
효율적인 전송을 위한 액티브 광 링네트워크 시스템의 성능 분석

Performance Analysis of Active Optical Ring Network System for the Efficient Transmission

이상화

서원대학교 컴퓨터정보통신공학부

Sang-Wha Lee(swl@seowon.ac.kr)

요약

본 논문에서는 네트워크 물리층이 광소자들로 구성된 액티브 광 링네트워크 시스템에서의 전송 능력과 그에 따른 효율성에 관하여 기술한다. 실험을 위한 시뮬레이션은 광 전송 시스템에서 광 전송 품질을 측정할 수 있는 트랜스미션메이커 WDM(Transmissionmaker_WDM)이 사용 되었다. 광액티브 네트워크는 메인링과 서브링에 의한 두 개의 링으로 구성되었다. 서브링의 노드 개수와 각 노드들 간의 간격에 따른 비트 에러율(Bit Error Rate)의 특성을 측정한다. 이러한 물리층에서의 성능 분석은 액티브 광 링네트워크의 성능 최적화를 위한 설계의 기준이 된다. 따라서 궁극적으로는 실제 가입자망에서 각 노드의 물리적 거리, 트래픽 요구량, 가입자 수를 반영한 효율적인 광전송 시스템을 구성할 수 있다.

■ 중심어 : | 액티브 광네트워크 | WDM | 시뮬레이션 | Transmissionmaker WDM | 광전송 시스템
| BER(Bit Error Rate) |

Abstract

In this paper, we presents the efficiency and a transmission quality of the system which is composed of the optical elements from physical layer of the active optical ring network. For a simulation it will use the Transmissionmaker_WDM and it will be able to observation a optical transmission quality of the optical transmission system. The active optical network is composed of two rings(main ring and sub-ring). It measures the BER(Bit Error Rate) quality which it follows node number from the sub ring and physical distance of the node. Performance analysis from the physical layer becomes the standard of the plan for the efficiency optimization of the active optical ring network. Consequently it will be able to compose the efficient optical transmission system which reflects the physical distance, a traffic demand quantity of each node and a number of users from actual network.

■ keyword : | Active Optical Network | WDM | Simulation | Transmissionmaker_WDM
| Optical Transmission System | BER(Bit Error Rate) |

1. 서론

기존의 네트워크 환경에서의 일반적인 시뮬레이션은 2계층 이상의 중요 성능지수에 대한 분석이 그 주류를 이루고 있다. OPNET, NS 등의 다수의 시뮬레이터는 실제 시스템을 구성하였을 경우의 전체 시스템 성능에 기반하여 시뮬레이션 지수를 결정한다. 즉 시스템 자체를 설계하고, 이를 구성하여 물리적 환경에서의 성능을 검증할 수 있는 접근 방식은 고려하지 않는다. 그러나 최근 급속히 발전하는 광 전송 기술은 그 발전 속도를 예측하기 힘들만큼 진보를 거듭하고 있다. 기존에 불가능한 기술이라고 여겨졌던 다수의 네트워크 기술들이 다시 부각되고 있으며, 고가에 따른 시스템의 경제성 측면 역시 서서히 강점을 갖추기 시작하고 있다. 이러한 추세에 힘입어 다수의 연구들이 다양한 광전송 방식 및 네트워크 형상을 도입하여 진행되고 있다. 그러나 망의 전송 용량 및 효율, 능동성 등의 검증은 기본적인 망의 형상 설계를 실제적인 광소자로 구성하였을 경우 전송에 따른 손실 및 전송 특성이 보장된다는 기본적인 가정을 두고 수행된다. 따라서 물리적인 계층, 즉 소자로 구성된 각 시스템의 성능 및 전송 특성의 분석은 경우에 따라서 매우 필수적인 사항이며 가장 기본적인 사항이라고 할 수 있다[1].

모든 시뮬레이션은 기본적으로 현재 존재하는 소자의 특성을 최대한 반영한 모델링에 기반 한다. 특히 광 소자 기반의 시스템 분석은 기본적으로 다양한 광소자의 모델링이 필수적이다. VPItransmissionmaker_WDM은 이러한 취지에 따라 사용할 수 있는 시뮬레이터이다. VPI(Virtual Photonics Inc.)에서 제공하는 광전송에 따른 분석을 시도하는 시뮬레이터로서 Transportmaker는 3계층 이상의 시뮬레이션을 목적으로 WDM 망에서 각 노드간의 총 파장수 및 트래픽 요구에 대한 효율성, 경제성 등을 분석하는 목적에 부합되며, Cablemaker는 CATV방식의 기술 특성을 검증하는 시뮬레이터이고, Transmissionmaker_WDM은 망 전송 시스템을 구성하고 실제 물리적인 거리, 사용할 파장의 특성, 각종 비선형 특성들을 고려하여 최종적인 전송 특성을 관찰할 수 있는 목적에 부합한다.

