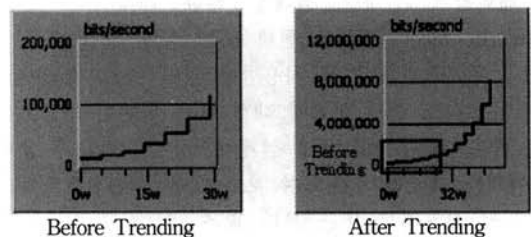
두 번째인 Cisco White Paper 내용 중 연간 전세계 IP 트래픽은 2009년부터 2014년까지 연평균 34% 성장을 지속하여 2009년보다 4배 증가한 767 exabytes<sup>9)</sup>(한달기준 64 exabytes)에 달할 것으로 전망하였다.

- 전세계 IP 트래픽이 2009년 동안 45% 증가하였고 연간 176 exabytes (한달기준 15 exabytes)에 달함
- 2014년 한달 평균트래픽은 32백만명의 사용자들이 한 달 내내 영화 아바타를 3D로 계속 스트리밍하는 것과 같은 수준임

각 분야별 트래픽 전망은 아래 <표 7>과 같다. 이처럼 다가올 미래의 트래픽량은 인터넷, 비디오, 모바일 트래픽 등으로 급격히 증가할 것으로 Cisco는 전망했다[15].

마지막인 Flow Analysis로 중단간 트래픽량을 예측하기 위한 기술이다. 존재하는 트래픽 데이터는 Well-known 기술<sup>10)</sup>을 이용하여 향후 트래픽 레벨을 예측하기 위한 기술로

사용할 수 있다. 이러한 프로세스를 트렌딩(trending)이라 불린다. 트래픽량 설계 분석 일부분으로 사용자의 트래픽 트렌드(traffic trend)에 대하여 Modeler는 각 트래픽 프로파일 수정과 네트워크 내의 트래픽을 시험할 수 있다. 왜냐하면 이것은 현재 트렌드(current trend)를 기반으로 향후 트래픽량을 예측할 수 있기 때문이다. (그림 4)는 트렌드 트래픽에 대한 샘플로 왼쪽 그래프(Before Trending)는 30주까지 트렌드 트래픽을 식별한 것이며 오른쪽 그래프(After Trending)는 왼쪽 그래프 내에서 보여준 트렌드를 따른 향후 트래픽을 예측한 하나의 예시이다.



(그림 4) 샘플 트렌드 트래픽

- 8) 차세대 국방정보통신망 증가 추이를 기반으로 수요 예측 모델을 2가지 트래픽 증가 시나리오로 구성
  - Typical 시나리오 : 트래픽 총량이 2배로 증가하는 기간을 2년으로 가정
  - Positive 시나리오 : 낙관적인 시나리오로서 트래픽 총량의 2배 증가 기간을 1.5년으로 가정

9) 1 exabyte = 1,000,000,000 gigabyte

10) Well-known 기술 : 이 기술의 한 예로 메타휴리스틱(Metaheuristic) 기법인 Genetic Algorithm, Simulated Annealing, TABU Search를 들 수 있음. 이들 기법들의 공통점은 개념과 이론이 단순하고 해공간의 탐색능력이 우수하여 공학, 자연과학, 경영학, 사회과학 등의 최적화 분야 또는 의사결정 분야에 응용가능하다는 것임. 조합의 최적화문제로 해석되는 현실의 문제를 해결하기 위해 다양한 영역으로부터 아이디어를 얻은 결과로 볼 수 있음



