

광가입자망 기술 개요

김 재 혁, 지 윤 규

(한국과학기술원 전기 및 전자공학과)

■ 차 례 ■

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| I. 서 론 | IV. Remote node의 크기를 제한하는 요인 |
| II. 광가입자망에 쓰이는 수동 광소자 특성 | V. 광가입자망의 Powering |
| III. 광가입자망의 다중화 방법 측면에서의 고찰 | VI. 결 론 |

I. 서 론

사회, 경제적 발달과 더불어 여러 종류의 정보통신 수요와 공급의 발생은 물론, 이들로부터의 막대한 전송 데이터들이 생성되고 있다. 기존의 POTS(plain old telephone service)와 같은 전화서비스와 더불어 문서, 팩시밀리, 데이터 통신 등의 협대역 ISDN(integrated service digital network)은 물론, HDTV, 광CATV, 그리고 multimedia 서비스 등의 고속 광대역 서비스까지 사회 각 층의 사용자들로부터 다양한 서비스가 요구되어지고 있다. 이러한 고속 광대역의 서비스를 원활히 수용하기 위해서는 전송 속도의 확장 및 전송 대역폭의 확장이 필수적이다. 따라서 기존의 전송선으로 많이 이용되어지던 구리선(coaxial cable, twisted pair) 등은 아주 큰 전송 대역폭을 가진 광섬유로 교체되어지고 있다. 외국은 물론 국내에서도 국과 국간의 trunk 라인은 이미 많은 광섬유로 교체되었으며, 이 교체 속도는 더욱 가속화되고 있다. 아울러 서비스의 최종 수요자인 각 가입자들에게까지 광섬유를 접속시켜 각 가입자에게 실질적인 광대역 전송로를 포설해 주는 것을 모든 선진외국에서는 최종 목표로 삼고 있는데 이로부터 발생한 개념이 광가입자망이다 [1][2][3].

광가입자망이란 구조적 관점 특히 경제적 관점에

서 FTTH(fiber to the home)와 FTTC(fiber to the curb)으로 크게 나눌 수 있다. FTTH란 서비스를 제공하는 중앙국으로부터 각 가입자에게까지 광섬유를 직접 접속하는 것으로서, 평선호를 전기선호로 변환시켜주고 기본적인 BORSCHT 기능을 수행해 주는 ONU(optical network unit)가 가입자 맥내에 하나씩 위치하게 된다. 따라서 이러한 FTTH의 경우에는 각 가입자에게 궁극적으로 광대역 서비스를 제공할 수 있는 충분한 전송 대역폭을 마련해주며, 외부에 설치된 모든 구성 요소들을 수동소자로서 구현할 수 있다. 그러나 각 가입자마다 ONU를 개별적으로 할당함에 따라 가격상승의 유발이 단점으로 지적될 수 있다. FTTC은 FTTH보다 보다 경제적으로 광가입자망을 구현하기 위하여 발달된 개념으로서 여러 가입자들이 ONU를 공유하고 다시 ONU로부터 각 가입자의 서비스 단말까지는 구리선으로 접속되는 구조를 지니게 된다. 따라서 FTTC은 여러 가입자들 ONU공유에 따라 FTTH보다 경제적인은 물론 현재의 구리로 이루어진 가입자망과 경제적 측면에서도 경쟁할 수 있으며 20~30%의 망 관리비도 절감될 수 있다. 그러나 이 FTTC의 경우에는 한 ONU에 접속된 여러 가입자들 간의 원활한 망 이용을 위해 ONU의 능동성이 요구되며, ONU로부터 가입자에게까지는 구리선으로 서비스가 제공되기때문에 광대역 서비스로의 발전은

위해서는 한번 더 서비스 케이블의 upgrade가 필요하다. 특히 광가입자망의 구현이라는 관점에서 보면, 광가입자망을 통하여 현재의 전화서비스부터 제공한 후, 점진적으로 고속 광대역 서비스를 제공하는 방법을 위한 것이므로 FTTC은 광가입자망 구현의 정책적 측면과도 크게 어긋나지 않는다. 그림 1에는 이 양자관의 개념적 구성 모델이 나와있으며, 일본에서 FTTC과 흡사한 개념으로서 얘기하는 FTTO(fiber to the office)도 함께 나타나 있다.