Transmissionmaker_WDM 시뮬레이터를 대상 망

에 적용할 경우 멀티밴드시스템(multi-band systems), 새로운 변조 포맷, 분산사면보정장치(dispersion slope compensator), OADM(Optical Add Drop Multiplexer)과 OXC(Optical Cross Connect) 등 다수의 광 전송분야의 시스템들을 시험할 수 있다. 네트워크의 규모에 따라 분류한다면 디자인을 통해 시뮬레이션할 수 있는 분야로는 메트로(Metro) WDM, 울트라롱홀(Ultra-long haul) WDM으로 구분해 볼 수 있다. 메트로 WDM에서는 다중 신호 표현을 제공함으로써 효과적으로 OADMs의 복잡한 네트워크를 통한 수백개의 WDM 채널을 시뮬레이션할 수 있다. 울트라롱홀 WDM에서는 대륙 간을 통하는 Tbit/s의 용량을 제공함으로써 다수의 구성모듈 (component model)을 교체하지 않고서도 동작할 수 있는 컴퓨팅 능력을 이용하여 시뮬레이션 할 수 있다.

결국 VPItransmissionmaker_WDM은 각 광전송 모듈을 해당 망의 특성을 고려하여 선택하고 전송 거리 및 물리적인 광 특성을 반영하여 실제 전송시 중요한 전송 파라미터에 대한 특성 값을 분석하여 예측하는 목적으로 사용되는 것이다. 이를 위하여 기본적으로 시뮬레이터에서는 보편적인 송수신 소자, 비선형 특성을 반영한 광파이버 등의 링크, 전송 망 구성에 필요한 각종 수동 소자 및 다양한 광 필터, 최종 특성 분석을 위한 Visualizer 등을 제공한다. 망 전체의 구성은 환경 설정을 통해 사용할 파장의 수 및 계층적인 파라미터 설정을 통해 가능하다. [그림 1]은 일반적인 전송망을 구성하고 검증하는 과정에서 조절할 수 있는 구성 요소를 보여준다.

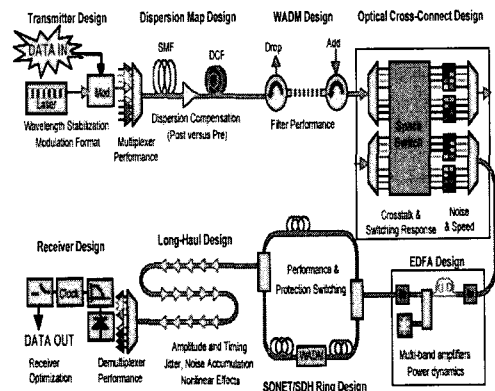


그림 1. 시뮬레이터의 응용 분야

본 논문에서는 차세대 가입자 망으로 제안하는 FTTH(Fiber To The Home) 네트워크인 AON (Active Optical Network) 망을 광소자, 망 종단의 노드 수 및 노드와 노드의 거리에 따른 전송 효율 검증을 위하여 Transmissionmaker_WDM을 이용하여 모델링하고 시뮬레이션 하여 전송 특성을 파악한다.

II. VPItransmissionmaker_WDM 설정 3단계

일반적인 시뮬레이터와 동일하게 VPI 시뮬레이터 역시 도식적인 방식의 구성이 가능하다. 아래의 [그림 2]는 시뮬레이터의 사용자 인터페이스를 보여주고 있다.

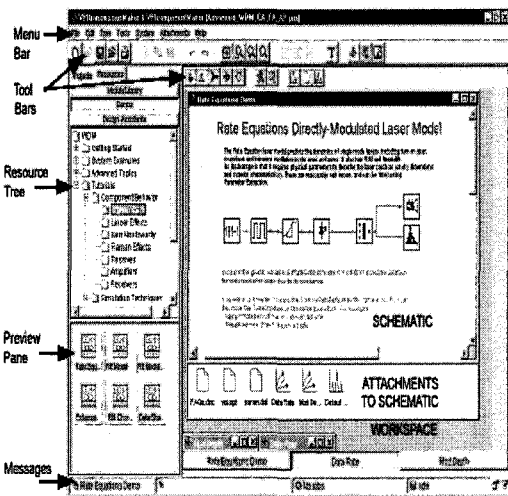


그림 2. VPItransmissionmaker_WDM 사용자 인터페이스

일반적인 윈도우 기반의 프로그램과 동일한 프레임을 활용하며, 크게 메뉴 바, 툴바를 활용하여 원하는 망의 저장 및 각종 부가적인 기능을 적용할 수 있다. 시뮬레이터의 데이터베이스는 사용자가 자신의 시뮬레이션 프로젝트를 관리하는 프로젝트 영역과 모듈 리소스 영역으로 구분된다. 프로젝트 영역에서 각 사용자는 자신의 프로젝트 부분에 대한 조작 및 편집이 가능하며 리소스 영역의 데모를 통하여 기본적인 전송망 구성의 방법을

볼 수 있다. 물론 사용자는 모듈 영역의 카테고리 별로 제공되는 다양한 모듈을 통해 망을 구성한다.

전송 망에 적용 가능한 각 모듈 및 결과 데이터의 획득은 전적으로 시뮬레이터 설정에 의존하며 설정 이외의 구성은 불가능하다. 전체 시뮬레이션의 과정은 크게 기본망 설계, 파라미터 설정, 결과 분석 및 검증의 3단계로 나눌 수 있다.