〈표 7〉 전 세계 분야별 트래픽 전망

분류	설명
전 세계 인터넷 트래픽 전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2014년의 인터넷은 2009년보다 4배 증가하여 2014년 말에는 120억 개의 DVD가 매달 인터넷에 유통되는 것과 같을 것임</li> <li>• P2P의 트래픽량은 증가(한달 평균 3.5 exabytes에 달하며 2014년까지 연평균 16% 성장할 전망)하고 있지만 전체 IP 트래픽에서 차지하는 비중은 감소하고 있음</li> </ul>
전 세계 비디오 트래픽 전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모든 종류의 비디오 트래픽(예, TV, VOD, Internet, P2P) 총량이 2014년 경 전 세계 개인 인터넷 트래픽의 91% 이상을 차지할 것임(인터넷 비디오 트래픽은 57%)</li> <li>• 3D, HD와 같은 고품질 인터넷 비디오는 2009년부터 2014년까지 23배 폭증하여 전체 개인 인터넷 비디오 트래픽의 46%를 차지할 전망임</li> <li>• 화상통신 트래픽 증가가 가속화(2009년부터 2014년까지 7배 성장할 전망)와 실시간 비디오 성장(2014년까지 Internet TV가 개인 인터넷 트래픽의 8% 이상, 주변동영상(Ambient Video)이 별도로 5%를 차지할 전망)이 주목됨</li> <li>• VOD 트래픽이 2014년까지 2년 반을 주기로 두배씩 증가할 전망</li> </ul>
전 세계 모바일 트래픽 전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전 세계 모바일 데이터 트래픽이 2014년까지 매년 두배씩 증가할 것이며 이는 2009년 대비 39배 증가한 것임 - 2009년부터 2014년까지 연평균 108% 성장하며 2014년에는 한달간 3.6 exabytes에 달할 것으로 전망</li> <li>• 2014년까지 전 세계 모바일 데이터 트래픽의 약 66%를 비디오가 차지할 전망임 - 모바일 비디오는 2009년부터 2014년까지 연평균 131% 성장할 전망으로 Cisco 조사에서 가장 급성장하는 분야로 예측함</li> </ul>

〈표 8〉 그림 5 내의 가상 망 환경 설정

Classification	FTTH	WIBRO
Case 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자 수 : 32 (각 그룹 당 16명)</li> <li>• 트래픽 플로우 수 : 56</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자 수 : 32</li> <li>• 트래픽 플로우 수 : 30, 기지국 수 : 4</li> </ul>
Case 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자 수 : 160 (각 그룹 당 16명)</li> <li>• 트래픽 플로우 수 : 240</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자 수 : 160</li> <li>• 트래픽 플로우 수 : 30, 기지국 수 : 4</li> </ul>
Case 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자 수 : 320 (각 그룹 당 16명)</li> <li>• 트래픽 플로우 수 : 650</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자 수 : 320</li> <li>• 트래픽 플로우 수 : 30, 기지국 수 : 4</li> </ul>
Case 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자 수 : 640 (각 그룹 당 16명)</li> <li>• 트래픽 플로우 수 : 2070</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자 수 : 640</li> <li>• 트래픽 플로우 수 : 30, 기지국 수 : 4</li> </ul>