이 글에서는 이러한 광가입자망을 구성하는데 필요한 수동소자 및 그 수동소자의 특성들을 살펴보고, 중앙국으로부터 가입자측으로의 downstream과 반대로의 upstream에서 feeder fiber의 공유를 위해 필요한 다중화 방법에 따른 고찰을 해보도록 한다. 그리고 optical power budget과 rusing the budger에 따른 loop length와 feeder fiber 공유수를 나타내는 분기수와의 관계를 알아보며, 마지막으로 광가입자망에서 각 ONU에 power를 공급하기 위한 powering 방법들에 대해서도 알아본다.

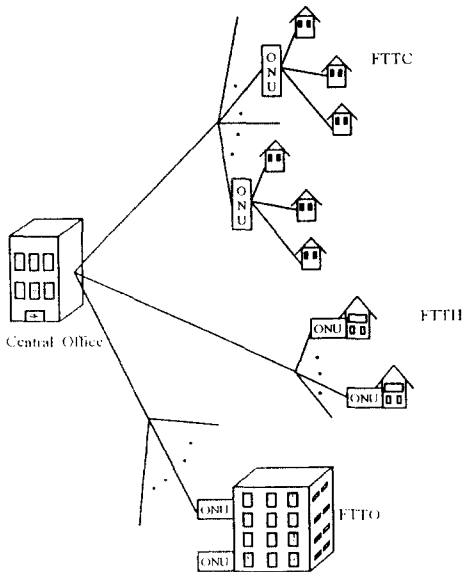


그림 1. 광가입자 망의 구조(FTTH, FTTC 그리고 FTTO)

II. 광가입자망에 쓰이는 수동광소자 특성

수동광네트워크를 구성하는 수동소자들은 그 기능

적 특성에 따라 splitter, combiner, star coupler, tab, 그리고 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 소자들을 대표적으로 들 수 있다. 현재 integrated-optic 기술에 의해 1550nm 영역에서 26.6dB의 삽입손실을 갖는 144×144 star coupler까지 개발이 되고 있다[4]. 이 절에서는 수동소자들의 성능을 알 수 있는 여러가지의 광학적 특성들을 Bellcore의 TR-NWT-001209에 기초하여 알아 본다[5].

2.1 Optical bandpass

우리가 광섬유를 이용해 구성하는 광통신에는 800nm 영역과 1310nm 영역 그리고 1550nm 영역이다. 그러나 이 세 곳의 모든 영역을 광통신에 이용하지 않고 상대적으로 손실과 dispersion이 적은 1310nm 영역과 1550nm을 사용한다. TR-NWT-001209에서도 1310nm 영역을 우선 먼저 통신 시스템에 적용하여 전화서비스를 광으로 가능하도록 하여주고, 1550nm 영역을 영상 서비스 등의 광대역 통신 서비스를 위해 사용할 것을 권고하고 있다. 따라서 광가입자망에 쓰이는 수동광소자들은 광가입자망의 upgrade 시에도 망의 구조적 변화나 교체등의 부수적 노력이 따르지 않도록 하기 위하여 1310nm 영역과 1550nm 영역 모두에서 항상 일정한 성능 및 특성을 보여야 한다. 그리고 각 영역의 optical bandpass pass 범위를 보면 1310nm 영역은 1260nm-1360nm, 1550nm 영역은 1430nm-1580nm이 된다. 이 범위의 의미는 수동광소자가 optical bandpass에 무관하게 항상 일정한 성능을 유지해야 함은 물론, 그 optical bandpass 자체 내의 위에서 언급한 범위 내에서 특히 일정한 성능을 유지할 것을 권고한다는 것이다.