1. 기본망 설계

이 단계에서 주의 할 점은 구성하고 있는 망의 특성을 충분히 제시할 수 있는 모듈이 제공되는지의 여부를 명확히 하는 점이다. 사용자의 인터페이스는 모듈별로 할당되는 다양한 파라미터에 한정되므로, 지정된 파라미터의 범위 내에서 사용자는 시스템의 특성을 확인 할 수 있다. 따라서 모델링을 할 경우, 자신의 망 구성에서 원하는 특성을 나타낼 수 있는 모듈의 존재 여부를 먼저 확인해야 한다. 이에 대한 확인은 모듈 레퍼런스를 통해 확인 할 수 있다.

망의 설계는 기본적으로 도식적인 방법을 통해 이루어진다. 즉 각 모듈 리소스에서 일반적으로 전송부와 수신부, 필터부 및 증폭단을 구성하는 소자 및 시스템을 선택하여 자신의 망의 구성에 포함되도록 사용자 워크스페이스 내에서 도식적으로 구성한다. 전체 구성 과정은 drag/drop 방식을 사용한다. 만일 검증하고자 하는 전체 전송망의 범위가 크거나 매우 복잡해 질 경우, 현재 상용되는 일반적인 시뮬레이터와 동일하게 계층적인 설계가 가능하다. VPItransmissionmaker_WDM을 사용하는 모델링에서는 전체 전송망을 크게 유니버스(Universe), 갤럭시(Galaxy), 스타(Star)의 3단계 구성으로 계층화 시킬 수 있다.

유니버스는 전체의 전송 시스템 모델링 범위를 의미하며, 갤럭시와 스타는 그 하단의 시스템의 일부분 혹은 시스템의 일부를 구성하는 작은 소자 정도의 범위 내의 모델링을 의미한다. 이러한 계층적 방식의 설계를 사용하면, 동일한 형태를 갖는 시스템 모델링 부분을 하나의 갤럭시로 구성하거나 동일한 입력력 인터페이스를 갖는 소자 구성부를 스타로 단일 객체화 하여 유니버스는 전체적인 단일 인터페이스에서 체계적으로 관리하는 것

이 가능해진다. 전체적인 망 성능의 성능 지수 검증 시 이와 같은 계층적인 개념은 그대로 유지되어 각 계층에서 설정되는 파라미터의 값은 상위 계층에서 설정된 파라미터의 값에 종속된다. 따라서 상위 계층인 유니버스 차원에서 설정된 파라미터와 다른 값을 꺾거나 혹은 스타에서 설정할 경우, 상위계층의 파라미터 값이 유지된다. 결국 전체적인 전송망을 모델링 하는 단계에서, 각 하부 계층의 모델링(꺾거나, 스타)에 적용되는 파라미터가 최상단 계층에서 설정되는 파라미터의 값과 달라야 한다면, 계층적인 설계 방식을 사용하는 것은 오히려 설계를 더욱 어렵게 한다. [그림 3]은 망 설계와 파라미터의 설정 단계에서의 계층적인 구성 방식을 보여주고 있다.

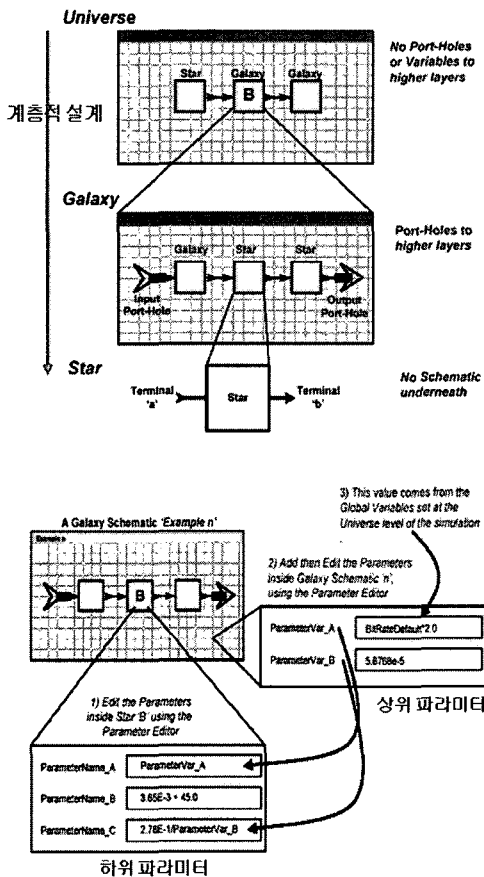


그림 3. 계층적 설계 및 파라미터 구성

결국 최초 모델링의 단계에서 적합한 방식을 취하는

것이 전체 시뮬레이션 시간 및 효율적인 결과 획득에 필수적인 요소가 된다.

2. 파라미터 설정 및 환경 구축

망 구성 단계 이후, 원하는 목적에 따라 각 소자와 시스템의 파라미터 설정 및 전체 시뮬레이션 환경의 파라미터 값을 설정해야 한다. 일반적인 소자 및 시스템은 각자의 물리적인 제한 값 및 특성에 의해 그 성능이 크게 좌우된다.

