통신 사업자 광 선로를 기반으로 한 광 전송로 설계 시스템 연구

윤경모, 이용기, 송길호
KT 통신망연구소 광전송망연구팀

The Study of Optical Transmission Line Design System based on installed Optical Fiber

Kyeong-Mo Yoon, Yong-Gi Lee, Kil-Ho Song
KT Technology Laboratory Optical Technology Research Team

Abstract - 본 논문에서는 광 선로 측정/관리 및 광전송로 루트 설계에 대한 문제점을 언급하고, 광 선로 품질 데이터를 쉽게 현행화하는 방법과 현행화 된 데이터를 활용하여 빠르고 최적화된 광전송로 설계를 지원하는 광전송로 품질관리 및 설계 시스템을 소개하고자 한다.

1. 서 론

인터넷 트래픽 양이 증가하면서 통신사업자는 이를 수용하고자 초고속/대용량 광전송시스템 도입을 계획하고 이를 추진하고 있다. 불과 5년전 까지만 하더러도 2.5G TDM 광단국이 발생되는 트래픽을 처리하는데 무난하였지만, 현재는 10G 기반의 WDM에 2.5G, 10G ,10GbE를 수용하고 있는 실정이다[2, 3, 5].

2.5G 기반의 TDM 장치 도입 시만 하더라도 광전송로 루트 설계는 굉장히 단순했다. 이때는 광 손실과 거리 정보만 있으면 end-to-end 광전송로 설계가 가능했기 때문이다. 하지만 광코어는 광손실 정보외에도 편광모드분산, 파장별 손실, 색분산 등 많은 정보를 가지고 있다. 이는 광코어에도 품질 등급이 존재함을 알려주는 것이다. 광 손실만 가지고 광전송로를 설계 하게 되면 저속 광전송장치들이 A급 또는 B등급의 높은 품질의 광코어에 적용될 수 있어, 요즘과 같이 고속 /대용량 시스템이 도입되는 시점에는 낮은 등급의 광코어만 존재하게 되어 개통이 지연되는 사례가 발생할 가능성이 높다. 물론 설계 시점에 데이터 현행화가 안되고, 또한 다루어야 할 광케이블, 광코어 정보가 너무 방대하여 최적의 광전송로 루트 설계가 어려운 것도 사실이다. 따라서 광선로 관련 품질 데이터를 관리할 수 있는 데이터베이스와 광전송로 설계 지원 툴의 개발이 시급하다.

본 논문에서는 광전송로 품질 데이터를 다각적으로 분석하고 새로운 광전송로 설계 기법을 이용하여 효율적인 망설계 및 관리 기능을 지원하는 툴을 제안하고자 한다[1, 5].

본 논문의 구성으로 2장에서는 광전송로 품질 데이터를 현행화할 수 있는 방법을 논하고, 3장에서는 광전송로 설계 체계 제안 및 구현방법에 대해 설명한 뒤, 4장에서 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 광선로 품질 데이터 측정 및 관리 방안

본 장에서는 광전송로 루트 설계의 기본이 되는 광선로 품질 데이터의 현행화 시 문제점과 이 문제점을 해결할 수 있는 방안에 대해 언급한다.

2.1 광선로 품질 데이터 현행화 문제점

광 전송로 루트 설계 시 가장 중요한 것은 광선로 품질 데이터의 현행화이지만 현재의 상황으로는 대단히 어려운 실정이다. 첫째로 광손실, 편광모드분산, 파장별 손실, 색분산 등과 같은 광선로 품질 데이터를 측정하기 위해서는 광선로 품질 측정 장비를 구비해야 하는데에 많은 비용이 소요된다는 것이다. 둘째로는 5개 이상의 광선로 품질 데이터를 측정하는데 코어 당 10분정도의 시간이 소요된다는 것이다. 72코어 측정 시 720분(12시간)이 소요되므로 수백개의 광케이블을 측정하여 현행화한다는 것은 불가능 하다고 볼 수 있다. 또한 측정장치의 무게와 갯수도 광선로 품질 데이터를 현행화하는데 걸림돌이 될 수 있다. 마지막으로 현행화된 품질데이터를 망운용국별로 다른 형태로 관리를 하다보니 최종 데이터 수합 시 데이터의 일관성 문제가 도출될 수 있다.

2.2 광선로 품질 데이터 현행화 방안

데이터 현행화가 안되는 가장 근본 원인은 측정장비의 비용과 측정 시간이다.

