

# SSF를 이용한 광인터넷 시뮬레이터 설계

윤성현<sup>0</sup> 조기성  
한국전자통신연구원 네트워크구조팀  
{shy72<sup>0</sup>, chokis}@etri.re.kr

## A Design of Optical Internet Simulator using SSF

Sung-Hyun Yun<sup>0</sup> Ki-Sung Cho  
Network Architecture Team, ETRI

### 요 약

최근의 인터넷은 트래픽과 서비스 품질에 대한 요구사항이 지속적으로 증대함에 따라 이를 원활히 수용할 수 있는 광인터넷으로 급속히 전환되고 있으며, 향후의 광인터넷 환경에서 사용하기 위한 광인터넷 관련 요소 기술들이 개발 중에 있다. 그러나 광인터넷에 적용될 각 개발 요소 기술들은 단계적으로 개발되고 있고, 기존 네트워크 서비스와의 연동을 고려해야 하므로 각 요소 시스템들이 지닌 기능 및 성능을 검증하기 위해서는 광인터넷을 모델링하고 분석할 수 있는 광인터넷 시뮬레이터가 필요하게 된다. 이 논문에서는 확장성이 뛰어난 시뮬레이션 엔진인 SSF(Scalable Simulation Framework)를 이용하여, 용이한 광인터넷 모델의 구성과 시뮬레이션 수행 결과에 대한 분석을 제공할 수 있는 광인터넷 시뮬레이터를 설계한다.

### 1. 서 론

광인터넷은 전기적 시스템으로 처리되는 패킷 교환을 통해 전송되던 기존의 인터넷 정보를 광 파이버를 전송매체로 사용하는 광 파장 신호로 변환하여 전달하는 인터넷이다. 지속적으로 트래픽과 서비스 품질에 대한 요구가 폭증하는 최근의 인터넷 특성으로 인해 광인터넷은 기존 인터넷이 지니고 있는 범용성과 확장성에 광네트워크의 풍부한 대역제공능력을 더함으로써 차세대 통신망으로 인식되고 있다[5,7,8,9].

현재 차세대 인터넷으로 자리잡게 될 광인터넷을 구성하기 위한 각 네트워크 요소 시스템들이 개발되고 있으며 향후 점진적인 네트워크로의 적용이 이루어지리라 예상된다[4,6]. 아울러 새로운 네트워크 구조를 기반으로 하는 광인터넷은 기존 서비스와의 연동을 고려한 새로운 운용관리체계를 가지기 때문에 각 광인터넷 요소 시스템들의 기능 및 성능을 검증하고 네트워크에서 각 요소 시스템들간의 상호 운용성을 시험하기 위해서는 광인터넷을 모델링하고 이에 대한 시뮬레이션을 담당할 광인터넷 시뮬레이터가 필요하게 된다.

이 논문에서는 광인터넷 모델의 용이한 구성과 구성된 모델의 기능 및 성능에 대해 시뮬레이션을 통한 검증을 제공하는 광인터넷 시뮬레이터를 설계한다. 이를 위하여 이 논문을 다음과 같이 전개한다. 2장에서는 광인터넷 시뮬레이터의 요구사항을 정립함으로써 시뮬레이터를 설계하는데 있어 고려해야 할 사항을 설명하고, 3장에서는 시뮬레이터의 구조를 설계함으로써 시뮬레이션 도구의 전반적인 동작 메커니즘을 설명한다. 4장에서는 시뮬레이터 기능요소를 설계함으로써 이 논문에서 설계한 광인터넷 시뮬레이터가 가지는 기능 요소를 설명하고, 5장에서 결론 및 향후 연구 방향으로 이 논문을 마친다.

### 2. 요구사항

광인터넷 시뮬레이터는 광인터넷에서 추구하는 다양한 기

능들에 대한 실용성, 운용성, 성능들에 대한 사항들을 개발 이전 단계에서 평가하고, 운용 단계에서의 효과적인 네트워킹 기능을 담보하기 위해 네트워크에서 발생 가능한 사항들을 검증하고 평가하기 위한 것으로서, 광인터넷에서의 네트워크 구성요소 및 네트워킹 관련 기능들을 표현할 수 있어야 하며, 광인터넷의 네트워킹 기능을 시험하고 평가하기 위하여 실제 네트워크에서 발생 가능한 상황을 처리할 수 있는 능력을 갖추어야 한다.