#### 4.2.1 Part 1. 가상 망 환경 구성 방법(안)

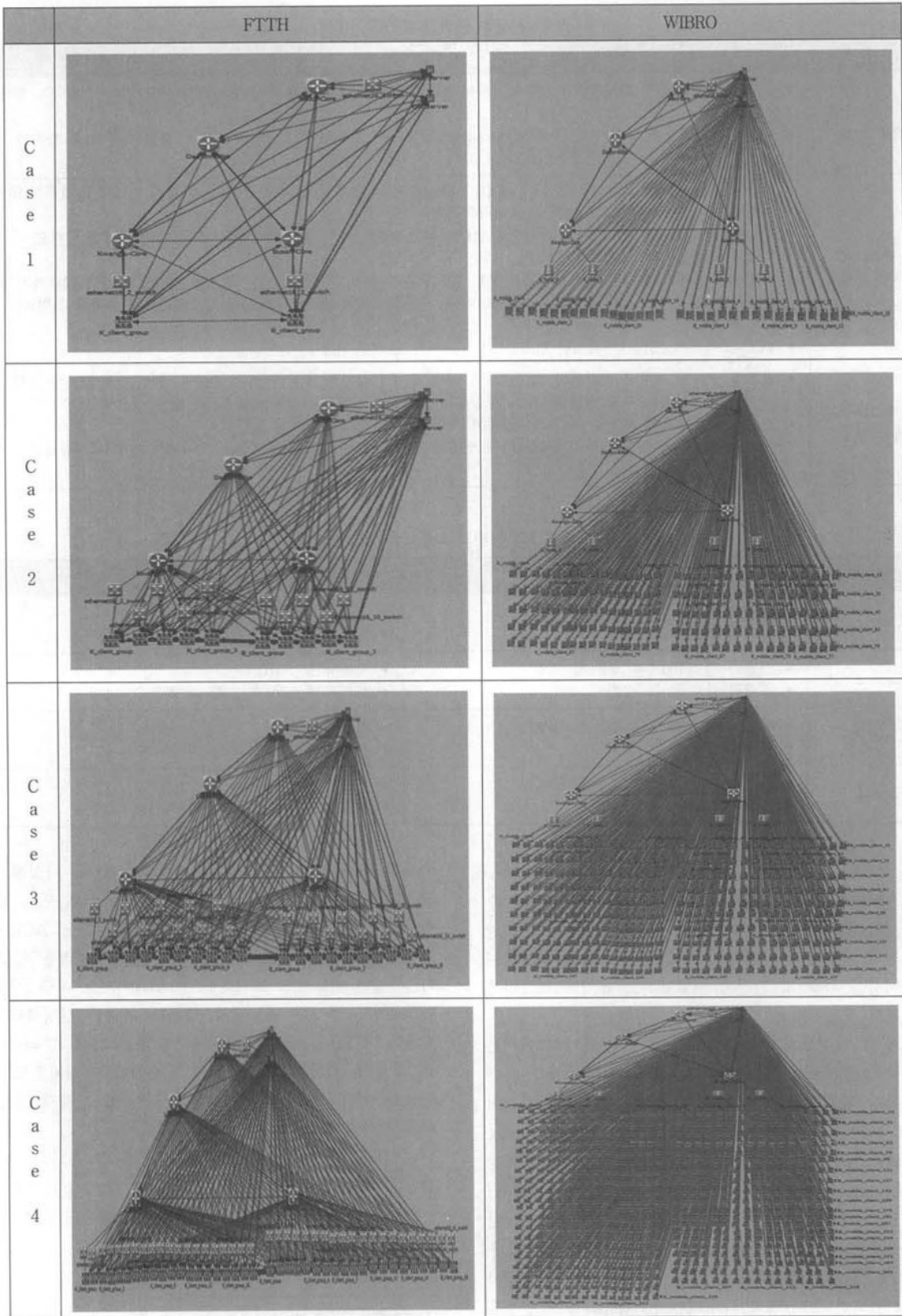
가상 망 환경은 FTTH와 Wibro로 분류한 후 사용자 수를 32명, 160명, 320명, 640명으로 점차 증가시킨다. 가상 망 환경 구성이 완료됐으면 실제 망 환경에서 측정된 전자상거래 트랜잭션을 가상 망 환경에 임포트하고 동시에 백그라운드 트래픽도 생성시키는 시나리오로 구성하였다.

위와 같은 방법으로 가상 망 환경을 구성하기 위해서는 다음과 같은 순서로 구성해야 한다. 첫째, 가상 라우터에 대한 cfg 확장 파일<sup>11)</sup>을 구성한다. 둘째, 각 cfg 확장 파일이 구성되면 장치 구성으로부터 임포트(import from device configuration)로 cfg 확장 파일을 불러온다. 셋째, cfg 확장 파일 로딩(loading)이 끝나면 코어(Core)/에지(Edge) 라우터 간의 링크가 자동 설정되어진다. 만약 링크가 연결되지 않을 경우 임포트 보조(import assistant)로 연결할 수 있다. 넷째, 링크 설정 완료 후 코어/에지 라우터간의 단말 장치 추가가 완료되면 코어/에지 라우터간 100Mbps 링크 설정을 수작업으로 연결한다. 단, 사용자 수를 32명부터 640명까지

증가한 가상 망 환경은 각각 구성해야 한다. 다섯째, 실제 망 환경에서 측정된 전자상거래 트랜잭션을 임포트 트래픽 플로우(import traffic flows)의 ACE로부터(from ACE)를 이용하여 FTTH와 Wibro 측정 네트워크 데이터를 임포트한다. 측정된 네트워크 데이터는 총 10개이므로 이중 FTTH와 Wibro에서 측정된 네트워크 데이터 하나를 선정하여 임포트한다. 끝으로, 가상 망 환경을 실제 망 환경과 더욱 유사한 구성이 되도록 백그라운드 트래픽을 트래픽플로우생성(create traffic flows)으로 가상 망 환경에 트래픽 플로우가 자동 생성한다.