2.2 Insertion loss

Insertion loss L_{ij} 는 $N \times M$ 의 수동소자에서 입력단 i 로부터 출력단 j 로 전달되는 power의 비율 나타낸다. 참고문헌[5]에 의하면 L_{ij} 의 최대치인 L_{ij} 는 커플러의 경우 $L_{ij} = 3.9 \log_2 k$ 이며 WDM 소자의 경우 $L_{ij} = 1.5 \log_2 k$ 이어야 한다. 여기서 $k = \max(N, M)$ 이다.

2.3 Directivity

Directivity란 입력단 i 에서 또다른 입력단 j 로 전달되는 power의 입력단 간의 crosstalk 특성을 설명해 준다. 이 특성은 커플러를 기초로 해서 완성한 광가입자망에서 아주 중요한 요소로 작용한다.

그외의 여러 특성들과 참고문헌[5]에서 요구되는

기준치들을 아래의 표1에서 보이고 있다.

표 1. 수동광소자의 광성능 기준 요구치

특 성	기준 요구치
Optical Bandpass(nm)	1260-1360, 1430-1580
커플러 삽입 손실 L_i (dB)	$3.9 \log_2 k$
WDM 삽입 손실, L_i (dB)	$1.5 \log_2 k$
Uniformity (dB)	$1.0 \log_2 k$
WDM wavelength isolation : Digital (dB)	15
WDM wavelength isolation : Analog (dB)	30
Directivity (dB)	50
Reflectance (dB)	40
Polarization Stability	-

III. 광가입자망의 다중화 방법 측면에서의 고찰

중앙국으로부터 가입자로의 광섬유의 접속시 그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 중앙국과 가입자측을 점 대 점으로 접속시키는 단일성형망 방식도 있으나 대개는 가입자에게의 경제적 부담을 줄이기위해 점 대 다중점 방식의 접속으로서 여러 가입자들이 feeder fiber를 공유하고 중간에 분기점으로 두는 방식의 이중성형망 방식을 취한다[6]. 이때 이 분기점이 능동소자로 이루어졌는지 아니면 수동소자로 이루어졌지에 따라 ADS(active double star)구조와 수동광가입자망으로 구분된다. ADS는 분기점이 위치한 RN(remote node)에 ATM mux/demux와 circuit switch card, LIC(line interface card), FIC(feed interface card) 등의 능동소자로 이루어져 있어, 고속의 TDM(time division multiplexing)과 traffic concentration 등의 작업을 하며 또한 ATM 서비스도 처리하도록 되어 있다. 그러나 이러한 방식의 광가입자망의 경우 그 구조의 복잡성등으로 인해 수동광가입자망에 대하여 각 가입자가 부담하여야 하는 비용보다 2.5배 가량 더 들게 되며, 또한 RN의 정기적 관리와 powering을 위한 소요비용도 또한 무시하기 어려운 요소가 된다.

수동광가입자망의 원활한 운용을 위해서는 하나의 중앙국으로부터 다수의 가입자들에게 정보의 전달을 위한 downstream과 역으로 다수의 가입자 측으로부터 하나의 중앙국으로의 정보 전송이 이루어지는 up-stream 위한 다중화 방법 등에 대하여 살펴보고 이에

다른 적절한 선택이 이루어져야 한다. 대표적인 다중화 방법으로는 그림 3에 나타난 바와 같이 시분할 다중화법(time division multiplexing, TDM)과 서브캐리어 다중화법(subcarrier multiplexing, SCM) 그리고 파장분할 다중화법(wavelength division multiplexing, WDM) 등이 있다[7][8][9][10][11][12]. 시분할 다중화법은 downstream에 적용시, 각 가입자 측에 전송할 데이터들을 광송신기를 이용하여 전송하기에 앞서 전기적 작업에 의해 각 가입자들에게 할당된 time