VPItransmissionmaker_WDM에서는 이러한 성능을 검증함에 있어 그 소스 코드를 일괄적으로 편집하는 방식이 아닌 일반적으로 소자별로 가장 중요하게 고려되는 주요 파라미터의 값을 설정하는 방식으로 사용자의 선택권을 제공한다. 결국, 이 과정에서 중요한 사항은 각 파라미터의 설정 값의 물리적 의미와 값의 변화가 시스템에 미칠 영향을 정확히 파악하는 것이라 할 수 있다. 제공되는 파라미터 항목은 능동 소자의 경우 매우 다양하여, 단일 소자의 파라미터 값의 설정 변경은 연쇄적으로 연결된 전체 모델링 시스템의 성능에 절대적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 시뮬레이터에서는 일반적으로 사용되는 소자 특성의 값을 기본적으로 제공하고 있다.

VPItransmissionmaker_WDM에서 전체적인 파라미터의 설정은 계층적인 상속성을 지니고 있다. 전체망의 영역에 적용되는 파라미터의 값은 동일한 이름의 파라미터 값을 사용하는 최하단 소자의 값에도 그대로 상속되게 된다.

VPItransmissionmaker_WDM이 모델링 범위가 큰 광 시스템의 전송 특성 분석에 적용될 경우, 시뮬레이션 자체의 연산 방식 및 해상도를 결정하는 파라미터의 값 설정은 전체 시뮬레이션 시간과 결과 값의 신뢰도에 매우 중요한 영향을 미친다. 기본적으로 광소자의 비선형 특성에서 기인된 모든 요소를 고려했을 경우, 시스템 모델링의 시뮬레이션 시간이 지수적으로 증가하는 것은 피할 수 없다. 이는 크게 비트율 (Bit rate), 시간 윈도우 (Time window), 샘플률 (Sample rate)의 세 가지 파라미터 설정에 의해 크게 좌우된다. 위의 세 파라미터의 값 중 특히 샘플률과 시간 윈도우는 결과치 연산에 사용

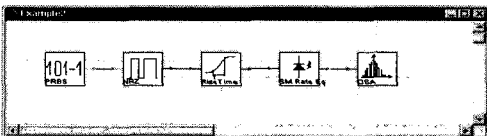
될 검출 비트수를 결정하는 요소로 신뢰도에 있어 결정적인 영향을 준다. 이 파라미터에 대해서는 시뮬레이터가 기본적으로 매우 엄격한 규칙을 적용하고 있는데, 시간 윈도우와 샘플율의 곱은 2의 지수 형태의 값을 가져야 하며, 샘플을 비트율로 나눈 값 역시 반드시 2의 지수 형식의 값을 가져야 한다는 점이다. 이는 기본적으로 시뮬레이터 내에서 각 비트에 대한 수학적인 샘플 값을 결정할 때 2의 지수 값으로 대칭 시키는 방식에서 비롯된 것으로 이를 지키지 않을 경우 에러가 발생한다. 직관적으로, 위의 두 값이 높을수록 높은 신뢰도는 보장되지만, 다채널 장거리 전송 등과 같은 시스템을 모델링하는 경우 대단히 긴 시뮬레이션 시간이 소요되는 단점이 있다. 디바이스 파라미터와 글로벌 파라미터의 설정을 통해 신뢰도와 시뮬레이션 시간 간의 적절한 타협점을 찾는 것이 전체 시뮬레이션 진행에 있어 대단히 중요하다.

3. 결과 분석 및 검증

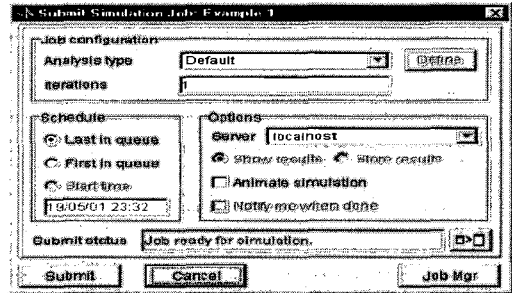
VPItransmissionmaker_WDM을 이용하여 일반적으로 볼 수 있는 것은 광 스펙트럼, Q-파라미터, BER 특성 곡선, 수신 비트 열, 아이(eye) 패턴 등이다. 이러한 특성들은 기본적인 모듈을 배치함으로써 손쉽게 얻을 수 있다. 결과 분석에 있어, 예상치 못한 결과가 나타나면 사용자 인터페이스 하단의 일정 관리자(job manager)를 통해 시뮬레이션 전체 과정을 확인 할 수 있다. 일정 관리자는 시뮬레이션 수행 도중에 발생된 모든 이벤트에 대한 기록을 제공하는 항목으로써 각 연산에 적용된 비트 당 샘플 수 및 에러 방지를 위한 경고 메시지 등이 각 단계마다 제공된다.

[그림 4]는 지금까지 설명한 세 가지 단계를 전체적으로 보여준다.