(그림 5)는 FTTH와 Wibro로 사용자 수 증가에 따른 가상 망 환경을 구성한 형상이다. (그림 5)는 총 8개의 가상 망 환경으로 각각에 대한 사용자 수, 트래픽 플로우 수, 기지국 수 등은 <표 8>과 같다.

11) cfg 확장 파일은 MRTG에서 수집된 값을 말함. 이와 같은 cfg 확장 파일을 구성하기 위해서는 두가지 방법이 존재함. 즉, 1) 실제 라우터의 cfg 정보, 2) 네트워크 설계자가 구상한 가상 망 환경에 맞게 직접 cfg 확장 파일을 코딩하는 방법 중 본 cfg 확장 파일은 후자를 이용함



(그림 5) 사용자 수에 따른 가상 망 환경 구성

4.2.2 Part 2. 트래픽량 예측 분석 결과

시뮬레이션 분석 결과, FTTH와 Wibro는 아래 (그림 6)과 같이 종단간 네트워크 트래픽량에 대한 예측이 되었다. FTTH의 경우, 향후 6개월간 사용자 수가 점차 증가될수록 트래픽량 또한 증가되므로 링크 용량에 대한 증설은 이 결과값의 트래픽 트랜딩에 의해 증설 계획 수립을 하면 될 것으로 판단된다. 반면 Wibro의 경우, 향후 6개월간 사용자 수가 점차 증가될수록 트래픽량이 동일한 결과값으로 향후 6개월 수가 증가될수록 트래픽량이 증가되는 트래픽 트랜딩으로 산출되어야 하나 0의 값으로 나왔다. 이 결과값으로 링크 용량에 대한 증설이 불가능하다는 의미이다. 이와 같이 0으로 산출된 원인을 조사해 본 결과, Modeler는 Wibro 무선 구간의 통신 경로를 알 수 없기 때문에 트래픽 플로우가 지원되지 않음을 알 수 있었다[16].