대부분의 광선로 측정 장비는 유지/보수용으로 개발되었기 때문에 활용하지 못하는 기능들을 너무 많이 가지고 있다. 이 기능들은 모두 가격 비용에 추가되기 때문에 통신 사업자가 장치를 구매할 때는 용도를 확실히할 필요가 있다. 우선 중요한 것은 광전송로 루트 설계에 필요한 광선로 품질 데이터를 현행화하여 관리하는 것이기 때문에 이에 필요한 거리, 총손실, 편광모드분산, 파장별 손실, 색분산등의 파라메터만 추출해 줄 수 있을 정도로 스펙을 정해야 한다. 또한 광선로 측정 장치들이 광전송로 설계 시 필요한 스펙보다 더 정밀한 측정 데이터 스펙을 가지고 있어 측정 시간이 길어지게 되는 결과가 발생된다.

따라서 비용과 관리용 데이터의 스펙과는 trade-

off 관계가 있음을 인식하고, 중요도가 높은 쪽의 성능을 높이는 것이 올바른 일일 것이다. 따라서 측정시간을 빠르게 하면서 스펙을 낮추는 방법을 모색하고 이에 적절한 구조의 측정기 설계가 요구된다고 할 수 있다.

2.2.1 거리 및 광손실 측정 장치

동일 광케이블내의 광코어 길이는 보통 같기 때문에 대표적으로 한 코어에 대해서 측정하여 대푯값으로 사용해도 되지만, 총손실은 코어마다 그 값이 틀리기 E 때문에 모든 코어에 대해서 측정해야 한다. 한 코어 측정 시 30초 가량 소요 된다고 하면 72코어 기준으로 36분이 소요된다. 하지만 파장별 손실차를 측정하는 장치에서도 총손실을 구할 수 있는 방법이 있으므로 같은 파라메터를 측정하는데 중복되는 시간이 발생한다. 이를 피하기 위해서는 거리만 측정하면 되고 대표적으로 한 코어에 대한 거리를 측정하는데 소요되는 시간은 30초 이내면 충분하다. 그러므로 35분 이상의 시간을 절약할 수 있는 결과를 얻을 수 있다. 하지만 현재 KT가 사용하고 있는 파장별 손실 측정 장치로 총손실을 측정하게 되면 오차가 크기 때문에 총손실을 측정하기 위해서 OTDR(Optical Time- Domain Reflectometer)를 사용하고 있다.

2.2.2 파장별 손실 및 밴드별 손실 차 측정 장치

현재 KT가 구비하고 있는 장치는 파장별 손실뿐만 아니라 색분산도 측정이 가능하다. 하지만 색분산 데이터는 외부 환경에 심각하게 영향을 받지 않으며, 대표값에서의 오차도 크지 않다. 하지만 10G급 이상의 속도를 갖는 장치의 광전송로 루트 설계 시 분산보상을 위해 반드시 필요하므로 관리는 해주어야 한다. 하지만 색분산값 관리가 필요한 것이 아니라 거리가 고려된 포함된 색분산양이 필요하므로 거리에 대한 관리만 해주면 된다. 그러므로 이 논문에서는 색분산 장치에 대해서는 언급하지 않을 것이다.

C-band와 L-band 대역의 파장별 손실 및 파장별 손실차를 측정하기 위해서 소요되는 시간은 코어 당 1분정도 소요되며, 72코어 기준 시 측정 만 72분정도가 걸린다. 이는 수신쪽에서 수신된 임의의 클럭의 세기와 로컬 오실레이터의 클럭의 세기를 비교하여 S/W적으로구하는 방식을 사용하기 때문이며, 또한 파장별 측정을 위해서 모노크로메터의 제어도 측정 시간에 영향을 주게 된다.

측정시간을 빨리하는 데는 ASE(Amplified Spontaneous Emission) 광원과 OSA(Optical Spectrum Analysis)를 이용하는 방식이 있다. 이 방식은 파장별 손실을 동시에 측정할 뿐만아니라 1550nm대역의 총손실도 동시에 측정할 수 있다.

2.2.3 편광모드 분산 측정 장치

편광모드 분산은 광선로 품질 중 가장 민감하게 변화하는 파라메터이다. 그러므로 지장이전 공사와 같이 광케이블 중간에 이종 케이블이 삽입되는 경우 반드시 측정이 되어야 한다. 보통 PMD 측정 방식은 Interferometer 방식을 사용하기 때문에 PMD값이 큰 구간은 mirror scanning 시간으로 인해 많이 시간이 소요되게 된다 . 5ps의 PMD값을 가지는 코어를 측정하는데 소요되는 시간은 보통 2분정도 소요된다. 72코어 기준 시 144분으로 2시간이 넘게 소요된다. 이 방식은 아주 작은 PMD 값(0.1이하) 측정도 가능한데, 현재 도입되는 광전송장치의 광전송로 루트 설계 시는 그만큼 상세한 데이터는 필요 없다.