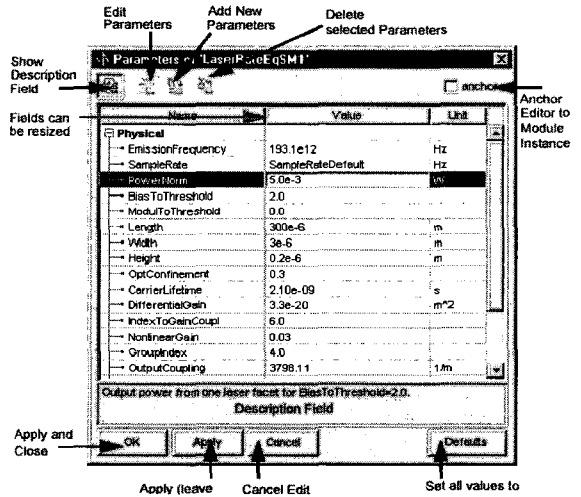
1) 전송망모델링



2) 세부소자변수설정



3) 시뮬레이션변수설정



4) 결과분석

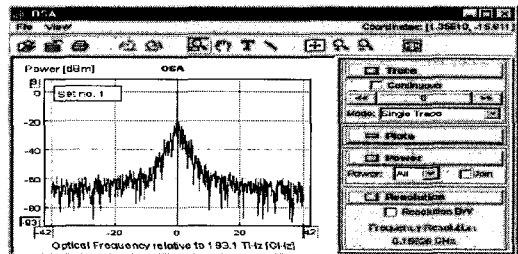


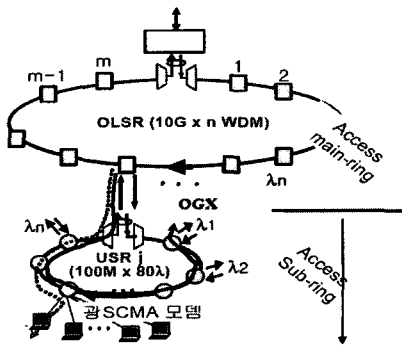
그림 4. 전체 시뮬레이션 절차

결과 데이터는 각기 그림 파일과 엑셀 호환 파일로 저장 가능하므로 이를 이용하여 결과 데이터를 원하는 형식으로 저장하여 추후 필요한 각종 데이터형으로 사

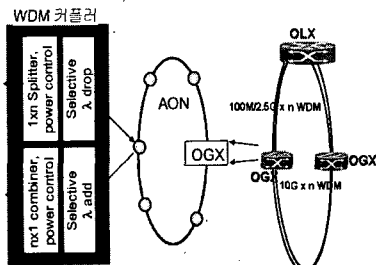
용할 수 있다. 또한, 원활한 시뮬레이션 진행을 위해 파라미터 스위프(parameter sweep), 모듈 스위프(module sweep)등의 보조 기능을 제공하고 있으므로 원하는 방식으로 적용할 수 있다. 그러나 결과 데이터는 사용자가 선택한 영역에서 값을 제공하므로, 적절한 방식으로 값의 추이를 살펴 원하는 영역 내에서 값을 얻도록 해야 한다.

III. AON 적용

VPitransmissionmaker_WDM을 현재 제안하는 FTTH 네트워크인 AON(Active Optical Network) 망의 전송 효율 검증에 사용하기 위해서는 먼저 제안된 구조를 어떠한 방식으로 모델링을 수행할 지를 결정하고 목표하는 성능지수를 명확히 결정해야 한다. [그림 5]에서 볼 수 있듯이 전체 AON망은 최상단OLX (Optical Label Exchange)와 최하단 사용자 모델(User Modem)



(a) 전체 AON 망 구성도



(b) AON 망 구성 노드 및 역할

그림 5. AON 구조 및 적용

이 각각의 중단점이다. 각 중단점은 각기 메인링(Main Ring) 과 하단 서브링 (Sub Ring)에 속해 있고, 전체적인 신호 전달 방식은 유사하다.

AON의 구조가 물리적으로 상위와 하위의 두개의 링으로 구성되어 있으나, 논리적으로는 전형적인 트리구조를 띠고 있음을 고려할 때, 두 링 구조는 모델링 상 크게 차이가 없다. 두 링 중 상위의 메인링(Main Ring)은 10Gbps 80 채널, 하위의 서브링(Sub Ring)은 155Mbps 80 채널로 구성된 다채널 WDM 망임을 고려한다면, [그림 5]에서 알 수 있듯이 메인링과 서브링은 채널 전송 용량의 차이 외에는 동일한 모델링 구조를 사용하여 전송 특성을 얻을 수 있다. 광 전송 계층의 성능 지수는 상위 계층의 일반적 네트워크 성능 지수와는 달리 광 특성을 유지하는 영역에서 그 특성을 살피는 것을 목적으로 한다. [그림 5]의 (b)에서와 같이 메인링과 서브링은 OLX로부터 전송된 최초 광 전송신호를 광전 변환을 통해 선택적으로 연결하는 OGX에 의해 연결된다. OGX는 메인링에서 사용되는 다파장 중 특정한 파장에 대한 선택 및 광전 변환, 용량 변환 등의 기능 및 각 AN(Access Node)에 대한 통제 및 CO(Central Office)의 역할을 수행하는 서브링 컨트롤 노드(Control Node)이다.

결국 OLX에서부터 광 전송은 진행될지라도, 메인링과 서브링은 광 전송 차원에서 서로 분리된 독립적인 망이 된다. 이러한 가정은 전체 광 전송 시스템의 성능 지수를 크게 OLX와 OGX 사이, OGX와 중단 사용자 모델의 두 독립적인 망 관점에서 구분 짓게 한다. 즉 구조적으로 메인링과 서브링은 그 물리적 특성이 링 간에는 동일하지만, 한계 지수적으로는 서로 무관하여 시뮬레이션 시 독립적으로 수행할 수 있다.