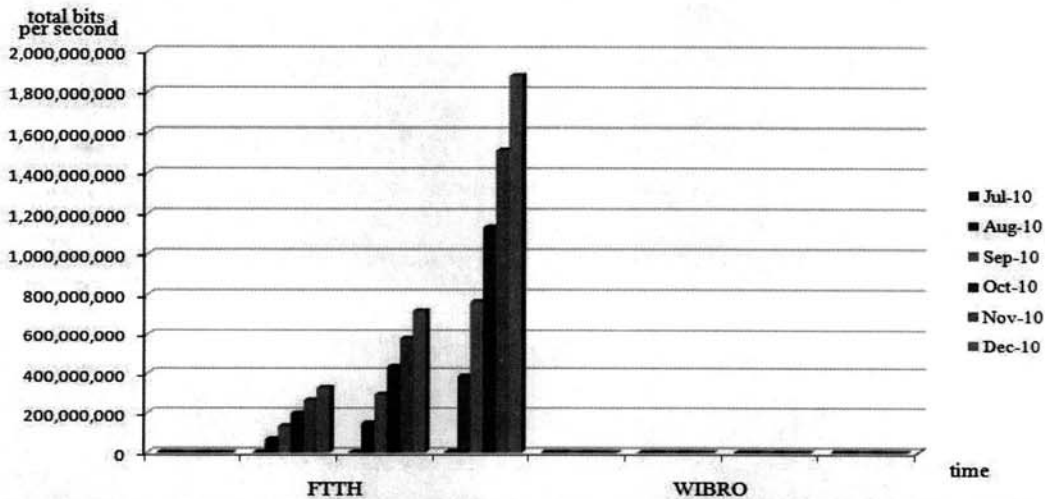
4.2.3 Part 3. 종단간 링크 로드 분석 결과

종단간 네트워크 트래픽량에 대한 예측 분석 후, 네트워크 설계자는 어느 구간이 트래픽에 대한 링크 로드가 많은지에 대해 궁금할 것이다. 종단간 네트워크 트래픽량에 대한 예측을 했으나 어느 구간을 기준으로 향후 링크 증설을 고려해야 할지 네트워크 설계자는 의문을 남길 것이다. 따라서 이러한 의문점을 해결하기 위하여 링크 로드에 대한 시뮬레이션을 마지막 실험으로 수행하였다. 링크 로드에 대한 시뮬레이션 수행 결과는 (그림 7)과 같다. 참고로 (그림

7)은 (그림 5)에 Case 1부터 Case 4까지 동일한 조건으로 시뮬레이션을 수행하였고 (그림 7)에 점선 박스 부분이 종단간 링크 로드가 높은 시뮬레이션 결과로 해석하면 된다. 수행 결과, FTTH의 경우 서울-코어와 웹 서버 사이의 구간과 부산-코어와 B\_client\_group 사이의 구간에 링크 로드가 높은 것으로 분석되었다. 그렇다면 왜 광주-코어와 K\_client\_group 사이의 구간에서는 링크 로드가 많지 않을 까라는 물음을 제기할 수 있는데 그 이유는 부산-코어 라우터를 cfg로 코딩할 때 memory-size iomen을 제어했기 때문이다. Wibro의 경우 모두 서울-코어와 웹 서버 사이의 구간이 링크 로드가 높은 것으로 분석되었다. 이러한 값으로 산출된 이유는 1) 부산-코어와 B\_client\_group 사이의 구간은 무선 구간이 포함된 원인과 2) FTTH와 달리 백그라운드 트래픽이 기지국과 K\_client\_group/B\_client\_group까지 영향이 미치지 않았기 때문에 서울-코어와 웹 서버 사이의 구간만 링크 로드가 높게 분석됨을 알 수 있었다.