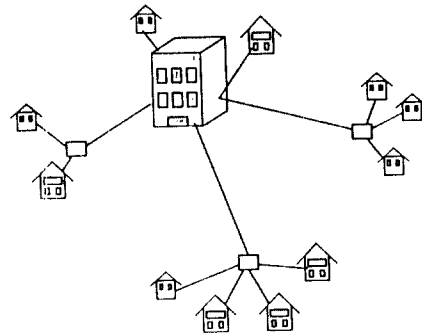


그림 2. 광가입자망의 단일성형망 구조와 이중성형망 구조

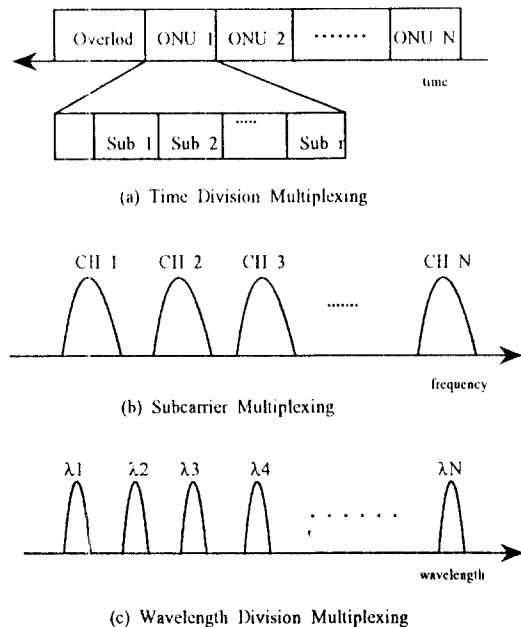


그림 3. 광가입자망에 사용되는 여러 다중화 방법

slot에 정확히 실음으로 데이터들을 다중화 시키고 이렇게 다중화된 신호로 광송신기를 변조시키 가입자 측으로 내보낸다. 가입자 측은 $1 \times N$ 커플러를 거쳐 각각의 N 가입자 측 ONU로 전송된 신호 중 자신의 지정된 시간측 상의 채널만을 받아들임으로써 자기에게 전송되어 온 정보를 수신하게 된다. Upstream을 위해서는 time division multiple access(TDMA)방식을 이용한다. 각 가입자 측의 ONU는 $1 \times N$ 커플러로부터 자신까지의 거리에 따른 지연시간을 정확히 파악하여 $1 \times N$ 커플러에서는 접속되어지는 모든 신호들이 정확히 자신의 지정된 time slot에 설리도록 한다. 이를 위해서 TDMA에서는 각 가입자까지의 지연시간을 파악하기 위한 ranging 회로가 부가적으로 필요하다.

시분할 다중화법에서 가입자에 고유히 할당된 time slot에 정보를 실었다면, 서브캐리어 다중화법에서는 가입자에서의 baseband 신호가 각 가입자마다 고유한 주파수를 갖는 electrical carrier를 변조하고 나서 광송신기를 변조한다. 여기에서 광이 최종적인 carrier 이기 때문에 electrical carrier를 subcarrier라고 부른다. 광수신기는 전달된 가입자 채널들의 합을 받고, 원하는 채널은 microwave bandpass filter(BPF)나 radio frequency(RF)heterodyne receiver에 의해 선택된다. 따라서 각 가입자들간에 서로 다른 값을 가지고 있는 지연시간을 정보가 필요치 않으므로 서브캐리어 다중화법은 시분할 다중화법에서 필요했던 ranging 회로가 필요하지 않다. 시분할 다중화법에서와 마찬가지로 $1 \times N$ 커플러를 이용해 각 가입자 측 ONU로부터 오는 광신호를 접속시키며 이 접속된 광신호는 중앙국으로 전달되어 각 가입자에 따라 개별적으로 할당된 N 개의 광수신기가 아닌 단일의 광수신기를 통해 신호를 받아들인다[10]. 아날로그 CATV를 광섬유를 이용한 전송에는 SCM이 이미 보편화 되어 있지만 SCM를 위한 아날로그 장비들이 상당한 고가이다. 그렇기 때문에 각 가입자 측 간으로의 신호 전송에 있어서 동기의 맞춤과 ranging이 크게 문제되지 않는 downstream에서는 상대적으로 경제적이고 쉽게 구현이 가능한 TDM 방식의 적용이 더 효율적이다. 따라서 subcarrier multiple access(SCMA) 방식은 upstream을 위해 이용될 수 있으며, downstream을 위해서는 TMD를 이용하는 것이 좋다.