현재 메인링은 가입자 수에 민감하게 작용하는 서브링의 성능 문제보다 순수 전송측면이 강조되는 구조이므로 서브링의 전송 성능의 파악이 중요하다. 여기서는 현재 제안된 AON 구조에 기반한 모델링을 통해, 서브링 내의 AN의 수 및 AN간의 물리적인 거리가 증가함에 따르는 BER 특성을 측정하여 추후 AON망이 목표하는 최대 허용 가능한 AN의 수 및 이를 위한 각 시스템의 성능, AN 간의 거리가 증가함에 따르는 전송 측면

의 제약 요소를 파악하는데 그 목적이 있다. 전체 시뮬레이션은 크게 다음과 같은 세 단계에 걸쳐 진행되었다.

가. 서브링에서 최대 허용 가능한 AN의 개수의 파악

- 서브링 내의 AN의 개수가 4, 8, 16, 32로 점진적으로 증가할 경우, OGX에서부터 물리적으로 가장 먼 거리에 위치한 AN에서의 BER 특성 파악 (BER 대비 Received Power plot)

나. 서브링 구성 시 각 AN 간의 물리적 허용거리 파악

- AN간의 물리적 거리의 변화 (100m, 500m, 1km, 2km)와 이에 따른 OGX에서 가장 먼 거리에 위치한 AN의 BER 특성 파악 (BER 대비 Received Power plot)

다. 서브링에서 AN 이하의 토폴로지(topology)를 고려한 실험

- 각 OGX에서부터 가장 멀리 위치한 AN 노드를 고려함
- 최 장거리 AN 노드로부터 가장 멀리 위치한 모뎀을 가정함(worst case)
- 위의 worst case하에서 OGX로부터 가장 멀리 위치한 종단 모뎀의 BER 특성 파악(BER 대비 Received Power plot)

각 시뮬레이션 단계에서 특히 다채널을 통한 장거리 전송의 경우, 전체 시뮬레이션 시간이 지수적으로 증가하는 문제를 해결하기 위해 각 시뮬레이션은 동일한 해상도를 유지한 채 진행되었다. 또한 상기 "다" 시뮬레이션의 경우 SCM(Sub-Carrier Multiplexing) 방식에 대한 모듈을 제공되지 않는 상황을 고려하여 해당 모듈이 사용하고 있는 전송 채널(Channel)의 BER 특성을 8 분기 광 분배기를 통한 후 해당 AN에서 2km 거리 간격을 가정한 모뎀 상태에서 측정하였다.

시스템의 모델링에 사용되는 소자와 시스템 모듈은 현재 상용되는 일반적 제품의 특성을 반영하는 파라미터 값을 설정하였고, 각 채널 간격은 100GHZ 상황 하에서 진행되었다.

IV. 모델링 및 결과 분석

1. AN 노드의 증가에 따른 최종단 AN 노드상의 BER 특성

전송망의 모델링은 가장 단순한 4개의 AN 으로 구성된 망으로부터 8, 16, 32로 그 개수를 확장하면서 OGX에서 가장 멀리 위치한 AN 상의 수신 BER을 측정하였다. [그림 6]은 AN 노드 32개로 구성된 서브링 전송 망을 모델링한 방식을 보여준다.

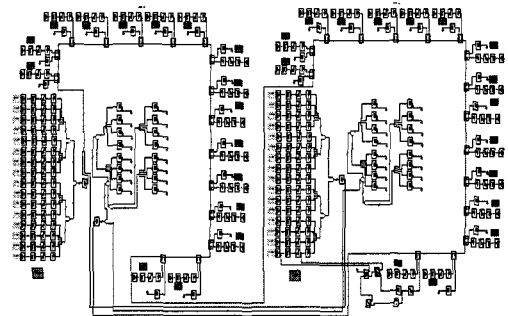


그림 6. AN 32 노드 전송망 모델링 (4,8,16 노드로 확장)

전체적인 실험 결과는 [그림 7]의 그래프에 나타난다.

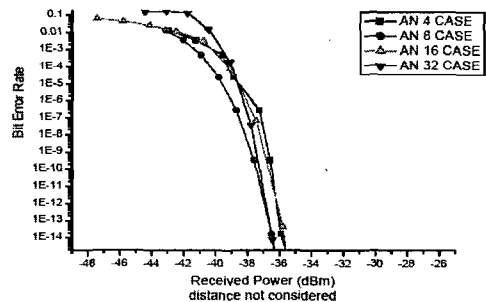


그림 7. AN 노드 수 증가에 따른 BER 특성

위의 결과 그래프에서 알 수 있듯이 AN의 증가에 따라서 최종단 AN의 BER 특성은 크게 영향을 받지 않는다. 이는 각 AN에서 원하는 파장만을 선택하여 드롭(drop)하고 동일한 파장을 이용하여 전송하기 때문이다. 각 AN에 할당되지 않은 파장들은 해당 필터에 영향을

거의 받지 않는 것으로 나타난다. 이 결과는 AN 사이에 존재하는 물리적인 거리 제한요소를 고려하지 않은 시뮬레이션이므로 각 소자 특성에만 전적으로 의존하는 결과이다.

