

## 국간 전송에서의 동기식 전송기술 적용

金在根, 李浩宰  
韓國電子通信研究所

### I. 서론

'90년대 초부터 국제적으로 표준화된 동기식 디지털 계위(SDH : Synchronous Digital Hierarchy)와 초광대역 광전송 기술의 결합으로 동기식 광전송이라는 광대역 전송의 새로운 시대가 열리고 있다. 이는 전송속도의 고속화 및 신뢰성, 경제성 측면에서 다른 전송매체에 비해 우수한 특성을 갖는 광 fiber와 망구성의 융통성 및 망 OAM&P (Operations, Administration, Maintenance, and Provisioning)의 능력 제고를 바탕으로 하는 SDH 기본기의 다중이 결합되어 망 사용자, 망 제공자, 그리고 장치 생산자들에게 잇점을 가져다 줄 것임이 틀림없다. 다시 말해서 망 사용자에게는 품질좋은 새로운 서비스가 경제적으로 신속하게 제공될 수 있을 것이고, 망 제공자에게는 융통성 있는 망구축 및 신호의 루팅 관리를 통해 망의 신뢰성 제고와 OAM&P 비용 절감 효과를 줄 것이며, 장치 생산자에게는 광전송 장치의 국제적 표준화로 이중 vendor 장치간 호환성 성취는 물론 장치의 대량 생산의 길이 열리게 될 것이다.

지금까지 전송분야에서의 기술의 확산과정을 보면, 새로운 기술의 도입은 보통 1차적으로 장거리 대용량 국간 전송에 응용되고, 이들은 다시 시내 국간에 적용된 후, 궁극적으로 가입자 망에 적용되므로서 완성되는 단계를 밟아왔다. SDH에 기본을 둔 새로운 동기식 광전송 기술 또한 이와 같은 전형적인 확산과정을 밟게 될 것으로 예상된다. 여기서 SDH망은 그 구성상 가입자망과 국간 중계망으로 구분될 수 있으며, 전자의 경우는 가입자의 분포나 가입자의 규모, 그리고 제공되는 서비스의 종류에 바탕을 둔 서비스

의존망이고, 후자는 국간 전송신호의 효율적인 OAM &P를 기본으로 하는 망이다.

국간 전송망은 다수의 교환국과 교환국 사이에 연결해야 될 중,대용량 트래픽들이 복잡하게 얽혀있는 기간 통신망으로서 전송 트래픽을 효율적으로 처리하면서 동시에 서비스의 연속성을 유지하는 즉, 망 OAM의 효율화에 기본을 두고 구성되어야 할 것이다. 그러나 점대점(PTP: Point To Point)간 전송에 바탕을 둔 기존 PDH(Plesiochronous Digital Hierarchy)기본 전송에서는 이런 능력을 구현하는데 있어서 여러가지 제한이 많았다. 여기에 비해서 SDH 전송은 이러한 제한성의 극복은 물론이고, 나아가 소프트웨어에 의해 구동되는 즉, 국간 중계신호들을 처리하는데 있어서 물리적, 논리적 관점에서 보다 효율적으로 전송 신호들을 루팅하고 전송로의 장애로 인해서 서비스의 손실을 초래하는 경우에 이를 신속하고 경제적으로 복구할 수 있는 망구성이 용이하며, 현재 여기에 바탕을 둔 망구조 및 OAM&P 능력에 대해서 많은 연구가 추진되고 있다.

본 고에서는 SDH 관련 기술을 국간망에 효율적으로 적용하는데 있어서, 전송 트래픽의 루팅성과 전송 서비스의 제공성을 바탕으로 하는 SDH 망요소의 종류 및 기능, SDH 망의 특징인 물리적, 논리적 관점의 융통성 있는 전송 네트워크와 서비스 보호망의 구조, 그리고 이들을 실제로 국간망에 적용할 수 있는 방안등에 대해서 기술한다.

### II. SDH 신호형태와 신호경로

CCITT 표준 SDH 신호형태인 STM-N(Syn-

chronous Transport Module level-N)은 125us의 프레임 반복주기를 갖는 9(row) x 270 xN (column) 바이트의 정방형 구조를 갖는다. 이는 SDH 망요소간의 송,수신에 필요한 디지털 구간용 오버헤드(SOH:Section Overhead)와 정보를 나르는 페이로드로 구성되며 페이로드에는 전송정보가 매핑된 컨테이너와 신호경로 형성에 필요한 경로 오버헤드(POH:Path Overhead)로 구성되는 가상컨테이너(VCn : Virtual Container-n)들이 존재한다. 또한 동기식 다중화시에 필수적으로 발생하는 종속신호 프레임의 위상정렬시의 전송지연, 장치간 클럭 오동기시의 슬립, 그리고 지리적으로 분산된 SDH 망요소를 위한 망동기의 요구등과 같은 제한을 극복하기 위해서 포인터에 의한 페이로드 동기기법이 적용되고 있다. 그림 1은 PDH 신호 또는 동급의 서비스 채널들이 Container - Lower VC - Higher VC - STM-1(N)으로 형성되는 전형적인 SDH 다중화 과정을 나타낸 것이다.

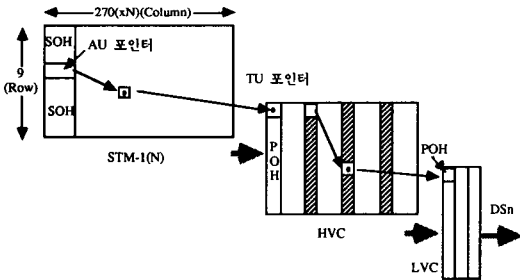


그림 1. SDH 다중화 과정

기존 PDH 신호들은 각각의 신호들의 속도에 알맞게 할당되어 있는 하위 VC(LVC : Lower VC)에 사상되어 PDH와 SDH 간의 정합이 이루어진다. 이 신호가 상위 VCn(HVC : Higher VC)의 페이로드상에 다중화될 때는 TU(Tributary Unit)포인터가 LVC의 시작점을 지시하고, HVC가 다시 STM-N신호의 페이로드로 다중화될 때는 AU(Administrative Unit)포인터가 HVC의 시작점을 지시한다. 즉, 각 LVC(VCn: n=1,2,3)에 포인터가 첨가된 다수개의 TUn(n=1,2,3) 신호는 HVC(VCn: n=3,4)로 다중되고, HVC에 포인터가 첨가된 AUn(n=3,4) 신호는 직접 STM-N으로 다중된다. 따라서 STM-N 신호상의 각 VC들은 해당 포인터의 지시에 의해서 그 위치가 식별될 수 있고, 이는 저속 디지털 신호들

이 LVC 및 HVC 형성 과정을 통해 고속 STM-N 신호상에 직접 액세스할 수 있음을 의미한다.