이를 위하여 네트워크 구성요소, 네트워크 제어물 위한 신호 방식과 물리체계, 라우팅을 위한 알고리즘 및 제어 프로토콜, 전송데이터의 표현방식, 네트워크 운용관리를 위한 네트워크 관리 방식과 제어 방식 등이 표현된 다양한 객체들이 제공되어야 한다. 이러한 객체들은 특성별로 모듈화 되어야 하며, 필요할 경우 사용자의 요구에 따라 자유롭게 추가, 수정, 삭제가 이루어져야 한다. 또한 신속한 시뮬레이션 처리능력 및 시뮬레이션 결과 분석을 위한 다양한 데이터 생성능력을 보장하기 위하여 신뢰성 있는 시뮬레이션 엔진이 제공되어야 한다..

광인터넷 시뮬레이션 도구를 사용자가 효과적으로 운용하기 위해서는 네트워크 구성정보, 네트워크 요소 정보, 시뮬레이션 환경정보 등에 대한 손쉬운 입력을 위한 사용자 인터페이스가 제공되어야 한다. 아울러 시뮬레이션이 진행되는 동안 실시간으로 시뮬레이션 상태를 점검 할 수 있고, 시뮬레이션 수행을 마친 후 결과를 처리하여 통계적 분석을 할 수 있는 사용자 인터페이스가 제공되어야 한다.

### 3. 시뮬레이터 구조

광인터넷 시뮬레이션 모델의 효율적인 구성과 시뮬레이션 수행 및 결과 분석을 위해 이 논문에서는 시뮬레이션 도구의 구조를 그림 1과 같이 구성하였다. 그림 1에서처럼 이 논문에서 설계하는 광인터넷 시뮬레이터의 구조는 크게 시뮬레이션 모델을 구성하고 및 편집하는 기능과 시뮬레이터와 사용자의 인터페이스를 담당하는 GUI(Graphic User Interface) 부분과 광인

터넷에서 수행되는 네트워크 기능 요소를 담당하는 시뮬레이션 응용 부분 그리고 시뮬레이션 엔진으로 구성되어, 내부 인터페이스로 서로 연결된다.

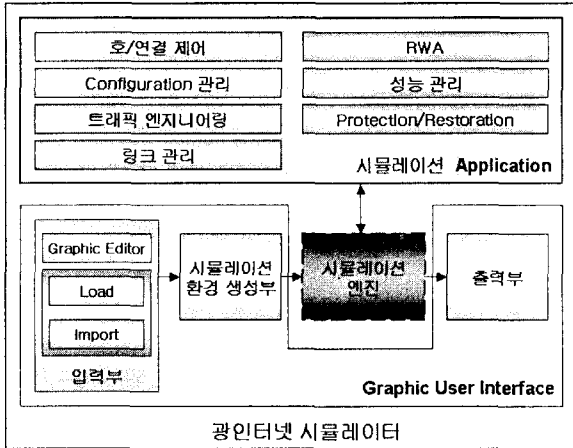


그림 1. 광인터넷 시뮬레이터 구조

GUI 부분은 다시 입력부, 시뮬레이션 환경 생성부, 출력부로 구분하여 각 모듈별로 구성되고 시뮬레이션을 위한 고유 기능을 가진다.

그래픽 에디터, 로드(load), 임포트(import) 등의 기능요소로 구성되는 입력부는 노드정보, 링크정보 등의 네트워크 구성 정보를 입력함으로써 사용자가 원하는 시뮬레이션 모델을 생성할 수 있고, 기존의 모델을 변경하여 기존 모델로부터 새로운 시뮬레이션 모델을 생성할 수 있으며, 별도로 설계되는 네트워크 설계 도구의 결과로 생성된 네트워크 구성 정보를 입력 받아 이에 대한 시뮬레이션이 가능하도록 한다.