2. AN 노드 간의 거리 증가에 따른 최종단 AN에서의 BER 특성

서브링 망 내의 AN의 개수가 4, 8, 16, 32로 증가하고, 각 AN 간의 물리적인 거리가 100m, 500m, 1km, 2km로 증가할 경우 최종단 AN에서의 BER을 측정하였다. [그림 8]은 AN의 개수가 4일 경우의 전송망을 모델링한 방식을 보여준다.

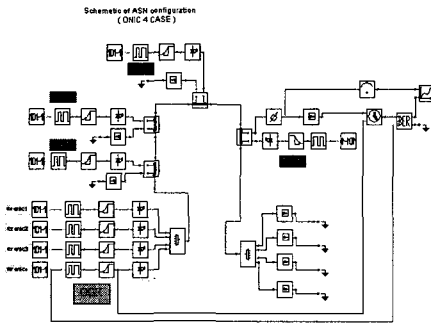


그림 8. AN=4 전송망의 AN간 거리 증가 시 BER 측정 모델링

전체적 시뮬레이션 결과는 아래의 [그림 9][그림 10][그림 11][그림 12]에 세부적으로 나타난다.

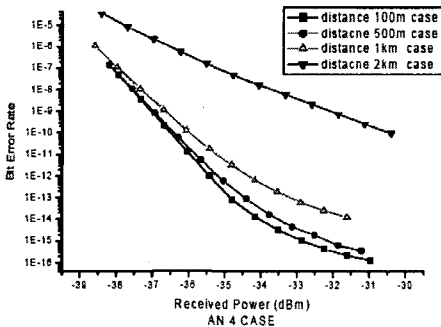


그림 9. AN=4 전송망의 BER 대비 AN간 거리 증가

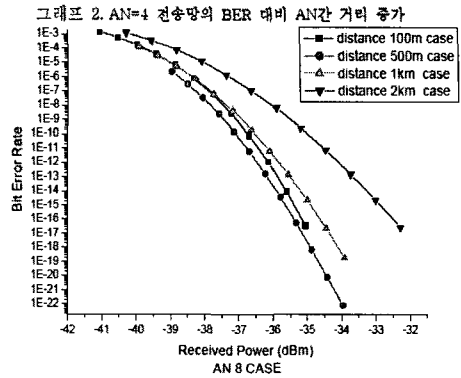


그림 10. AN=8 전송망의 BER 대비 AN간 거리 증가

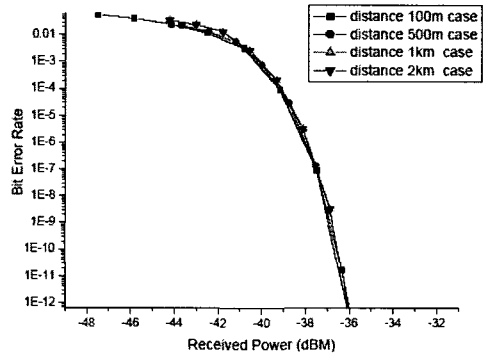


그림 11. AN=16 전송망의 BER 대비 AN간 거리 증가

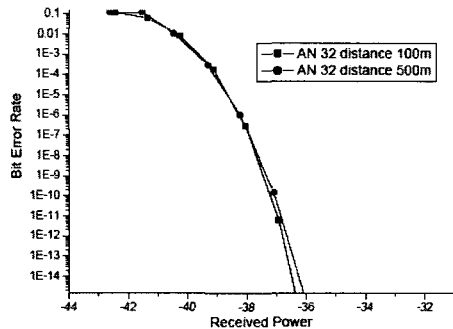


그림 12. AN=32 전송망의 BER 대비 AN간 거리 증가

위의 그래프들은 AN 노드간의 거리가 결정적인 전송 성능 제한 요소가 됨을 보여주는 결과이다. 특히 AN이 최소 16개 노드 이상으로 구성되는 전송망 이상에서는 전체 BER이 거리에 거의 무관하게 포화되는 현상을 보인다. 즉 실제적인 고려 사항으로 능동적인 AN을 가정

해도 물리적인 거리 제한 요소가 고려되면 16개 이상의 AN 노드로 구성되는 서브링 망은 최종단 AN 망에서의 BER 특성 상 전송이 실제로 쉽지 않음을 나타내고 있다. 결국 AON 망의 서브링 영역에서는 최대 16 AN 간에는 증폭기 등을 통해 전송 특성을 개선할 필요가 있다는 것을 의미한다. 물론 이러한 결과는 시뮬레이션이 C 밴드의 캐리어 주파수에서 155Mbps 전송을 가정한 것이므로 메인링에서는 전송 속도가 높으므로 한계 AN의 개수 및 거리는 급격히 줄어들 것이다. 결국 실제 가입자 망의 AN 중 일부가 평균적인 AN 간의 거리에 비해 긴 거리를 두고 위치해 있다면 하나의 AN은 전체 서브링의 전송 효율을 결정하는 요소가 된다. 따라서 AN 노드 간을 연결하여 가입자 링을 구성할 때에는 이러한 물리적 제한 요소와 이에 따르는 최대 허용 거리 및 경제성을 반영해야 할 것이다.

