

생존도를 고려한 SDH망의 진화방안

이영옥(데이콤 종합연구소 고도통신연구팀),
 민병석(한국과학기술원 테크노경영대학원),
 김경민(데이콤 종합연구소 고도통신연구팀)

Abstract

B-ISDN의 전송망으로서 핵심적인 역할을 수행하게 될 SDH망은 재난에 의한 망의 물리적인 손상에도 생존해야 하며, 증가하는 수요에도 유연하게 대처할 수 있어야 한다. 생존도를 보장하기 위한 시스템은 다수 개발되었고, 이에 관련된 연구도 활발하게 진행되었으나, 상대적으로 망의 진화방안에 대해서는 연구가 미비한 상태이다. 본 논문에서는 생존도를 고려한 기존의 시스템들의 수요증가에 대한 적합성을 검토하고, 전형적인 진화유형에 대해서 논의하며, 이와 관련된 최적화모형을 도출한다.

1. 서론

SDH로 대표되는 광전송기술은 대용량, 높은 신뢰성을 특징으로 하기 때문에 간단한 형태의 망토폴로지를 갖게 된다. 따라서 천재지변이나 기타 재해에 의한 링크나 노드가 손상되었을 경우에 생기는 손실은 엄청나다. 따라서 어느 하나의 링크나 노드가 훼손되더라도 그대로 망을 운용할 수 있는 생존도(Survivability)에 대한 요구가 절실하다.

이러한 점들을 감안하여 TM(Terminal Multiplexor), Ring을 지원하는 ADM(Add Drop Multiplexor), Mesh망을 지원하는 DCS(Digital Cross Connector)와 같은 장비들이 개발되어 사용되고 있다. 한편, 망이 수용해야 하는 수요는 지속적으로 증가하며, 지역적으로도

확장되는 특징을 지닌다. 이러한 수요의 증대를 효과적으로 대처할 수 있는 능력이 생존도와 더불어 요구된다. 2절에서 생존도를 고려한 망의 종류와 특징을 점검하고 각각의 경우에 수요증가에 대처하는 망진화방안에 대해서 고려한다. 그리고 3절에서는 진화유형중 Ring이 연결(Interconnection)한 경우에 대한 단기진화모형을 검토한다.

2. 광전송망 진화의 일반적인 형태

2.1. 생존도를 고려한 광전송 시스템

TM(Terminal Multiplexer), ADM(Add Drop Multiplexor), DCS(Digital Cross Connector) 등과 같은 광장비(노드장비)를 가지고 망을 운영하는 경우 각각에 대응되는 망의 구조는 다음과 같다. 기본적인 특징들은 <표 1>에 요약되어 있으며, 수요증가에 대한 대처하는 특징은 다음과 같다.

속성	Pt-to-Pt	SHR	DCS mesh
Network size	2 nodes	few tens	Global
Spare capacity needed	Most	Moderate	Least
Node cost	Moderate (OLT/APS)	Lowest (ADM)	Highest (DCS)
Restoration line	~ 50ms	~ 50ms	sec/min
Mixed line rates	Possible for 1:N APS	No	Yes
OA&M	Least	Moderate	Most

<표 1> 생존도를 고려한 SDH망의 비교

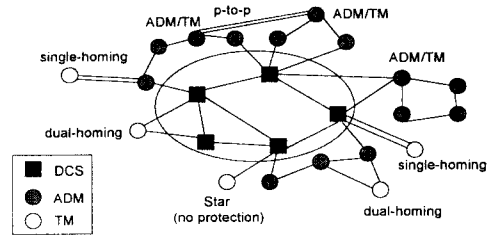
▶ TM을 이용한 단대단(Point-to-Point) 시스템 : 2개의 노드를 연결하는 시스템으로서, 단대단의 수요가 두드러진 수요패턴일 경우에 적합하다. 시스템은 수요지가 추가로 발생하게 되면, 추가된 노드와 기존의 모든 노드간에 잠재적인 수요가 발생하게 된다. 따라서 어느 정도 노드의 수가 증가하게 되면 수요지의 신규발생에 효율적으로 대처하지 못하는 단점을 가지고 있다.

▶ ADM을 이용한 환형(Ring)망 : 수십개 정도의 노드를 환형으로 연결하는 시스템으로서, 인근지역에 수요지가 추가되었을 때, 이를 Ring에 포함시키기 위해서는 둘 이상의 기존노드와의 링크가 확보되어야 한다. 또한, 하나의 Ring으로 구성할 수 있는 노드의 수에 제한이 있기 때문에, 수요지가 제한을 초과할 경우, 여러 개의 Ring을 연동하여야 하며, 어느한 부분의 링크수요가 용량을 초과해도 전체 시스템의 용량을 한 단계 증설하여야 하는 효율상의 문제점이 있다.