여기서 VCn 신호가 형성되어 여러 SDH 망노드를 거쳐 최종적으로 VCn 신호가 해체되는 접까지를 VC 신호경로라 하며, SDH 전송 프레임 형태인 STM-N 신호가 디지털 구간의 PTP 반송에 기본을 둔것인데 비해서 보다 상위 레이어 개념인 VC 경로의 존재는 SDH망의 논리적 PTMP 전송로 구성 개념에 대한 기반을 제공한다. 이와 같은 SDH 구조를 계층적 레이어 개념으로 표시하면 그림 2에 보인 바와 같이 크게 물리적 전송매체로 이루어진 디지털 구간 레이어와 경로 레이어로 나눌 수 있으며, 전자의 경우는 다시 중계구간 과 다중구간 레이어로, 후자의 경우는 HVC와 LVC 경로 레이어로 구분할 수 있다. 이러한 계층적 개념은 그림 3과 같은 망차원의 체계적인 유지보수는 물론 동기식 전송망의 특징인 VCn 경로의 네트워킹을 실현하는 경로 레이어망(VCn망) 구성에 응용될 수 있다.

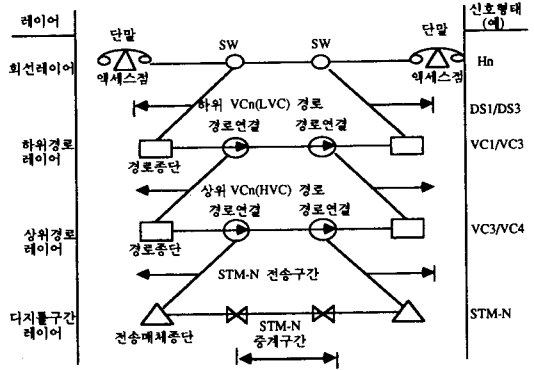


그림 2. SDH 전송레이어 개념도

이러한 VCn 망의 기능은 2개의 경로 종단점 사이에 설정된 표준대역을 바탕으로 하여 상위레이어 망(회선망)으로 부터의 전송대역 요구에 응하고, 또한 이러한 VCn의 논리적 경로 파이프(pipe)를 SDH 신호(STM-N)에 수용하기 위해서 하위 레이어망에 이의 수용을 요청하는 기능으로 이루어진다. 즉, 회선망의 요구와 매체망의 능력을 고려하여 경로 설정 및 종단을 주관하고, 경로 설정으로 부터 해체시까지 경로 연결상태의 감시, 경로의 루팅 관리, 경로 장애시 복구등 경로의 요구 또는 변동에 응하여 VCn 단위의 네트워킹과 효과적인 전송로 대역관리를 수행한다.

SDH망에서 이와같은 논리적 신호 경로 개념의 도입은 전송망의 능력을 기존의 물리적 매체 의존에서 탈피하여 소프트웨어에 의해 구동되는 유연한 망구축을 가능케할 것이다.

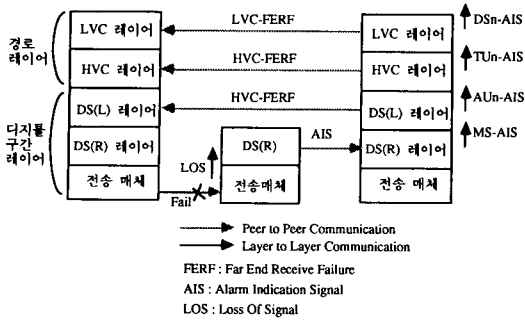


그림 3. SDH peer 프로토콜간 유지보수 전달체계

### Ⅲ. 국간 전송망의 기능 및 계층구조

동기식 국간전송망의 망 OAM의 목표는 망의 융통성(Flexibility) 및 망의 생존성(Survivability) 구현에 둘 수 있을 것이다. 망의 융통성이란 교환국간에 예상치 못한 트래픽의 변화를 수용하고, 전송로의 신.증설을 억제할 수 있으며, 가입자의 요구에 따라 새로운 서비스를 신속하고 경제적으로 제공하거나 전송로를 재구성하고 관리할 수 있는 능력을 의미한다. 또한 망의 생존성이란 전송로 절단등과 같은 링크 장애와 국사내의 화재, 지진, 홍수, 장치 고장등으로 인한 망노드 장애로부터 망을 복구하는 능력을 의미한다. 망요소와 망구조의 실현은 이러한 운용관리 목표를 가능한한 소프트웨어의 제어에 의해 신속하고 효율적으로 처리될 수 있도록 하는 능력이 기본이 되어야 한다.

망의 융통성은 물리적 전송매체를 가능한한 초고속화시켜 여기에 많은 VCn 경로가 포함되도록 구성하고, 이들 VCn들의 루팅을 효과적으로 처리할 수 있는 다양한 망노드 기능을 적용하여 VCn의 생성, 중단, 연결점등을 제공하므로써 광대역 VCn 망의 구축이 가능할 것이다. 여기서 물리적 전송매체의 초고속화는 상위 SDH 신호의 한단계 다중과 광전송의 결합으로 용이하게 성취될 수 있다.