위 두 가지의 다중화법에서 좀 더 발전된 방식의 다중화법으로 파장분할 다중화법이 있다. 서브캐리어 다중화법이 각 가입자 측의 ONU에 고유하게 지정

된 RF의 서브캐리어를 할당했다면 이 파장분할 다중화법에서는 각 가입자 측의 ONU에 고유한 파장을 할당한다. 이를 위해서는 위 두 가지의 다중화법에서 쓰이지 않았던 수동광소자인 코밀도 WDM 소자가 필요하다. 전송 파장이 $\lambda_1 - \lambda_N$ 으로 가입자 측 ONU에 각각 할당되었다 하자. i 번째 가입자 측 ONU에서는 λ_i 의 파장을 갖는 파장이 안정된 광원으로 광신호를 내보내어 코밀도 WDM에 접속시킨 후, 다시 중앙국의 코밀도 WDM 소자에 의해 파장 λ_j 가 할당된 출력단 j 로 광신호가 전달되어진다. 중앙국에서는 이와 같은 방법으로 가입자 측 ONU i 로부터 전송되어져 오는 정보를 받아들인다. 역으로 downstream의 운용은 중앙국으로부터 전송하고자 하는 가입자 측 ONU의 파장 λ_i 를 선택한 후 이 파장의 광원을 이용해 신호를 전송하여 출력단 j 로 광신호가 전달되어지므로 원하는 가입자 측 ONU j 로 정보가 전달되게 된다. 이 파장분할 다중화법은 앞에서 시술한 두 가지의 다중화법과는 달리 가입자 측에 부가적으로 부착되는 전기회로가 최소화 된다는 큰 장점이 있으나 각 가입자 측 ONU에 일반적인 LD가 아닌 linewidth가 좁은 DFB-LD의 사용이 요구되며, 이에 따라 온도의 변화에 따른 파장 변화를 보정하기 위한 회로가 필요한 단점이 있다. 그리고 코밀도 WDM 소자가 아직 상용화에는 이르며, 곧 상용화된다 하여도 상당히 고가일 것이므로 수동광가입자망의 구현에 큰 장애 적용에는 부리가 따른다.

지금까지 살펴본 세 가지의 다중화법을 정리하면 표2와 같다. 파장분할 다중화법은 코밀도의 기술과 코밀도 WDM 소자나 DFB-LD와 같은 값 비싼 소자가 요구된다. 그러나 많은 양의 정보를 손쉽게 처리할 수 있어 광대역 서비스의 수용이 용이하다. 이런 점에서 보았을때 지금 당장은 실용화가 가능하지 않지만 장기적으로는 좋은 방법이 될 수 있다. 서브캐리어 다중화법의 주된 장점은 파장분할 다중화법에서처럼 모든 채널들이 상호 독립적이라는 것이다. 그래서 한 채널의 속도(bit-rate)는 다른 채널에 영향을 주지 않고 증가될 수 있고 각 채널에서의 변조방식에 대해서도 유연성을 갖는다. 또 각 서브캐리어를 변조/복조하기 위한 microwave 소자는 저렴하고 충분히 이용 가능하다. 그러나 이러한 서브캐리어 다중화법에서 요구되는 소자는 아날로그 광대역 소자이기 때문에 집적도가 낮아 시스템의 비용이 많이 드는 단점이 있다. 반면 시분할 다중화법은 높은 집적도를 이룰 수 있는 디지털 소자를 많이 이용하기 때문에 비용이 비교적