시뮬레이션 환경 생성부는 입력부에서 입력된 기본 입력 자료를 토대로 시뮬레이션 수행시간, 이벤트 등의 시뮬레이션 환경 정보를 사용자로부터 입력 받음으로써 시뮬레이션 모델링을 위한 자료 입력 기능을 담당하게 된다. 입력된 정보는 시뮬레이션 모델의 재사용이 가능하도록 간단하면서도 고급의 모델 정의 기능을 제공하는 DML(Domain Modeling Language) 형태로 요약되어 저장되고, 추후 사용자의 요구에 따른 편집이 가능하다. DML은 수많은 네트워크 노드를 포함하는 복잡한 인터넷 토폴로지를 구성하고, 노드들에 대한 모델 교환을 위한 형식으로서 사용된다. DML구성은 계층적이기 때문에 여러 개의 서브네트워크들을 재귀적으로 구성할 수도 있다.

실질적인 네트워크 시뮬레이션을 담당하는 시뮬레이션 엔진은 앞서 생성된 네트워크 구성 정보 및 시뮬레이션 환경정보를 입력 데이터로 사용한다. 이 논문에서 사용한 시뮬레이션 엔진인 SSF(Scalable Simulation Framework)[3]는 확장성을 고려하여 설계된 시뮬레이션 엔진으로서 많은 노드들과, 트래픽, 그리고 이질적 시스템에 적용할 수 있는 모델에 대한 확장성과 다수의 프로세서들 사용할 수 있는 성능에 대한 확장성을 제공함으로써 인터넷과 같은 대규모 네트워크에서 네트워크의 행동과 성능에 대한 분석이 가능하다. 현재 SSF는 Java를 기반으로 한 SSFNet과 C++를 기반으로 한 DaSSF 등의 여러가지 플랫폼이 제공되고 있으며, 이 논문에서는 Java를 기반으로 한 SSFNet을 시뮬레이션 엔진으로 택하였다.

출력부에서는 시뮬레이션의 수행과정에서 발생하는 네트워크 변경정보를 실시간으로 반영하여 디스플레이 함으로써 사용

자로 하여금 시뮬레이션의 상태를 용이하게 점검할 수 있게 하며, 시뮬레이션 수행 로그를 저장한다. 또한 시뮬레이션 결과를 출력하고 저장하며, 통계적 결과를 그래프 형태로 디스플레이 함으로써 통계적 분석이 가능하도록 한다

시뮬레이션 응용 부분은 광인터넷이 가지는 기능요소를 구현하는 부분으로서 광인터넷 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션 할 수 있는 기능으로서는 다음과 같은 기능들이 있다.

- 호/연결제어(Call Connection Control)

PC(Permanent Connection), SPC(Soft Permanent Connection), SC(Switched Connection)을 포함한다.

- RWA(Routing and Wavelength Assignment)

광 경로의 동적 설정 및 해제 기능, 동적 대역폭 요구에 의한 광경로 설정 기능 등을 수행.

- 시그널링(Signaling)

광네트워크와 클라이언트간의 UNI 신호체계를 다양한 형태로 표현하며 UNI 신호기능을 검증 및 평가 한다. 또한 노드-노드간, 네트워크-네트워크간의 NNI 신호체계를 다양한 형태로 표현하며 NNI 신호기능을 검증 및 평가한다.

- 형상관리(Configuration Managements)

네트워크 요소의 이름, 주소 등을 이용하여 네트워크의 자동 구성(Autoconfiguration) 및 동적 재구성 기능을 수행하고 검증 및 평가한다.

- 성능관리(Performance Managements)

트래픽 엔지니어링 체계를 표현하고 수행하며 그 기능을 검증 및 평가한다.

- 링크관리(Link Management)

- 장애관리(Fault Managements)

네트워크의 생존성 보장을 위한 절체 및 보호 기능을 수행한다.

- 보호/절체(Protection/Restoration)

#### 4. 시뮬레이터 기능요소

광인터넷 시뮬레이터는 네트워크 요소와 이들간의 링크 정보 및 시뮬레이션 환경정보를 포함하는 시뮬레이션 모델을 표현하고 이에 대한 시뮬레이션 수행 기능을 제공하여야 한다. 또한 시뮬레이션 수행결과에 대한 분석능력을 제공하여야 하며 효율적인 결과 분석을 위해서는 시각적인 기능요소를 포함하여야 한다. 이 논문에서 설계하는 광인터넷 시뮬레이터의 기능요소로는 네트워크 모델 구성 기능 요소, 시뮬레이션 출력 기능 요소로 구분할 수 있다.