SDH 망내에서 장애에 대한 망복구는 계층적 구조

에 따라 체계적으로 이루어지도록 SDH 망을 구축하는 것이 바람직하며 국간전송망의 계층은 다음과 같이 구분될 수 있다.

- 지리적 레이어(GL: Geographical Layer)
- 디지털 구간 레이어(DSL: Digital Section Layer)
- 경로 레이어(PL: Path Layer)
- 회선레이어(CL: Circuit Layer)

GL 레이어는 교환국간 케이블의 포설형태 및 교환국사내 장치배열등과 관련된 것이며, DSL 레이어는 케이블상의 선로 채널과 국사내 노드 즉, 전송망 요소등을 포함한다. 여기서 회선 레이어는 주로 교환기에서의 호처리를 통해 설정되며 이는 64Kb/s급 전화 서비스를 포함해서 각종 서비스를 나르는 층으로서 경로 레이어를 통해 전달된다. 여기서 DSL 레이어상의 광섬유 절단등과 같은 채널장애는 DSL상의 전송 중단과 직결되며 동시에 PL 상에 존재하는 트래픽 즉, PDH 신호 또는 VCn 신호 경로 레이어의 손실에 기인된다. 이러한 채널 장애는 루트 디버시티(Route Diversity)를 통해서 복구되거나 경로 레이어 상에서 해당 신호에 대한 논리적 경로를 재구성하므로써 복구될 수 있을 것이다. 또한 이를 회선 레이어 상에서 복구시키기 위해서 스위칭 용량의 사용 크기를 제한하고 Dual-Homing 또는 장애노드 주위에 트래픽을 동적 루팅(Dynamic Routing)시키는 방법이 사용될 수 있다.

한편 전송 서비스의 연속성 유지를 위해 전형적으로 고려되는 사항으로는 GL 레벨에서는 구조적 디버시티(Structural Diversity) 구성을 통해 장애루트를 대체할 수 있는 가능성 여부를 확인하여 구성하고, DSL 레벨에서는 링크의 1+1 루트 디버시티(Route Diversity) 구성, PL 레벨에서는 PDH 신호 또는 VCn 신호경로 단위의 복구등을 기본으로 하는 링형 구성등이다. 여기서 하위레벨에서의 장애로부터 상위레벨을 철저히 고립화 시킬 수 있다면 상위레벨 차원의 망복구기능은 필요치 않다.

전송망노드 기능에 따른 망 구성의 융통성 및 망의 생존성을 살펴보면 다음과 같다.

#### 1. 단순다중(Simple Multiplexing)

기존 PDH신호 또는 PDH 속도급에 해당되는 서비스 채널(ATM 정보포함)들을 SDH 신호에 수용하거나 하위 SDH 신호들을 다중화 하는 디지털 구간 중단 기능으로서 VCn 경로의 생성, 중단, 연결점을

제공하나 경로 재구성(Route Reconfiguration)은 불가능하다. 따라서 지리적 물리적으로 분리된 PTP 전송로 구성은 가능하지만 VCn 경로에 대한 PTMP 전송로의 구성은 어렵다. 이러한 기능만을 갖는 망요소는 망의 생존성 측면에서는 물리적 DSL 레벨의 보호가 요구된다. 즉, 1:N 또는 1+1 선로절체 기능이 부가되어야 하고, 특히 광섬유 절단등에 대비하여 지리적으로 분리된 보호(Route Diversity)개념이 요구된다. 망의 융통성 측면에서는 독자적인 Hub 망구성 등이 가능하며 여타의 전송망기능과 쉽게 결합하여 전송신호 경로의 재구성(Reconfiguration)이 가능하기 때문에 VCn 망을 구성하는 한 망요소로서 적용이 가능하다.

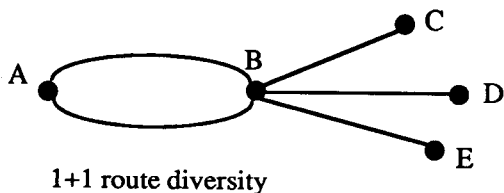


그림 4. 단순 다중기능에 의한 Hubbing 구조

### 2. 분기결합(Add-drop)

디지털 구간 레벨의 양방향 SDH 신호를 중단하고 SDH 신호 프레임상의 VCn 경로에 대한 연결 또는 중단, 재구성점을 제공하며, 저속신호 즉, 기존 PDH 신호나 저속 SDH 신호등을 직접 액세스할 수 있는 기능이다. 여기에는 VCn 신호경로를 특정 노드상에 할당하여 VCn을 drop 시키고 DSn 신호를 VCn으로 매핑하도록 해당 타임슬롯을 할당(TSA : Time Slot Assignment)하거나 특정 타임슬롯을 다른 고속신호상의 임의 타임슬롯으로 스위칭 하는 타임슬롯 교환(TSI : Time Slot Interchange)이 적용될 수 있다. Add-drop 기능의 망요소를 이용한 전송망의 구성형태별로 망의 생존성 측면을 보면 다음과 같다.

선형 배열시 자체기능만을 통해서 VCn 경로의 재구성이 용이하나 DSL 레벨의 광섬유 절단등과 같은 장애시 서비스의 완전복구를 위해서는 1+1 루트 디버시티 구성이 필요하다. 링형 배열은 서로 반대방향의 운용링크와 보호링으로 구성하여 링상의 단일장애 발생시 장애링의 반대 방향 링상의 장애신호 경로로 절체(단방향 경로절체 링)하거나 장애를 중심으로 양측 망노드상에서 장애링상의 정상채널을 보호링상의 예

비 채널로 루프백(양방향 선로 절체링) 시키므로서 서비스의 연속성을 유지한다. 이는 물리적으로 논리적 경로링을 동시에 구성하여 링상의 물리적 링크 또는 노드장애시 논리적 경로의 절체 또는 루프백을 통해서 서비스들을 장애로부터 최대한 고립시킬 수 있는 특징을 갖는다. 한편 분기결합의 신호경로의 재구성 기능은 소용량 교환국간 트래픽의 융통성 있는 구성을 가능케한다.