▶ DCS를 이용한 Mesh망 : 전역적인 망을 구성하기에 적합하며, 수요의 지역적인 확대에 대응하기 위해서는 Ring의 경우와 마찬가지로의 문제점을 가진다. 하지만 수요량의 증가에는 가장 유연하게 대처할 수 있으며, 여유용량을 상당부분 공유하기 때문에 효율적인 수요증가 대처가 가능하다.

위의 세가지 망구성형태는 동일한 장비를 가지고 망을 운영하는 전형적인 경우에 대한 비교이며, 실제로 망을 운영하기 위해서는 두가지 이상의 장비를 사용하여 각각의 특징을 활용하는 형태로 망을 구성하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 망중심부의 수요를 처리하기 위한 Ring과 주변부를 단대단시스템으로 처리하는 방안이나, 좀더 광범위하게는 지역적인 수요는 Ring으로 처리하고 Ring의 기간망으로 DCS mesh망을 운영하는 방안이 보다 현실적인 대안이 된다. <그림 1>은 중심부에는 DCS를 이용하여 백본망을 구성하고, 주변부에 다양한 형태의 망을 연동하는 하나의 혼합된(Hybrid) 망구

조의 예를 나타낸다.

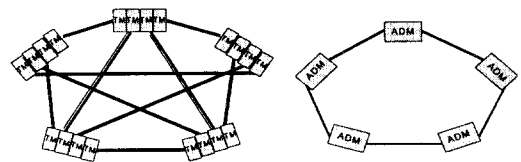


<그림 1> 2계위 망(2-tier Network) 구성도

2.2. 광전송망의 진화유형

이러한 망구조는 수요증가에 따라서, 수요량과 수요의 특성에 따라서 가장 적합한 망구조로 진화되어야 한다. 일반적으로 논의되는 일반적인 진화유형은 다음과 같다.

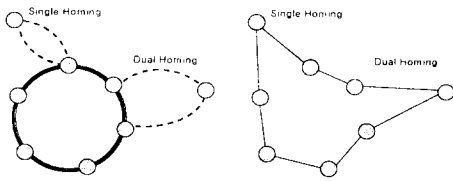
▶ 단대단(Point-to-Point)시스템의 진화 (그림 2) : 이 경우에는 단대단시스템을 유지하는 방안과 ADM을 이용한 Ring을 구성하는 방안을 고려할 수 있다. 신규수요지가 극소수로 제한된다는 확신이 있는 경우에는 단대단시스템의 증설을 통한 대응도 어느정도의 타당성을 갖는다. 하지만 단대단시스템의 노드수가 어느 정도에 이르면 이를 ADM을 이용한 Ring으로 대체하는 것이 바람직하다.



<그림 2> 단대단시스템의 진화

▶ Ring 주위에 신규수요지가 발생한 경우 (그림3) : 이 경우에 대응하는 방법은 Ring의 운영

은 유지하되, 신규수요지와 인접 ADM간을 TM으로 연결하는 방법과, 신규수요지를 포함하는 새로운 형태의 Ring을 구성하는 방법을 생각할 수 있다. 전자의 경우 비용면에서 유리하지만, 신규지역이 계속 발생할 경우 적절한 대응책이 되지 못한다. 섬이나 오지 등 신규수요지의 수요가 미미한 경우에 적합하다. 후자의 경우 신규지역이 지속적인 개발이 예상될 때 적합할 것으로 생각된다.



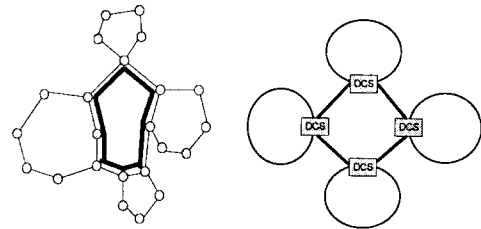
<그림 3> 환형망 주위에 신규수요지 발생

▶ Ring의 연결구조에서 수요가 증가하는 경우 (그림4) : Ring이 연결한 형태로 망이 운영되는 경우에 수요가 증가하여 기존의 용량으로 처리할 수 없을 때는 Ring에 부과되는 수요의 특성에 따라서 적절히 대처해야 한다. Ring 내부의 수요가 대부분을 차지하고 Ring간의 수요가 미미한 경우, 포화상태의 Ring자체를 증설하여 대처하는 방안이 망재구성을 피할 수 있는 좋은 대안으로 생각된다.

반면 Ring간의 수요가 어느정도 이상의 비중을 차지할 경우에는 이러한 방식으로 대응하는데에는 여러 가지 문제점이 따른다. 이 경우 고속의 Ring을 백본으로 도입하여 Ring간의 수요를 처리하는 방안과, DCS를 도입하여 mesh 백본으로 Ring간의 수요를 처리하는 방안을 생각해 볼 수 있다. 전자는 초기단계의 대처방안으로서 적합하나 망확장에 제한적이라는 문제점을 내포하고 있다. 반면 후자의 경우 지속적인 망확장이 용이하며, 따라서 장기적인 대처방안으로서 많은 논의가 이루어지고 있다.