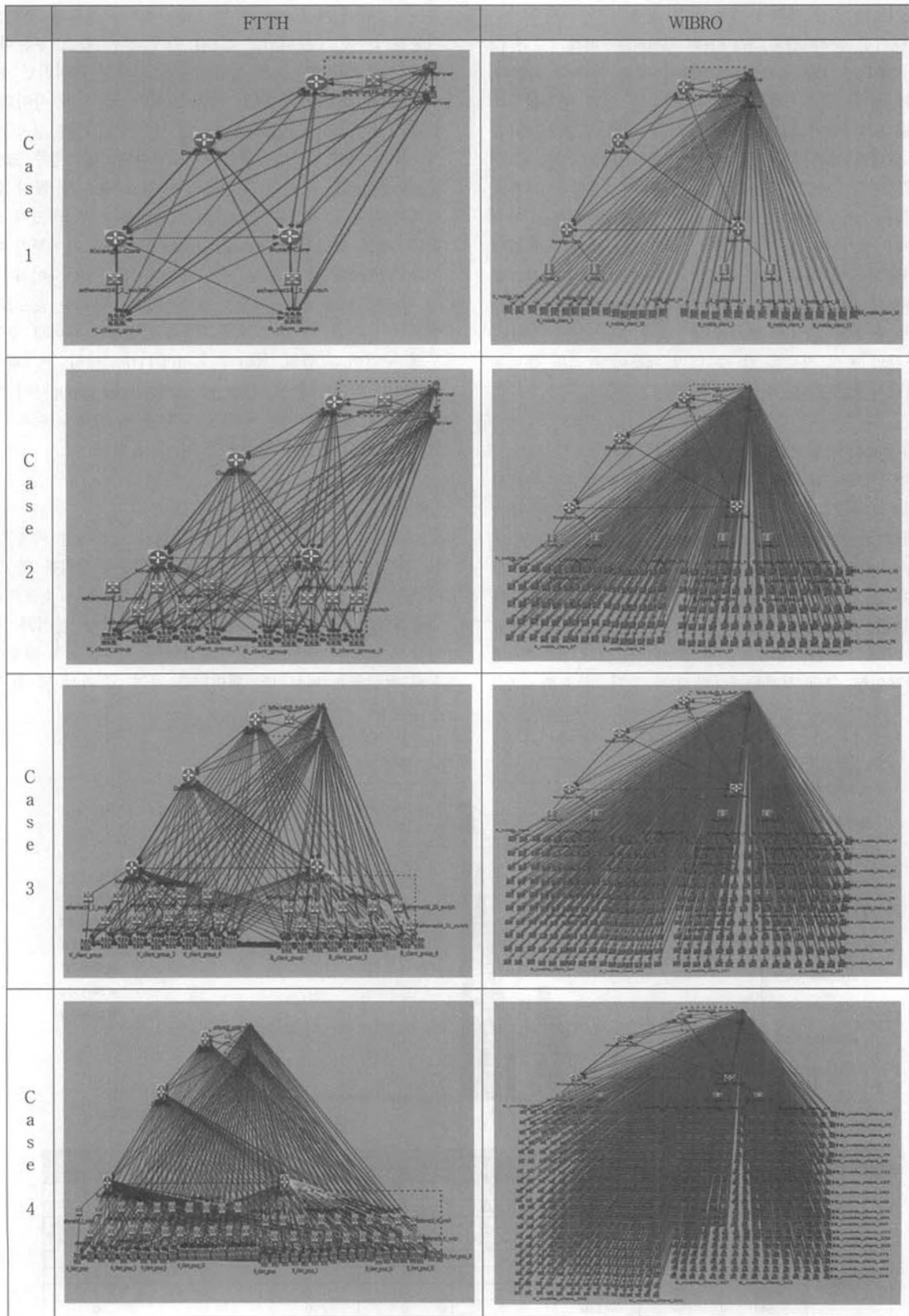
4.3 실험요약

네트워크 설계자는 종단간 네트워크 트래픽량 예측과 어느 구간을 기준으로 링크 증설을 고려해야 할지를 알고 싶어 할 것이다. 이러한 답을 제공해 줄 수 있는 소프트웨어 시뮬레이션 툴인 Flow Analysis로 트래픽량 분석과 링크 성능 분석을 본 연구에서 수행하였다. 특히, 고객 관점에서 실제 체감하는 네트워크 데이터를 캡처 후 가상 망 환경에



classification	number of users	number of traffic flows	traffic volume prediction (units : total bits per second)					
			Jul-10	Aug-10	Sep-10	Oct-10	Nov-10	Dec-10
FTTH	32	56	234,418	253,170	256,452	258,305	259,668	260,693
	160	240	1,243,308	67,312,184	133,445,052	197,450,035	263,575,303	327,559,512
	320	650	2,458,959	147,590,493	292,937,655	433,611,114	578,945,880	719,575,538
	640	2070	5,353,738	384,969,549	765,213,607	1,133,231,007	1,513,443,016	1,881,345,996
WIBRO	32	30	4,839	0	0	0	0	0
	160	30	4,839	0	0	0	0	0
	320	30	4,839	0	0	0	0	0
	640	30	4,839	0	0	0	0	0

(그림 6) 트래픽량 예측 결과



(그림 7) 가상 망 환경에서의 링크 로드 실험 결과

대한 트래픽량 설계와 링크 로드가 높은 곳을 미리 감지하여 향후 트래픽량을 증설할 수 있다면 이는 망 운영자에게 매우 유익한 정보라 할 수 있다. 이 정보로 실제 트래픽량 증설 시 불필요한 구간의 트래픽량에 대한 투자를 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