이 문제점을 해소하기 위해서는 스펙을 낮추어 측정시간 단축과 비용을 줄일 수 있는 Fixed Analyze 방식이 적절하다. 이 방식은 최소 0.5ps이상의 값만 측정이 가능하지만 대신 측정 시간은 상당히 단축시킬 수가 있다. 광코어의 PMD값의 크기와 상관없이 대략 30초 정도면 충분히 측정이 가능하다. 이 방식을 사용하면 72코어 기준 시 36분이면 된다.

2.2.4 광선로 품질 측정 장치 통합

파장별 손실, 손실차, 총손실, 편광모드분산은 모두 동일한 광원(ASE)을 이용할 수 있기 때문에 수신부에서 적절히 광스위치를 제어해주면 통합이 가능하다. 물론 수신부에는 거리 측정할 수 있는 OTDR을 삽입할 수도 있다. 물론 측정장치 제어부는 컴퓨터에 GUI형태로 구축하고 추출된 데이터는 데이터를 저장하는 서버와 연동시켜 측정과 동시에 데이터 저장이 가능하게 할 수 있다. 이는 데이터의 중복 관리 및 오류를 피할 수 있기 때문에 데이터 현행화에 크게 일조할 수 있다.

3. 광전송로 루트 설계 방안

3.1 광전송로 루트 지정 단계

지정된 상위국, 하위국 간 광전송로 루트 설계를 위해서는 광케이블의 여유도, 광케이블의 특성, 광케이블의 길이 등의 데이터 수집이 요구된다. 하지만 이 데이터들은 그 양이 방대하므로 일일이 수작업으로 처리한다는 것은 불가능할 뿐만아니라 시간도 많이 소요된다. 또한 최적의 광전송로 선택도 불가능하므로 광캐이블 대역폭 활용도도 떨어지게 된다.

이러한 문제점들을 해소하기 위해 새로운 방법을 제시하였다. 최적화된 광전송로 루트 선정을 위해서 광선로 품질데이터와 광선로 등급 계산 알고리즘, GUI가 필요하다. GUI상에는 지도가 나타나며, 지도위에는 KT 전화국(지사,지점)이 나타난다. 광전송로 루트는 working과 protection 루트에 대해 각각 2코어씩 선정된다. 루트를 선정할 때의 방법은 간단하다. 먼저 상위국을 선택한 다음 상위국을 클릭하면 연결된 광케이블을 모두 보여준다. 이 때 광케이블 명 옆에 여유코어 수, 품질등급, 총손실, 거리를 표시하도록 하여 광케이블 선정을 유도한다. 이 과정은 최종 하위국까지 같은 방법으로 수행한다. protection도 같은 방법으로 선정한다.

3.2 광전송로 루트 설계 데이터 수집 단계

하나의 광전송로 루트를 설계하는데 관련된 데이터는 선택된 전화국 각각에 관련된 모든 데이터를 요구하므로 한 개의 가용망을 결과로 만들기 위해 많은 데이터가 필요하다.

광전송로 루트 처리를 위해 원거리에 있는 데이터베이스 서버에 접근하여 처리 시마다 필요한 데이터를 질의한 뒤 결과를 가져올 경우에 이에 따른 네트워크 오버헤드가 매우 크게 되므로 처리의 성능이 낮아지게 된다.

이를 해결하기 위해 본 논문에서는 광전송로 설계 데이터만을 저장하는 로컬 데이터베이스를 별도로 구성하고, 데이터의 광전송로 설계 관련도를 높이기 위해 제한 요소를 기준으로 광전송로 데이터베이스에서 추출하여 로컬 데이터베이스로 전송하도록 구성하였다.

3.3 광전송로 루트 설계 시 데이터 처리 단계

입력된 제한 요소 데이터인 총손실 제한 값, 파장별 손실차 제한 값, PMD 제한 값, OSNR 제한 값, 광증폭기의 광전송로 손실 마진과 기존의 광선로 데이터를 비교 처리하는 단계이다[1]. 광전송로 손실 마진은 1.0에서 5.0dB사이로 사용자가 선택할 수 있다.

이 단계에서 광코어 선정이 되는데, 방법은 다음과 같다. 선번장의 1번 코어부터 예비코어 품질에 대한 평가를 시작한다. 아래 3단계의 처리를 받아 불량코어로 지정되면 광전송로 루트 설계 시 제외된다. 각 전화국의 해당 선번장의 예비 코어는 모두 품질평가를 받으며 통과된 광코어에 대해서 순차적으로 두 코어씩 그룹핑한다. 그룹핑된 코어 각각 점수가 가장 낮은 광코어를 선정하고 그룹의 낮은 점수 코어별로 다시 한번 순위를 정한다. 순위를 정하게 되면 그중 가장 하위 순위를 차지한 각 전화국의 그룹에 대해 총 PMD를 계산하여 만족하면 광전송로 루트로 선정된다. 각 선번장에서 선정된 광코어보다 상위 등급의 광코어는 향후 보다 고속/대용량 시스템 도입을 위해 예약해 둔다.