3. Ring 연결구조의 진화방안

망진화방안을 평가하기 위해서는 각 대안에 대한 최적운영방안의 도출이 선행되어야 한다. 여기서는 Ring연접구조를 유지하는 대안과 DCS를 도입한 2계위망을 구성하는 경우에 대한 최적운영방안을 구하는 방법에 대하여 수리적인 모형화를 통해서 접근한다. 여기서는 단기 진화모형, 즉 단위기간의 확장을 대상으로 한다.



<그림 4> 백본 Ring과 백본 Mesh

3.1. Ring구조를 유지하는 방안

Ring의 구조를 유지할 경우에는 기본적으로 Multi-Commodity Flow문제의 성격을 가진다. 따라서 흐름을 정의하기 위한 Mass Balance 제약과, 흐름에 대한 비용을 산출하기 위한 비용부과(Charging)제약이 포함된다. 모형에서 사용되는 변수와 상수에 대한 정의는 다음과 같다.

c_r : r번째 Ring 한단위 증설비용.

M : Ring 1단위의 용량.

D_r : r번째 Ring의 기존용량.

L_{ij} : 링크 (i,j)를 공유하는 Ring의 수.

$b(k, i)$: k번째 Commodity의 i노드에서의 Net Inflow.

z_r : r번째 Ring의 증설량.

y_r : r번째 Ring의 부하최적화된 용량.

x_{ij}^k : k번째 수요가 링크 (i,j)를 통해서 처리되는 양.

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{r \in R} c_r z_r \\ & M(z_r + D_r) \geq y_r, \quad r \in R \\ & L_{ij} y_r \geq \sum_{k \in K} x_{ij}^k + \sum_{k \in K} x_{ji}^k, \quad (i, j) \in r, r \in R \\ & \sum_j x_{ij}^k - \sum_j x_{ji}^k = b(k, i), \quad i \in V, k \in K \\ & x_{ij}^k, y_r \in R^+, z_r \in Z^+ \end{aligned}$$

3.2. DCS를 도입하는 방안

DCS를 도입하는 경우도 위와 유사한 방법으로 모형화가 가능하다. Working Channel만을 고려한 DCS 도입방안의 모형화는 다음과 같다.

- c_r : r번째 Ring 한단위 증설비용.
- d_i : i번째 노드의 DCS 1기 설치비용.
- N_1 : Ring 1단위의 용량.
- N_2 : Ring 1단위의 용량.
- P_r : r번째 Ring의 기존용량.
- Q_i : i번째 노드의 기존설치 DCS 수
- L_{ij} : 링크 (i,j)를 공유하는 Ring의 수.
- $b(k, i)$: k번째 Commodity의 i노드에서의 Net Inflow.
- v_r : r번째 Ring의 증설량.
- u_r : r번째 Ring의 부하최적화된 용량.
- z_i : i번째 노드의 DCS 증설량.
- x_{ij}^k : k번째 수요가 Ring의 링크 (i,j)를 통해서 처리되는 양.
- y_{ij}^k : k번째 수요가 Mesh망의 링크 (i,j)를 통해서 처리되는 양.

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{r \in R} c_r v_r + \sum_{i \in H} d_i z_i \\ & N_1(v_r + P_r) \geq u_r, \quad r \in R \\ & N_2(z_i + Q_i) \sum_{j \in H} y_{ij} + \sum_{j \in H} y_{ji}, \quad i \in H \\ & L_{ij} u_r \geq \sum_{k \in K} x_{ij}^k + \sum_{k \in K} x_{ji}^k, \quad (i, j) \in r, r \in R \\ & \left(\sum_{j \in V} x_{ij}^k + \sum_{j \in H} y_{ij}^k \right) - \left(\sum_{j \in V} x_{ji}^k + \sum_{j \in H} y_{ji}^k \right) = b(k, i), \quad i \in V, k \in K \\ & M(z_i + Q_i) \geq y_{ij}^k, \quad i, j \in H, k \in K \\ & M(z_i + Q_i) \geq y_{ji}^k, \quad i, j \in H, k \in K \\ & x_{ij}^k, y_{ij}^k, u_r \in R^+, v_r, z_i \in Z^+ \end{aligned}$$

4. 결론

앞 절에서는 광전송망에 사용되는 장비와 그에 따른 망구성에 대해서 나열한후, 각각에 대해 수요증가에 대한 적합성을 검토하였다. 그리고 Ring이 연결한 구조에 대해서 단기진화방안에 대한 수리적인 모형을 혼합정수계획(Mixed Integer Program)문제로 제시하였다. 이 문제에 대한 속성과 효율적인 해법개발이 뒤따라야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Wu,T.H.(1992), *Fiber Network Survivability*, Artech House.
- [2] Wu,T.H.(1995), "Emerging Technologies for fiber network survivability," *IEEE comm. magazine*, Feb., 58-74.
- [3] Nemhauser,H.,Wolsey,L.A.(1988), *Integer and Combinatorial Optimization*, Wiley.