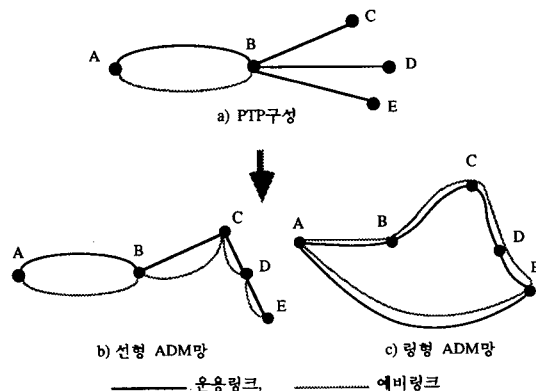


그림 5. Add-drop 망구조

표 1. TSA와 TSI 사용 분기결합 망요소간 상대적 비교

| 구 분        | TSA    | TSI  |
|------------|--------|------|
| 그 루 밍      | 불가능    | 가능   |
| 비 용        | 낮음     | 높음   |
| 전송 지연      | 없음     | 있음   |
| 분배기능과의 통합성 | 불가능    | 가능   |
| 링 응용       | 모든 링*) | 모든 링 |

\*) 2 Fiber 양방향 선로 절체링은 제외

### 3. 분배(Cross-connect)

다수개의 양방향 고속 SDH 신호들을 중단하여 고속 SDH 신호 프레임상의 저속신호 경로들을 고속 SDH 신호 프레임상에 상호 재배열 시킬 수 있는 경로 재구성 기능이 주기기능으로서 VCn 신호경로에 대한 특정 타임슬롯을 다른 고속신호상의 타임슬롯으로 옮기도록 스위칭 하는 타임슬롯 교환(TSI)을 통해서 전송신호의 PTMP 구성을 가능케 한다. 이 기능은 임의의 디지털 구간 장애로 인해 손실된 신호 경로들을

망차원에서 보호 루트로 경로 절체하므로써 망의 생존성은 유지할 수 있으나 예비 신호 경로를 위한 용량의 설정, 예비 루트의 결정을 위한 루팅 알고리즘 설정등과 같은 절체 제어의 어려움, 그리고 분기결합에 비해서 훨씬 큰 설치비용의 단점을 갖는다. 그러나 분배가 갖는 고유기능 즉, 논리적 채널경로들을 서비스의 종류, 서비스의 특성, 목적지, 망종류에 따라 분류하는 채널 그루밍(grooming) 기능과 방송기능, 중계선 시험액세스 기능, 집선다중 기능등을 이용하여 중계선 트래픽들을 효과적으로 조절, 루팅할 수 있는 장점을 갖는다. 참고로 분배기능과 회선 스위칭 기능의 차이를 비교하면 표2와 같다.

표 2. 분배기능과 회선 스위칭간 비교

|        |               |            |
|--------|---------------|------------|
| 구 분    | Cross-connect | Circuit SW |
| 성 능    | non-blocking  | blocking   |
| 스 위 칭  | non-real time | real time  |
| 연결설정시간 | 시간, 일, 월, 계절  | 수분         |
| 제어 방식  | 운용자 요구, 자동    | 자동         |

이상에서와 같이 망의 생존성 차원에서 보면, 디지털 구간 레벨, 경로레벨, 회선레벨로 계층화된 형태의 서비스 보호는 상위레벨에 의해 처리될수록 매우 복잡한 망차원의 복구를 요구하기 때문에 이의 루팅 제어가 어려워진다는 것을 알 수 있으며, 따라서 전송로상의 장애시 가능한한 디지털 구간 레벨에서 보호루트를 구성하여 실시간으로 복구하는 것이 바람직하다. 그러나 이 방식 또한 지리적, 물리적으로 비경제적이거나 설치상 어려움이 존재하기 때문에 이를 극복하기 위해서 논리적 경로 레이어 절체개념을 일부 도입하여 소프트웨어적인 처리를 부가하므로써 보다 효율적인 보호망구성을 가능케할 수 있으며, 전송신호 경로의 네트워크와 보다 제고된 OAM 능력 실현에 바탕을 둔 SDH 망의 등장은 이를 매우 용이하게 하고 있다.

표 3. 선로복구와 경로복구 비교

|           |          |        |
|-----------|----------|--------|
| 구 분       | 선로복구     | 경로복구   |
| 복구시간 * )  | 빠름(수십ms) | 느림(수분) |
| 루팅결정 알고리즘 | 단순       | 복잡     |
| 여분용량 사용효율 | 나쁨       | 좋음     |

\*)ADM에 의한 경로복구는 선로복구와 비슷함.

표 4는 기존 PDH 전송망과 SDH 전송망간에 보호망구성시의 경제성을 비교한것으로서 단순 두지점간 반송에 바탕을 둔 비용을 100으로 볼때 디지털 구간 레벨의 보호를 위한 1+1 루트 디버시티 구성, add-drop 기능에 의한 링망구성, 그리고 분배기능을 이용한 메쉬 망 구성간에 망노드의 경제성을 비교한것으로서 기존 PDH 망에서와는 달리 SDH 망에서는 물리적 디지털 구간 레벨과 거의 비슷한 비용으로 경로 레벨의 보호망 실현이 가능함을 알수 있다.

표 4. PDH망과 SDH망간 보호망 구성의 경제성 비교

|            |      |      |
|------------|------|------|
| 구 분        | PDH망 | SDH망 |
| 단순방송       | 100  | 100  |
| 1+1 RD     | 120  | 115  |
| 논리링 (ADM)  | 141  | 110  |
| 논리메쉬 (DCS) | 226  | 151  |

(참고문헌 6참조)

또한 국간 중계선 트래픽의 루팅 측면에서 보면, 단순다중의 경우 대용량의 동종 신호(동일한 서비스, 동일한 목적지등)를 PTP 반송하는데 적합하고, TSA/TSI를 통한 add-drop 기능은 전송설비간 인터페이스 수나 선로연결이 제한된 곳에서 매우 단순하면서도 제한된 규모로 융통성 있고 신뢰성 높은 망구축을 가능케 할 것이다. 특히 이 add-drop 기능은 시내 국간 망의 중거리 중용량 중계구간과 같이 평균 트래픽양은 상대적으로 작으나 트래픽 편차가 상대적으로 큰 경우에 적합하다. 한편 TSI를 이용하는 분배의 경우, 소프트웨어에 의해서 실시간으로 경로 루팅할 수 있으며, 이는 링크를 시간/월/계절단위로 조절하거나 국간망의 트래픽 포화상태를 피할 수 있다는 것을 의미한다. 특히 분배기능을 갖는 메쉬망의 구성은 망간 물리적 링크의 연결성이 최대화되어 대용량 트래픽이 존재하는 장거리, 트렁크, 시외국간에 적합하다.