저렴하다. 그리고 이 집적화를 위해서 사용되는 CMOS 기술의 경제적 활용도를 높이기 위해 TDM/TDMA의 다중화법을 이용하는 경우 가입자망의 전송 속도를 28 Mb/s 수준으로 할 것이 제기되기도 한다.

IV. Remote node의 크기를 제한하는 요인

광가입자망은 단일성형망 구조보다는 이중성형망 구조를 취하는 것이 여러 가입자들의 feed fiber 공유도를 높이며 특히 시분할다중화나 서브캐리어다중화 등의 다중화 방법을 사용시는 (C)의 광송수신단의 공유도를 높여 경제적으로 유리하다. 그리고 이에 따른 RN은 능동 또는 수동으로 이루어질 수 있으나 경제적 측면에서 볼 때 수동광가입자망이 유리하다. 광가입자망의 경제적 구현을 위해서는 가입자들의 망공유도를 늘려 즉, RN의 크기를 더욱 크게 함으로써 각 가입자들의 부담 비용을 줄여야 한다. 그러나 이 절에서 언급하는 몇 가지 요인에 의하여 RN의 크기는 어떠한 값 이하로 제한되게 된다. 이 절에서는 광가입자망을 수동소자를 사용하여 구현할 경우 가입자들의 망공유도를 나타내는 척도인 RN의 크기를 결정하는 요소들 및 이들의 영향에 대하여 살펴보도록 한다.

표 2. 각 다중화 방법 간의 특성 비교

	TDMA	SCMA	WDMA
Independence of channel	no	yes	yes
Modulation format transparency	no	yes	yes
Ranging	yes	no	no
Detector shared	yes	yes	no
Expensive components	-laser diode -shared optical receiver	-shared optical receiver -analog component -less integration	-dense WDM -wavelength selected and stabilized DFB laser

4.1 Optical power budget에 의한 RN 크기의 제한

제3절에서 언급한 파장분할다중을 이용한 다중화 방법의 경우는 RN을 dense WDM 소자를 이용하여

구현하는 것을 제시하였으나 현재의 기술적 수준과 그리고 경제적 측면에서 볼때 아직은 광가입자망의 실질적 구현에는 도입상에 많은 난점이 있다. 따라서 RN을 1×N 커플러를 이용해 구현하는 TDM이나 SCM을 다중화 방법으로 사용하는 경우의 optical power budget에 대하여 고찰하도록 하자.

커플러를 이용하여 수동광가입자망을 구현하는 경우 이때 필요한 구성 요소 중 광신호의 전송 중에 광파워의 손실을 야기시키는 요소들로는 1×2 커플러, 1×N 커플러, WDM 소자, 광섬유, 컨넥터, 그리고 splice에 따른 손실 등이 있다. 컨넥터의 손실을 L_{cn} (dB/ea)이라 하고 splice에 따른 손실을 L_{sp} (dB/ea)라 하며 광섬유의 단위 길이 당 광파워 감쇄를 L_f (dB/km), WDM 소자의 삽입 손실을 L_w (dB/ea), 1×2 커플러의 삽입손실을 L_2 (dB/ea), 그리고 1×N 커플러의 삽입 손실을 L_N (dB/ea)이라 하면 이 커플러를 이용한 수동광가입자망의 총광파워손실 P_T 는 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$P_T = n_{cn}L_{cn} + n_pL_{sp} + l_fL_f + n_wL_w + n_2L_2 + L_N \text{ (dB)} \quad (1)$$

이때 n_{cn} 은 사용되는 컨넥터의 수이며 n_p 는 splicing 횟수이고 l_f 는 가입자망의 길이 그리고 n_w 는 WDM 소자의 수를 그리고 n_2 는 1×2 커플러의 수를 가리킨다.