실제 사용자가 획득하는 전송 특성 파악을 위해 AN 하단에 광 분기 소자를 배치하여 일반적인 최대 거리 제한인 2km 상황에서 OGX에서 전송된 광 신호에 따른 수신자 모델의 BER 특성을 분석하여 최대 허용 가입자 수에 따른 전송망 한계 지수를 알아야 한다. 실제로 광 분기 소자는 물리적인 손실률이 상대적으로 높아 OGX에서 멀리 위치한 AN일수록 허용 가입자 수는 급격히 줄 것이다.

이러한 전반적인 과정을 통해 추후 실제 가입자 망의 AN간의 물리적 거리, 트래픽 요구량, 가입자 수를 반영한 실질적인 시뮬레이션을 수행함으로써 효율적인 망 설계를 위한 전송 시스템의 배치 및 한계 성능을 파악할 수 있다.

V. 결론

실제 전송망을 설계할 경우 상위 계층의 성능 지수는 망 전체의 효율성 및 경제적인 측면의 다양한 분석의 기본적인 자료가 된다. 그러나 광을 전송 매체로 사용하는 차세대 통신망의 설계에 있어, 각 소자 및 시스템이 가지고 있는 각종 물리적 시스템의 성능 제한은 근본적인 물리계층의 전송 여부를 결정할 수 있는 중요한 요소

이다.

실제로 광 가입자 망의 다수의 전송 제한은 광 소자의 물리적인 특성 한계에 기인한다. 따라서 상위 계층의 다양한 프로토콜의 성능 및 파라미터의 검증과 동일하게 전송망 자체에 대한 신뢰도 있는 분석은 망 설계 및 성능 평가에 있어 반드시 확인되어야 할 사항이다[2][3]. 또한 이러한 광소자의 성능 변화 및 물리적인 제약 사항을 고려한 전송망의 검토는 전송 시스템의 최소 성능치 및 망 전체의 한계 지수를 도출함으로써, 실제 상용되는 소자의 성능을 반영한 가격 경쟁력 있는 전송망을 설계할 수 있다.

앞으로의 연구는 현재까지 진행된 망 설계 기법을 이용하여 실제 가입자 분포 형태를 전송망 설계에 반영함으로써, 물리적 전송망 차원의 가장 효율적인 망 설계를 하는 것이다.

참고문헌

- [1] R. Ramaswami and K. Sivarajan, "Routing and wavelength assignment in all-optical networks," *IEEE/ACM Trans. Networking*, Vol.3, No.5, pp.489-500, 1995.
- [2] G. Li and R. Simha, "On the Wavelength Assignment Problem in Multifiber WDM Star and Ring Networks," *IEEE Infocom*, pp. 1771-1780, 2000.
- [3] M. Andrews and L. Zhang, "Wavelength assignment in optical networks with fixed fiber capacity," *31th International Colloquium, ICALP*, pp.134-145, 2004.
- [4] S. Takeuchi, "Recent Transmission Technology Development for Multimedia Services(ADSL for Internet Multimedia)," *Electrical and Electronic Technology, International Conference*, Vol.1, pp.1-7, 2001.
- [5] G. Baker, "High speed access for broadband multimedia services." *Telecommunications*

1995. Fifth IEE Conference, pp.120 - 24, 1995.
- [6] S. J. Park et al, "DWDM-Based FTTC Access Network," IEEE Journal of Lightwave Technology, Vol.19, pp.1851-1855, Dec., 2001.
- [7] W. Y. Chen et al, "The Development and Standardization of Asymmetrical Digital Subscriber Lines," IEEE Comm. Mag, pp.68-72, May, 1999.
- [8] P. F. Gagen et al, "Hybrid Fiber-Coax Access Networks," Bell Labs Technical Journals, pp. 28-35, Summer, 1996.
- [9] F. M. Fenton et al, "Architectural and Technological Trends in Access: An Overview," Bell Labs Technical Journals, pp. 3-10, Summer, 1996.
- [10] L. G. Robert et al, "Beyond Moore's law: Internet growth trends," IEEE Computer, Vol. 33, Jan., 2000.
- [11] G. Kramer et al, "Building a Next-Generation Optical Access Network," IEEE Comm. Mag, pp.66-73, Feb., 2002.
- [12] K. P. Ho et al, "A 20-channel optical communication using subcarrier multiplexing for the transmission of digital video signals," Journal of Lightwave Technology, Vol.8, pp. 554-560, Apr., 1990.
- [13] S. Yukinori, T. Katsutoshi, and K. Shozo, "Multichannel coherent SCM optical transmission system using radio-to-optic direct conversion scheme," MWP '96 Technical Digest, pp.41-44, 1996.
- [14] G. Maier et al, "Multistage WDM Passive Access Networks: Design and Cost Issues," IEEE International Conference on Communications, Vol.3, pp.1707-1713, 1999.

저자 소개

이 상 화(Sang-Wha Lee)

정회원



- 1988년 10월 : Univ. of Dortmund (Germany) 컴퓨터공학학사
 - 1994년 10월 : Univ. of Dortmund (Germany) 컴퓨터공학석사
 - 1998년 11월 : Univ. of Dortmund (Germany) 컴퓨터공학박사
 - 2000년 2월~2002년 8월 : 한국전자통신연구원 (ETRI) 선임연구원
 - 2002년 9월~현재 : 서원대학교 컴퓨터정보통신공학부 조교수
- <관심분야> : 지능형 시스템, 광통신, 데이터통신