트래픽량 예측과 링크 로드를 분석하기 위한 방안으로 다양한 가상 네트워크 망을 구성하였다. Flow Analysis 실험을 위하여 코어/에지 라우터를 구성한 후 중단간에 단말 장치와 링크를 사용자 수만큼 별도로 구성하였다. 구성 완료 후 FTTH와 Wibro로 실제 상거래 트랜잭션에 대한 네트워크 데이터를 가상 망에 임포트하고 백그라운드 트래픽을 생성하여 시뮬레이션을 수행하였다. 수행 결과, 트래픽량 예측으로 FTTH는 측정된 네트워크 데이터와 백그라운드 트래픽의 트래픽 트랜딩으로 향후 6개월간의 트래픽량 예측이 가능한 반면, Wibro는 무선 구간의 통신 경로를 알 수 없기 때문에 트래픽 플로우가 지원되지 않음을 실험을 통해서 알 수 있었다. 링크 로드 분석으로 FTTH는 서울-코어와 웹 서버 사이의 구간과 부산-코어와 B\_client\_group 사이의 구간에 링크 로드가 높은 것으로 분석되었다. 반면 Wibro는 구성된 가상 망 환경 모두 서울-코어와 웹 서버 사이의 구간에 링크 로드가 높은 것으로 분석되었다. 링크 로드가 이렇게 산출된 이유로 부산-코어 라우터의 memory-size iomen 제어와 Wibro의 경우 무선 구간 포함, 백그라운드 트래픽이 기지국과 K\_client\_group/B\_client\_group까지 영향이 미치지 않은 이유로 해석할 수 있다. 링크 로드 실험을 통하여 Flow Analysis는 유선 구간의 링크 로드 분석이 가능하나 Wibro와 같은 무선 구간의 링크 로드 분석은 지원되지 않음을 알 수 있었다.

## 5. 결 론

네트워크 기반의 적절한 컴퓨팅은 네트워크 대역폭에 대한 가용성으로 의존한다. 그만큼 네트워크 성능 모니터링과 예측은 중요한 연구 분야이다. 본 논문은 가상 네트워크 망 모형 설계에 따른 트래픽량 예측과 링크 로드 분석이 가능한 ACE, ADM, Flow Analysis를 소개하고 이를 이용한 실험을 수행하였다. 실험결과, 트래픽량 예측으로 FTTH는 가능했으나 Wibro는 무선 구간의 통신 경로를 알 수 없기 때문에 트래픽 플로우가 지원되지 않음을 실험으로 알 수 있었다. 반면 링크 로드 분석 결과, FTTH는 서울-코어와 웹 서버 사이의 구간과 부산-코어와 B\_client\_group 사이의 구간에 링크 로드가 높은 것으로 분석되었다. Wibro는 구성된 가상 망 환경 모두 서울-코어와 웹 서버 사이의 구간에 링크 로드가 높다는 것을 확인할 수 있었다. 즉, Flow Analysis 링크 분석은 유선 구간에 대해서는 분석이 가능하나 무선 구간의 링크 로드 분석은 지원되지 않음을 알 수

있었다. 이러한 산출 결과를 토대로 망 운영자는 네트워크 토폴로지와 특성, 트래픽 매트릭의 우선적인 지식 없이도 네트워크 자원 재할당 또는 업그레이드에 대한 필요성을 유선 구간 내에서는 입증할 수 있을 것으로 판단된다. 아울러 Wibro 무선 구간에서는 트래픽량 예측과 링크 로드 분석이 어렵다는 점을 본 실험을 통하여 인지(認知)함으로써 네트워크 설계자의 망 설계 시행착오를 줄일 수 있을 것이다.

본 연구 진행 중 한계는 다음과 같이 요약할 수 있다. ISP 사업자는 네트워크 망에 대한 정보를 여러 가지 이유로 네트워크 망을 개방하지 않는다. 만약 ISP 사업자의 네트워크 망에 대한 구성된 장치 구성에 대한 정보를 알 수 있다면 가상 망 환경이 마치 실제 망 환경과 유사한 분석이 가능했을 것으로 사료된다. 이와 같은 이유로 본 연구는 가상으로 네트워크 장치를 구성한 후 구성된 다양한 가상 망 모형으로 실험을 수행한 것이다.