광송신기의 출력광파워를 P_S 라하고 광수신기의 sensitivity를 P_R 라 하면 P_S 와 P_R 그리고 총광파워손실 P_T 간에는 (2)식과 같은 관계가 있다.

$$P_T + M < P_S - P_R \text{ (dB)} \quad (2)$$

or

$$P_R < P_S - P_T - M \text{ (dB)}$$

이 식에서 M은 시스템 마진을 가리키는 것으로서 이것은 시스템의 노화 등에 따른 시스템의 성능 저하시에도 만족할 만큼의 성능을 가입자에게 제공하기 위하여 사용되어지며 6 dB가 일반적이고 특별한 경우 8 dB까지의 시스템 마진을 요구하기도 한다[13].

그림 4의 모델을 예로서 optical power budget에 관해 좀더 알아보기로 한다. 이 그림에서 1×N 커플러는 RN에 위치한 것이며, 양 종단에 위치한 1×2 커플러 또는 WDM 소자는 가입자망의 upgrade시 사용

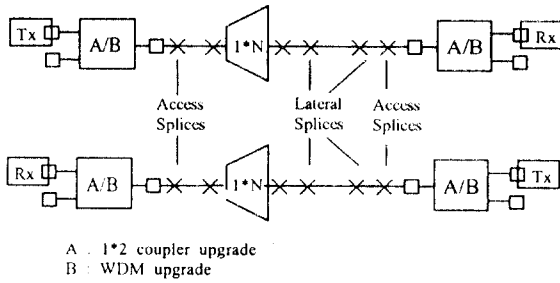


그림 4. Optical power budget을 위한 광가입자망 모델

을 위해 놓여진 것이다. 광가입자망의 설치후 초기 운용시에는 1300nm 영역을 이용하여 전화 서비스를 제공하지만 망의 발전에 따라 1550nm 영역을 더불어 이용하여 화상 서비스 등의 광대역 서비스를 제공하게 되는데, 이때 망의 별다른 변환이나 수정없이 1×2 커플러 또는 WDM 소자의 다른 한 집집에 1550nm의 transmitter와 receiver를 접속시키면 힘으로써 망의 upgrade를 완성할 수 있도록 한 것이다.

광가입자망의 각 구성요소들의 손실값을 Bellcore의 TR-909를 인용해 알아보면[표 3]과 같다[14]. 그

표 3. 광가입자망 구성 요소들의 광손실값

광가입자망 구성요소	Worst Case
Fiber cable (L_f)	0.6 dB/km
Fiber splice (L_{sp})	0.2 dB
Fiber connector (L_{cn})	0.8 dB
1×N coupler (L_{N1}, L_{N2})	$10\log N + 0.9\log_2 N$
WDM (L_w)	1.5 dB

림 3에서 망의 구성에 소요되는 컨택터의 수는 4개이며 fiber splice 횟수는 6회이다. 그리고 가입자망의 길이는 국내의 경우 평균 2.2km이며, Bellcore에서는 TR-909를 통해 optical power budget의 계산시 망의 길이를 3.6km로 할 것을 제시하고 있다. 여기서는 TR-909에서 추천한 값을 망의 길이로 삼았다. 또한 155 Mb/s 급의 transmitter의 경우 pigtailed fiber end에서의 출력 power는 대략 -1.0 dBm 가량의 값을 갖으므로 이 값을 P_s 로 삼는다. 이제 이러한 값들을 이용해 RN의 크기 N 과 receiver sensitivity와의 관계를 알아보면 그림 5와 같은 결과가 된다.