##### 4.1 네트워크 모델 구성 기능 요소

다양한 형태의 광네트워크 구조 및 구성요소를 표현하고 시뮬레이션 수행에 필요한 각 정보를 입력 및 편집할 수 있는 기능을 제공하는 네트워크 모델 구성 기능요소는 사용자 편의성을 고려하여 그래픽 에디터 형태의 GUI로 구성되어, 네트워크 시뮬레이션 모델에 대한 직관적인 파악을 가능하게 한다.

각 노드 시스템은 자체 기능에 적합한 프로토콜 스택을 가지고 있으며 시뮬레이터는 이를 표현할 수 있으며, 사용자의 요구에 따라 편집될 수 있다. 또한 시뮬레이터는 실제 시뮬레이션 수행에 필요한 시뮬레이션 환경에 대한 정보를 편집할 수 있다. 이러한 정보 요소들로는 시뮬레이션 수행시간 및 링크 단절, 노드 이상 등의 실제 네트워크 상에서 발생 가능한 사건 정보 등이 포함된다. 시뮬레이션 수행 시간에 따라 특정 노드 시스템이나 링크의 장애 또는 복구와 같은 네트워크 상에서 발생할 수 있는 이벤트를 정의하여 시뮬레이션 환경정보로 입력하게 된다. 사용자가 입력한 이 정보는 네트워크 구성 정보와 함께 DML 파일로

요약되어 저장되며, 사용자는 이 파일을 이용하여 시뮬레이션 모델을 수정하거나 또는 추후 새로운 모델을 생성할 경우에 참조할 수 있다.

각 네트워크 노드 시스템 및 링크 정보 등에 대한 입력과 시뮬레이션 환경 정보는 계층적인 윈도우 인터페이스를 사용함으로써, 용이한 모델 구성과 형상 파악이 가능하다. 그림 2는 광인터넷 시뮬레이션 모델을 구성하는 네트워크 모델 구성 기능요소를 GUI로 나타내었다.

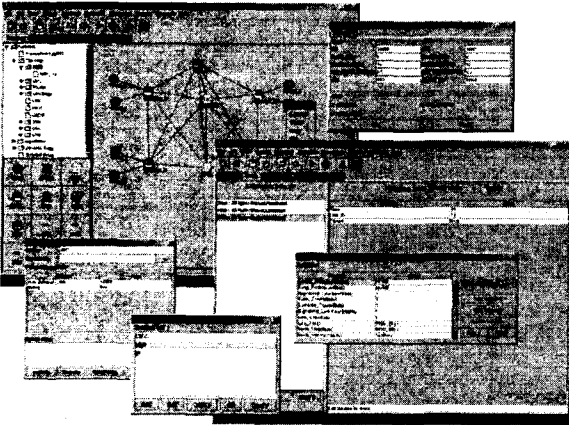


그림 2. 네트워크 모델 구성 기능 요소

4.2 시뮬레이션 출력 기능 요소

시뮬레이션 수행에 있어서의 출력은 시뮬레이션이 수행되는 동안 시뮬레이션의 상태를 표현하는 실시간 출력과 시뮬레이션의 수행 완료 후 시뮬레이션 결과에 대한 통계적 분석을 제공하는 시뮬레이션 결과 출력으로 구분될 수 있다.

실시간 출력으로는 시뮬레이션이 진행되는 동안 변경되는 네트워크 정보와 로그 정보 및 시뮬레이션 수행 시간, 진행정도, 발생 이벤트 등이 될 수 있으며 이들은 시뮬레이션이 수행되는 동안 시뮬레이션 엔진에서 전달되는 시그널을 기반으로 변경되는 사항을 실시간으로 출력한다.