3.3.1 총손실 처리 단계

선택된 광전송로에서 1550nm에서의 총 손실 값을 광증폭기 이득에서 뺀 후 그 값을 광증폭기 손실 마진과 비교한다. 광증폭기 손실 마진이 뺀 값보다 작을 경우 뺀 값과 다음 노드(B-C) 간 총 손실을 더하여 반복해서 비교한다. 다시 비교하여도 광증폭기 손실마진이 더한 값보다 작을 경우 B노드에 광패치 표시하며 광증폭기 손실 마진이 큰 경우 B노드에 광증폭기 표시한다. 광증폭기 손실마진이 뺀 값보다 큰 경우 A-B간 광전송로에 불량(적색)표시를 한다. 본 계산은 최종 목적지 노드까지 일괄 처리되며, 처리결과 양호한 광전송로에 대해서만 다음 처리단계를 선택된다.

3.3.2 파장별 손실차 처리단계

선택된 광전송로 상에서 노드 간(A-B) 밴드별/파장별 손실차가 제한요소에 입력된 파장별 손실차 제한 값 범위를 벗어나면 불량 표시하고, 벗어나지 않으면 일단 사용 가능한 광전송로로 인식하고 PMD에 의한 광전송로 선택 처리 결과를 기다린다.

3.3.3. PMD 처리 단계

PMD 상수에 대한 제한 범위는 0.1.에서 2.0ps/rkm로 하고 그 간격은 0.1로 한다. 선택된 광전송로 상에서 노드간 PMD 상수가 제한 요소에 선택된 상수보다 크면 불량 표시하고, 작으면 그 노드간 PMD 값을 저장한다. 최종 목적지까지 구간별로 반복하여 비교 검색한 후 선택된 광전송로의 총 PMD를 다음과 같은 계산식에 의해 계산한다. 계산 결과가 PMD 제한 범위내로 만족되면 광전송로로 선택된다.

$$DGD \approx \sqrt{\langle t_1 \rangle^2 + \langle t_2 \rangle^2 + \langle t_3 \rangle^2 + \cdots + \langle t_n \rangle^2}$$

광전송로 설계 처리 단계는 모듈(module)로 구성하였다. 따라서 광전송로 설계 시 계산 알고리즘이 변경되더라도 쉽게 적용 가능하게 된다.

3.4 설계결과 처리 단계

3단계의 처리 단계를 거쳐 선정된 광전송로 루트는 최종 선정되기 전에 실사를 받게 되며 실사 후 양호 판정이 나면, 특정 창에 광케리어 명과 몇가지 특이사항을 표기하게 한다. 그 후 실행을 하면 최종 선정된 전화국의 해당 OFD 선번장에 자동 기입이 되도록 한다.

4. 결 론

본 논문에서는 광선로 데이터베이스를 구축하기 위한 데이터 수집 방법론을 언급하였고, 이를 바탕으로 광전송로를 설계할 수 있는 알고리즘을 소개하였다. 기존 방식대로 광전송로 루트를 설계하는 경우, 평균 3일~7일 정도 소요되는 기간을 1일 이내로 줄일 수 있게 되어 사업계획부터 개통과정의 단축 효과를 가져 올 뿐만 아니라, 체계적이고, 과학적인 광전송로 설계를 지원하므로 광케이블의 대역폭 활용도 극대화를 할 수 있다. 광케이블 활용 유무에 따라 광케이블 대개체나 신설에 의한 투자 유무도 영향을 받게 되기 때문에 경제적으로도 많은 효과를 가져올 것으로 기대한다 현재 본 연구 결과는 다수의 운용국에 배포되어 테스트를 마쳤으며 올 연말에 사업화를 준비하고 있다.

[참 고 문 헌]

[1] 윤경모, 이용기, "컴퓨터를 이용한 광통신광전송로 설계방법", 국내 출원 번호 : 2000-68060

[2] 조원홍, 이재호, 이상배, "Wavelength Division

Multiple Access Protocols for High-speed Optical Fiber Local Area Networks", The Journal of the KITE 1994.
[3] 소원호, 이청훈, 김영선, 김영천, "Optical switching architecture using WDM for high-speed ATM networks", Journal fo the Institute of Electronics Engineering of Korea, 1998.
[4] 송재연, 김장복, "A Study on WDM Multihop Network Modeling with Optical Component Losses", 한국정보처리학회 논문지, Vol.7, No.8S, 2000.
[5] Alok Aggarwal, Amotz Bar-Noy, Don Coppersmith, Rajiv Ramaswami, Baruch Schieber, Madhu Sudan, "Efficient Routing in Optical Networks", JACM, 1996.