#### IV. SDH 전송망의 구성 형태

기존의 비동기 국간 전송망은 초고속 PTP 전송을

주로 이용하였고 전송 구간별 서비스의 종류 및 할당 기능이 요구될 때는 2 대의 다중 장치의 back-to-back 구조를 기본으로 하여 신호를 수작업으로 루팅하거나 TSI (Time Slot Interchange)를 수행하는 스위칭 기능을 제한적으로 적용하였다. 또한 망의 신뢰도 및 서비스의 지속성은 전송구간 선로절체를 위주로 하여 유지되었는 바, PDH 신호상의 유지보수용 오버헤드가 충분치 않아서 장애 정보를 별도의 데이터 통신로를 이용하여 망제어 기능과 통신함으로써 장애선로의 복구에 보통 200 msec~300 msec 정도가 소요되었다.

여기에 비해서 SDH 국간 전송망의 전형적인 응용 형태는 기존의 비동기식 국간망에서의 고속 다중장치간 PTP 구조와 dual homing 구조가 있으며, 동기식 ADM(Add-drop Multiplexer)을 이용한 링구조와 DXC(Digital Cross-connect System)를 이용한 메쉬구조가 있다. 이들의 전형적인 진화형태를 보면 초기 SDH 전송망에서는 기존 PDH 전송망의 대체용으로 PTP 구조가 적용되고, 이후 SDH망의 확대와 함께 중용량 국간에 링형 구조가 적용될 것이다. 또한 DXC 도입으로 메쉬형과 링형이 조합된 다양한 VCn망이 구축될 것이며, 궁극적으로는 사용자대 사용자간 SDH 전송로의 실현과 함께 소프트웨어 구동의 완전 VCn(또는 BISDN의 VP)망이 구축될 것이다.

4. PTP 구조

기존 비동기 전송망에 주로 적용되는 구조로서 PDH 계위간의 다중 특성에 따라 초고속 점대점 선로를 기본으로 형성되어 있으며 망구성의 융통성 실현과는 무관한 완전 메쉬형 망구조를 갖는다. 다만 망의 생존성 측면에서 전송링크의 장애에 대비하여 APS (Automatic Protection Switching)를 이용한 디지털 구간 레벨의 선로 절체 방식을 PTP 국간망에 도입하고 있다. APS를 기본으로 하는 방식은 동기식 전송망으로의 진화 초기에 PDH 신호 수용 단국 장치들간의 망 구조로 채택될 수 있다. APS방식에는 N개의 서비스 전송선로에 하나의 절체 선로를 할당하는 N:1 절체 방식과 hot stand-by 개념에 입각한 1+1 절체 방식이 있으며, 절체 프로토콜이 단순하고 구현이 용이한 장점을 갖는데 반해서 완벽한 보호절체를 위해서는 비경제적인 루트 디버시티 개념이 적용되어야 한다는 단점이 있다. 따라서 초기 절체기능은 PDH망 과 유사한 비(non) 루트 디버시티 기본의

1:1 이나 1+1 APS 방식이 선호될 것으로 여겨진다.

5. Dual Homing 구조

APS 방식은 PTP 다중 장치간의 완전 메쉬 망구조에 적합한 구조이다. 그러나 다수의 교환국으로부터 전송된 고속 신호들이 중단되는 Hub에서는 이와 같이 전용보호링크들을 요구하는 APS 방식의 적용은 적합하지 않다. Hub 자체의 장애 발생은 흔하지는 않으나 고도의 정보 지속성을 요구하는 신호가 존재하는 특정 중심국의 경우에 예기치 않은 Hub의 장애 상황을 가정하여 dual homing 전송로를 구성할 수 있다.

이 구조는 특정 서비스를 처리해 주는 CO로부터의 정보를 1차 Hub에서의 장애 발생시 특정 신호의 경로를 2차 Hub에 연결되도록 하여 신호의 전달성을 보장하는 것이다. 이 방식은 망 차원의 루팅 재설정을 필요로 하므로 서비스 복구시간이 길어지고, 1차 Hub에서 처리될 모든 일반신호에 대한 장애로부터의 보호책을 제시하지 못하며, 초 고속 정보 전달 신호들이 수용되어야 할 동기식 전송망 요소로 구성된 Hub에는 적합하지 않은 망 구조이다.

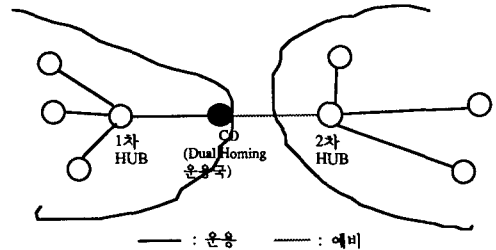


그림 6. Dual homing 구조

6. 허빙 구조

기존 PDH망에서의 PTP 위주의 완전 메쉬망은 DXC의 채널 그루밍 기능을 이용하여 그림 7과 같은 허빙망으로 단순화 시킬 수 있다. 즉 각 교환국으로 전송된 신호를 하나의 고속 다중신호로 묶어서 DXC로 전달하고 DXC는 이들을 각 교환국으로 분류하여 전송하거나 이의 역기능을 갖도록 하는 구성이다. 이는 신호 경로의 네트워크를 통한 망구성의 융통성을 극대화한 방식으로 망의 경제성과 망관리의 효율성을 성취할 수 있으나 망의 생존성 즉 전송링크나 DXC 노드의 장애에 대한 별도의 대책이 마련되어야 한다는 단점이 있다. 이는 교환국간 전송로 집중국사 적용에 적합하다.