시뮬레이션 결과 출력은 시뮬레이션 수행이 완료된 후 사용자가 선택한 Statistics를 나타내고 그래프로 표시한다. 그림 3은 시뮬레이션 결과 출력을 GUI로 도식화 한 것으로서 사용자가 선택한 Statistics를 토대로 처리 결과를 나타내며 이를 통계적 그래프로 디스플레이한다

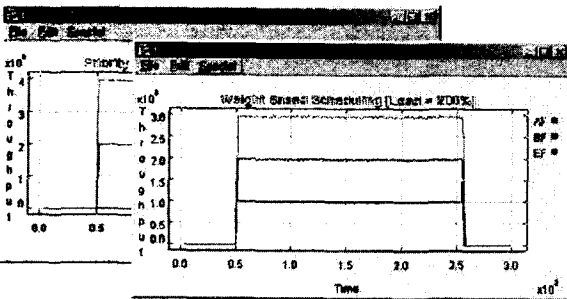


그림 3. 시뮬레이션 결과 분석 기능 요소

5. 결론 및 향후 연구방향

광인터넷은 최근의 급증하는 트래픽과 다양화 되는 인터넷 서비스를 효과적으로 수용할 수 있는 적합한 기술적 대안으로 평가되고 있다. 이 논문에서는 광인터넷에서 추구하는 다양한 기능들을 검증하기 위해 모델링 및 확장성을 고려하여 광인터넷 시뮬레이터를 설계하였다.

이 논문에서 설계한 광인터넷 시뮬레이션 도구는 네트워크 구성 요소간의 상호 운용성 및 각 요소시스템의 기능 및 성능 검증에 활용됨으로써 RWA, TE, CAC 등의 알고리즘 등의 핵심기술개발에 대한 적합성, 라우팅 및 시그널링 프로토콜에 대한 적합성, 광인터넷 네트워크 제어방식 최적화 기술 등에 대한 다양한 검증이 가능하다. 또한 실현 가능한 기술에 대한 모의 검증을 통해 기술 개발의 기간을 단축할 수 있으며, 광인터넷 요소 시스템 개발에 있어 개발 이전 단계에서 상호 운용성에 대한 검증이 가능함으로써 시행착오의 최소화가 가능하다. 아울러 별도로 구성되는 광인터넷 설계도구와 연동하여 다양한 모의 네트워크를 구축함으로써 실제 네트워크의 구축 이전 단계에서 운용성을 평가할 수 있다.

한편 광인터넷 시뮬레이션 도구에 적용되는 시뮬레이션 엔진은 시뮬레이션 안정성을 보장하기 위해 정확한 이산 사건 시뮬레이션 수행을 위한 안정적인 난수 발생 기능, 안정적인 이벤트 핸들링 기능 등이 제공되어야 한다. 또한 사용자 편의성을 위해서는 시뮬레이션 모델 검증 기능, 시나리오 생성 기능 등의 부가기능을 통하여 시뮬레이션 수행의 용이성을 강화하여야 한다. 이들을 포함하는 광인터넷 시뮬레이터의 성능 향상과 광인터넷 기능요소의 세부 구현은 향후 연구 사항으로 한다.

참고문헌

- [1] IETF Internet Draft, "Routing Information Exchange in Optical Networks", November 2001.
- [2] CANADA's Advanced Internet Development Organization CANARIE Inc (<http://www.canarie.ca>)
- [3] Scalable Simulation Framework, <http://www.ssfnet.org>
- [4] 이종현, 전경표, 이철호, 김해근, 양재우, "광인터넷 기술 동향 및 진화 전망", 한국전자통신연구원 주간기술동향, 2001.6
- [5] 박홍식, 최준균, "광인터넷 구조 및 프로토콜", Telecommunications Review, 제11권 2호, 2001.3-4
- [6] 이순석, 강국창, 박노익, 강서연, 김영부, 전경표, "광인터넷 진화 시나리오", 한국통신학회지 정보통신, 제18권 2호, 2001
- [7] 이순석, 강국창, 박노익, 강서연, 김영부, 전경표, "광인터넷 진화 시나리오", 한국통신학회지 정보통신, 제18권 2호, 2001
- [8] 김재근, 이동호, 고병도, 김홍주, "차세대 광전송기술", 대한전자공학회 텔레콤, 제16권 1호, pp.18-33, 2000
- [9] 이순석, 김영부, 전경표, "광 인터넷 네트워크 기술동향", 대한전자공학회 텔레콤, 제17권 1호, pp.3-14