향후 연구는 다음과 같다. Modeler내의 무선 전송 모델링과 애플리케이션, 하이 레이어 프로토콜(higher layer protocols), 라우팅, MAC을 포함한 프로토콜 스택(protocol stack) 모델링이 가능한 Wireless 모듈에 대한 연구를 할 계획이다. Wireless 모듈을 이용한 RF 전파, 간섭, 노드 이동성과 핸드오버(handover), 지형에 따른 이동 네트워크 배치 설계 등에 관한 주제는 ISP 사업자와 무선 사용자간 무선 통신에 대한 필수적인 연구가 될 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Z. U. M. Abusina, S. M. S. Zabir et. al "An engineering approach to dynamic prediction of network performance from application logs," International Journal of Network Management, Vol.15, pp.151-162, 2005.
- [2] 김영신, 허의남, 김일중, 황준, "병렬 연결 간의 트래픽 간섭 현상 분석 및 대역폭 예측," 한국인터넷정보학회논문지, Vol.7, No.1, pp.131-141, 2006.
- [3] A. Eswaradass, X. H. Sun, M. Wu, "Network Bandwidth Predictor(NBP): A system for online network performance forecasting," Proc. of 19th International Parallel and Distributed Processing Symposium, 2005.
- [4] Y. Luo, N. Ansari, "Limited sharing with traffic prediction for dynamic bandwidth allocation and QoS provisioning over ethernet passive optical network," Journal of Optical Networking, Vol.4, Issue 9, pp.561-572, 2005.
- [5] P. Salvador, A. Nogueira, R. Valadas, "Local area network modeling for performance prediction," Proceedings of the 32nd IEEE Conference on Local Computer Networks, pp.249-251, 2007.
- [6] W. Cui, M. A. Bassiouni, "Virtual private network bandwidth management with traffic prediction," Computer Networks:

The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Vol.42, Issue 6, pp.765-778, 2003.

- [7] 김현우 외 4인, "IEEE 802.16e 네트워크 환경에서 ARIMA 트래픽 예측을 사용한 대역폭 프로비저닝," 한국ITS학회논문지, Vol.8, No.1, pp.92-101, 2009.
- [8] A. Lygizou et. al "A prediction-based scheduling mechanism for interconnection between Wimax and Satellite networks interactive network," International Journal of Autonomous and Adaptive Communications Systems, Vol.2, No.2, pp.107-127, 2009.
- [9] B. Upase, M. Hunukumbure, S. Vadgama, "Radio network dimensioning and planning for Wimax networks," FUJITSU Sci. Tech. J., pp.435-450, 2007.
- [10] 문주선, 낭종호, "생태계 모방 시스템을 위한 OMNeT++기반 병렬 시뮬레이터의 설계 및 PC 클러스터 상에서의 성능 분석," 정보과학회논문지, Vol.34, No.9, 2007.
- [11] 한국전자통신연구원, "차세대 국방정보통신망 최적화 설계 연구," 국방부 프로젝트, 2004.
- [12] 김정수, "전자상거래 시스템의 서비스 품질 측정과 예측에 관한 연구," 박사학위논문, 광운대학교, 2005.
- [13] OPNET, "Flow Analysis," Modeler Product Documentation Release 14.5.
- [14] K. G. Coffman, A. M. Odlyzko, "Internet growth: Is there a "Moore's Law" for data traffic?," AT&T Labs - Research, 2000.
- [15] Cisco, "Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2009-2014," Cisco White Paper, 2010.
- [16] OPNET, "WiMAX (802.16e)," Modeler Product Documentation Release 14.5.

### 김정수



e-mail : kim\_jeongsu@yahoo.com

1996년 군산대학교 컴퓨터과학과(학사)

1998년 군산대학교 컴퓨터과학과(이학석사)

2005년 광운대학교 경영정보학과(경영정보학박사)

1997년~2000년 (주)필컴 시스템사업부 사원  
(병역특례)

2000년~2001년 (주)KTI 초고속사업팀 대리

2002년~2004년 TTA 유선망시험팀 전임연구원

2005년~2006년 아라리온(주) New Project Team 과장

2006년~2008년 (주)웨어플러스 무선네트워크팀 차장

관심분야: QoS, 시뮬레이션 분석, NMS 등