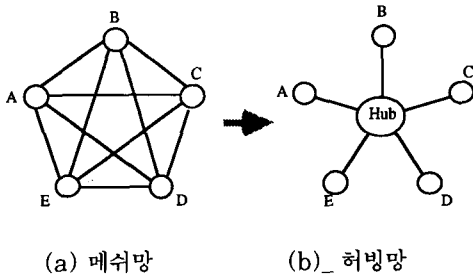


그림 7. 허빙망의 구조

또한 몇개의 교환국들로 부터의 신호들에 대해서 허빙 기능을 갖는 노드들을 메쉬형태로 구성하는 그림 8과 같은 장치 허빙 구성 방식이 있다. 이는 적은 용량의 다수 교환국 신호들을 한데 묶어서 하나의 광섬유를 통해 타교환국으로 전송하므로써 비용을 절감할 수 있으며 hub간 링크 장애시 서비스 보호 특징을 갖는다. 이와 같은 허빙은 설비투자 비용 절감외에 망용통성의 창조, 원격제어 망능력 제공, 광섬유 사용효율제고, 가입자 요구에 대한 적응성 관리, 유지보수의 용이, 그리고 망재구성을 위한 미래 장치들의 기초가 될 것이다.

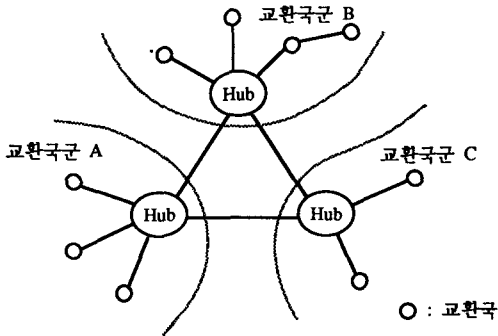


그림 8. Multi-hubbing 구성예

7. 버스형 구조

선형 ADM을 이용하여 선형으로 배열된 여러 ADM 노드상에 저속 신호들을 add-drop하는 구조로서 망구성이 간단하여 망관리가 단순한 잇점은 있으나 단국 기능에서와 같은 양방향 선로절체 구성을 필요로 하는등 장치 구성가격이 링형 ADM에 비해 높고 광섬유 절단등과 같은 장애로부터 서비스의 완전한 보호가 불가능한 단점이 있다.

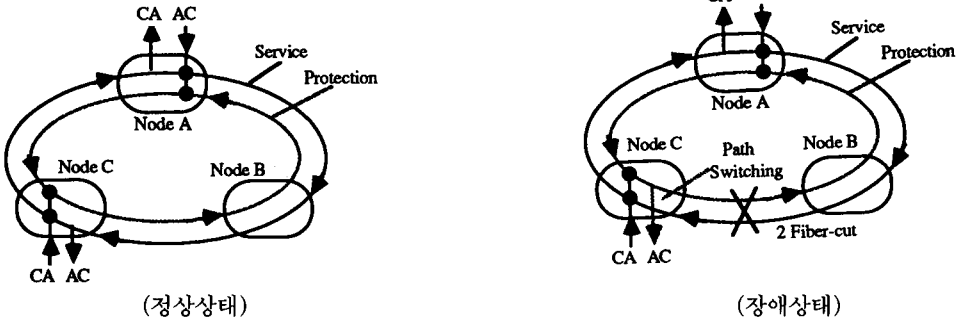
8. 링형구조

이는 ADM을 이용한 전형적인 망 구성 형태로서 단일 선로 장애로부터 스스로 복구될 수 있으며, 따라서 이러한 망 구성을 SHR(Self-Healing Ring)이라 부른다. SHR은 서로 반대방향의 2개 이상의 링으로 구성하며, 이는 송수신 정보의 흐름 방향에 따라 단방향 SHR과 양방향 SHR로 구분되고, 장애시 절체방식에 따라 선로 절체와 경로 절체로 구분한다.

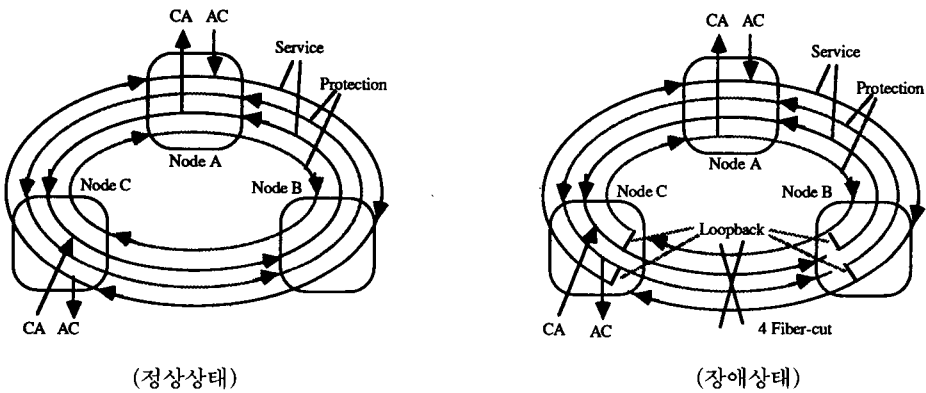
경로 절체 방식은 각 VC의 POH를 이용하여 end-to-end 연결상태를 감시하여 경로 절체를 수행한다. 선로 장애시 자국에서는 STM-N 내의 장애 VCn 신호에 대해 해당 경로상에 장애상태를 전파하고, 각 ADM 노드에서는 이를 감시하여 drop 신호에 대한 경로 절체를 수행하므로써 수십 ms이내에 망이 복구된다. 선로 절체 기법은 APS 채널을 이용하여 장애지점을 중심으로 양측 ADM 노드상에서 장애링상의 정상채널을 보호링상의 예비채널로 루프백(선로절체)시키므로써 수십 ms이내에 망이 복구된다. 이러한 선로절체 방식은 절체 관련 프로토콜이 복잡하다. 현재 세계적으로 단방향 경로 절체(UPS: Unidirectional Path Switched)링과 양방향 선로 절체(BLS: Bidirectional Line Switched)링에 대한 연구가 활발하며, 이들의 원리는 그림 9와 같다.

UPS SHR의 각 ADM 노드에서는 add 신호를 양측링에 dual-feed 시키고, drop신호는 양측 링상에 존재하는 신호들중에서 상태가 좋은 신호를 선택 추출하는 방식을 이용한다. 이러한 구조에서는 단일 2 fiber-cut과 같은 장애 발생시 서비스의 지속성을 유지할 수 있으며, 이는 트래픽의 집중 특성을 갖는 중심국과 로컬 단국간에 효과적으로 적용될 수 있다.

BLS SHR에는 2 fiber를 이용하는 BLS/2F와 4 fiber를 이용하는 BLS/4F 방식이 있다. BLS/2F SHR은 동일 링상에 서비스 채널과 보호채널이 존재하며 송,수신 채널은 서로 반대방향 링상에 각각 위치시키는 형태로서 장애발생시 선로 루프백을 통해 서비스 채널을 반대방향링상의 예비채널 위치로 절체시키는 방식이다. BLS/4F SHR은 서비스링과 반대방향의 보호링이 각각 2개씩 운용하는 방식으로 서비스링의 장애시 장애지점 양측의 ADM 노드에서 전체널을 보호링으로 루프백하여 망을 복구시키는 구성이다. BLS/4F는 BLS/2F 방식보다 2배 용량을 수용하며, 두 방식 모두 정상상태에서 보호 채널들은 extra 채널을 제공하도록 적용될 수 있다. 또한 BLS/2F SHR



(a) UPS SHR



(b) BLS/4F SHR

그림 9. UPS SHR 과 BLS/4F SHR

은 BLS/4F-SHR에 비해서 서비스 채널과 보호 채널의 비율 및 절체 우선순위에 따른 절체제어가 복잡하고 절체를 위해서 TSI 기능이 필요하다. 여기서 BLS/4F SHR는 1+1 선로절체 구성도 가능하다.

9. 메쉬(Mesh) 구조

동기식전송망의 메쉬구조는 전형적으로 DXC와 DXC간을 연결하는 응용형태이다. 여기서 DXC는 국간 중계전송 트래픽의 융통성있는 루팅이외에 망의 생존성 차원에서 전송경로의 장애발생시 경로절체 개념을 적용하기 위한 것이다.

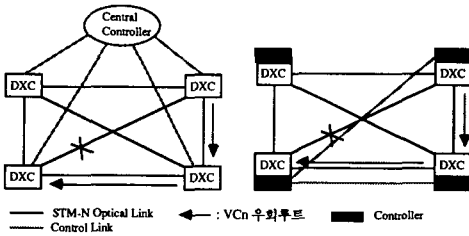
전자의 경우, DXC의 응용목적에 따라 가용 STM-N 전송로를 통해 VCn의 최대 throughput을 내기 위한 형태, STM-N 신호속의 VCn들에 대한 그루밍 기능을 통해서 채널들의 목적지, 서비스 종류 별로 분배하는 형태, 국간 트래픽의 변화에 따른 전송로를

재구성해주는 형태, 전체망의 관리를 위해 각 노드로부터의 망 관리 유지보수 데이터를 수집하여 OS에 보고하거나 관련 통지사항을 받아 조치사항을 수행하는 형태, 그리고 우회루트 구성을 효율적으로 하여 전송망의 생존성을 높이기 위한 형태로 구분될 수 있으며 보통 이들 형태들이 조합된 운용이 일반적이다.

후자의 망 생존성은 링크단위의 물리적 절체 방식과 BLS/2F에서 사용되는 것과 같은 TSI에 의존하는 end-to-end 경로 단위의 논리적 절체 방식에 의해 구현된다. 이러한 링크단위의 절체는 ADM 링에서는 망복구 속도가 수십 ms인 반면에 망차원의 복잡한 망복구 제어가 요구되기 때문에 수분 정도가 소요된다는 단점을 갖는다. 이러한 메쉬형 망 구조는 기본 망 구조에 우회 루트 제공능력을 바탕으로 한 절체 기능을 내포시킬 수 있도록 전송망 노드 간의 링크의 수에 따른 망 제어의 능력을 고려하여 구현될 수 있



다. 이에 따라 DXC는 후자의 방식에 의존하여 ADM 보다는 더 넓은 차원의 가용 절체경로를 제공해 주는 망 요소이다. 동기식 DXC 전송망은 ADM 링 보다는 각 대체 루트 제공 완료 시간에 구애를 받지 않으면서 자체의 전송대역에서 절체 용도의 VC를 절체요구 VC에 할당함으로써 경로 재루팅 기능을 수행한다. 동기식 DXC를 이용한 mesh형 동기식 전송망은 우회루트 제공을 위한 망 제어 방식에 따라 제어 집중형 mesh 구조와 제어 분산형 mesh 구조로 나눌 수 있으며, 자세한 사항은 본 특집의 "동기식 전송망의 Survivability"를 참조하기 바란다.



(a) 제어집중형 (b) 제어분산형

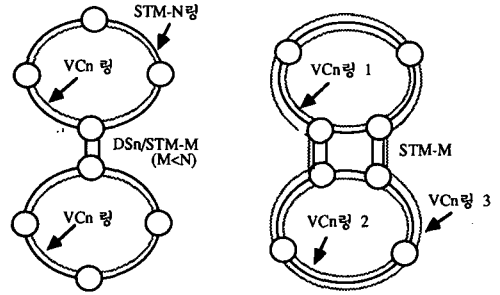
그림 10. Mesh 구조

V. 국간 동기식 전송망 구성(예)

국간망은 로컬/시내중심/시외총괄국사의 구분, 국사내 트래픽 처리 용량, 국사내 트래픽루팅 구성특성 등이 고려되고, 망의 생존성 및 OA&M등이 고려된 융통성 있고 경제적인 망구성을 바탕으로 할 것이다. 이의 초기 구성은 기존 망에서와 같은 APS 기본의 단순다중 장치를 이용한 교환국간 PTP구성 형태가 될 것이며, 다음으로 전송용량이 작은 시내 교환 국간에 ADM 기본의 망노드 장치의 도입에 의해서 링 형태로 구성될 전망이다. 이후 DXC의 도입으로 대용량의 시외국간망이 메쉬형으로 구성될 것이며, 나아가 이들은 링과 메쉬가 적절히 조합될 발전될 것으로 보인다. 이들의 전형적인 구성형태를 보면 다음과 같다.

먼저 그림11과 같은 Multi-ring 형태이다. 여기서

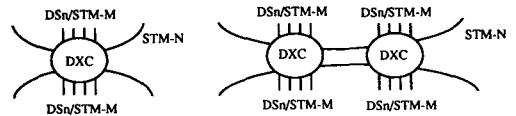
그림 11.a는 VCn 기본의 SHR링과 링사이에 DSn 또는 STM-N급 전기적/광신호로 상호 접속되는 형태로서 경제적인 ADM 링만을 이용하여 보다 광역망을 구성할 수 있다는 장점이 있는 반면에 링간에 물리적 인터페이스의 존재로 신뢰성 저하의 원인이 되고, 2개의 링을 접속하는 노드의 ADM 노드를 통해서 VCn링이 상호접속되도록 하므로써 3개의 VCn의 논리적 경로 SHR을 구성하여 장애에 대비할 수 있는 특징이 있다.



(a) 2개의 SHR간 연동 (b) 3개의 SHR 구성

그림 11. 다중장치/DXC 연동

이들 링간 상호접속에 DXC를 적용하므로써 그림 12와 같은 구성을 통해서 망구성의 융통성 및 품질의 신뢰성을 보다 제고시킬 수 있을 것이다.



(a) 1개의 접속 (b) 2개의 접속

그림 12. ADM/ADM 연동

한편 총괄국/중심국/로컬국간 망을 통합한 전형적인 구성형태는 그림 13과 같다. 대용량 총괄국간에는 SHM(Self Healing Mesh)형, 중심국간에는 용량 또는 중계 전송로 형태에 따라 SHR 또는 SHM형, 로컬국간에는 주로 SHR형 구성으로 발전될 것으로 보인다. 여기서 필요할 경우에 ADM 노드 교환국사는 전용선, 특수선 서비스관리등과 같이 DXC 기능이

ADM 노드를 대체하여 DXC가 사용될 수 있을 것이며, 특히 망의 생존성을 위한 루트 및 노드 디버시티 구성 Dual Homing 구성 등)도 나타날 것이다.

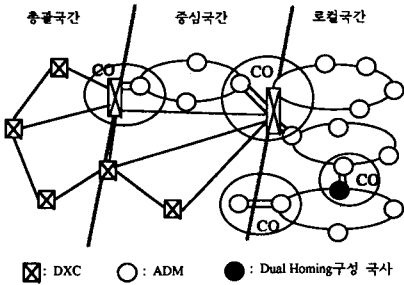


그림 13. 전형적인 국간 망구성 형태

### VI. 결론

본고는 향후 전송망의 궁극적 목표인 동기식 전송 망 구성을 위한 동기식 전송기술의 국간 적용과 관련하여 망의 효율적인 운용관리 목표인 망융통성과 망 생존성 차원에서 망의 기능 및 계층 구조, 구성 가능한 망구성 방안등에 대해 기술하였다. 망구성의 융통성 측면은 물리적 레이어 기본에서 탈피하여 논리적 VCn 신호 네트워킹 즉, ADM 이나 DXC를 이용하여 VCn 신호단위의 경로 링 또는 메쉬형 망구성 기본의 VCn망이 기본이 될 것이다. 망의 생존성 차원

에서는 동기식 다중의 가장 큰 특징인 저속신호의 직접 액세스 기능을 응용하여 VCn 신호 경로에 대한 절체를 바탕으로 ADM과 DXC를 적용한 SHR과 메쉬형 망구조가 일반적인 망의 형태가 될 것이다. 이러한 동기식 전송망은 기존 PDH 신호와의 완전한 연동성을 가지면서 향후 B-ISDN의 기본인 SDH-ATM망으로의 점진적인 진화를 가능케하는 가교역할을 할 것이다.

### 參考文獻

- [1] CCITT 권고 G.707, G.708, G.709, Blue Book, 1988.
- [2] CCITT 권고 G.784, G.snal, 1992.
- [3] 김 재근, "SDH 전송과 ATM 기본 B-ISDN," 전자통신, 제 14권 제 2호, 1992년 7월호.
- [4] 이 호재, 김홍주, 김재근 "SDH 기본 시스템의 구현 및 망구성 전략," 전자통신, 제 14권 제 2호, 1992년 7월호.
- [5] Steevn H Hersey and Mark J. Soulliere. "Architecture and Applications of SONET in a Self-Healing Network", ICC '91, Vol. 3, no 44.3, 1991, pp. 1418-1424.
- [6] Tsong-Ho Wu. "Fiber Network Service Survivability", Artech House, Boston.



筆者紹介



金 在 根

1952年 8月 28日生

1980年 2月 고려대학교 전자공학과 졸업

1983年 2月 고려대학교 대학원 전자공학과(석사)

1990年 8月 고려대학교 대학원 전자공학과(박사)

1979年 12月 ~ 현재 한국전자통신연구소 전송시스템 연구실 실장



李 浩 宰

1962年 5月 10日生

1986年 2月 부산대학교 전자공학과 졸업

1988年 2月 동아대학교 대학원 전자공학과(석사)

1988年 2月 ~ 현재 한국전자통신연구소 전송시스템연구실 선임연구원