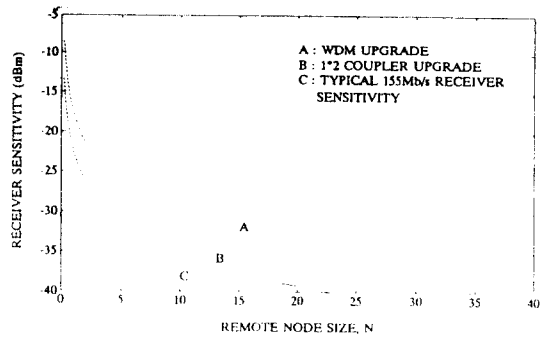


그림 5. 그림 4의 모델에 대한 optical power budget

이 그림에서 보는 바와 같이 155 Mb/s급의 -39.0 dBm의 sensitivity를 갖는 receiver의 경우, RN의 크기 N 은 1×2 커플러를 사용해 upgrade를 할 직에는 18 이하로 제한되며, WDM 소자를 이용해 upgrade를 할 직에는 N 이 45 이하로 제한되어 실질적으로는 각각 RN의 크기가 16 그리고 32가 적당한 값이 된다.

4.2 음성신호의 지연에 따른 RN 크기의 제한

문서의 전송이나 데이터의 이동 등에 관련된 서비스에 대해서는 전송시의 지연이 크게 문제되지 않으나 이용자 상호간에 대화식의 통신이 이루어질 때에는 정보 전송에서의 지연이 상대적으로 상당한 문제가 된다. 특히 전화 서비스와 같은 경우에 음성의 신호의 지연이 어느 정도 이상이 되면 서비스를 받는 이용자들이 큰 불편을 느끼게 된다. 따라서 음성서비스에서는 방향 신호가 문제를 일으킬 소지가 있는 시간인 2.4msec 이상의 시간지연 허용치 않고 있다. 그러므로 한 프레임의 길이가 125 μsec인 STM-1 레벨에서는 RN의 크기를 16 내지 32로 제한하게 됨을 알 수 있다[15].

V. 광가입자망의 powering

광섬유의 절연 특성은 EMI효과 배제 등의 가입자망에 여러 우수한 장점 등을 제공하지만 망 종단에서 BORSHT(battery, overvoltage protection, ringing voltage, supervision, codec, hybrid, test) 기능을 수행하기 위한 power를 전송신호와 함께 더불어 광섬유에 실어 보낼 수 없다는 단점도 아울러 야기시킨다. 따라서 FTTC이나 FTTH의 각 ONU는 가입자망의 중앙국으로부터 각각 power를 공급받거나(centralized power-

ring), ONU 근처의 power node나, 가입자택내의 AC power로부터 power를 공급받아야 한다(local powering). 그리고 local powering의 또하나의 방법으로서 photovoltaic panel에 의한 solar powering도 하나의 power 공급 방법이다[2][16].

5.1 각 powering 방법에 사용되는 전압 레벨

각 종류의 powering 방법에 이용되는 전압 레벨을 살펴보면 아래와 같다.

- centralized powering : -130 Vdc
- local powering : -48 Vdc
- solar powering : -48 Vdc 이하(typically -24 Vdc)

ONU에 전달되는 power는 Ohm의 법칙에 의해 $V^2/4R$ 로서 전송전압 레벨을 올릴 수록 증가한다. 이때 V는 전송 전압이고 R은 망고유저저항이다. Centralized powering의 경우 중앙국으로부터 ONU까지의 power 전송시의 손실을 고려하여 전압레벨이 다른 방법보다 높은 -130 Vdc으로 하였다. 그리고 각 powering 방법의 경우 모두 음의 전압을 갖도록 한 것은 양의 전압으로 power를 전달할 경우의 부식효과로 인해 양의 전압을 배제하고 음의 전압인 -130 Vdc나 -48 Vdc를 사용하도록 한 것이다.

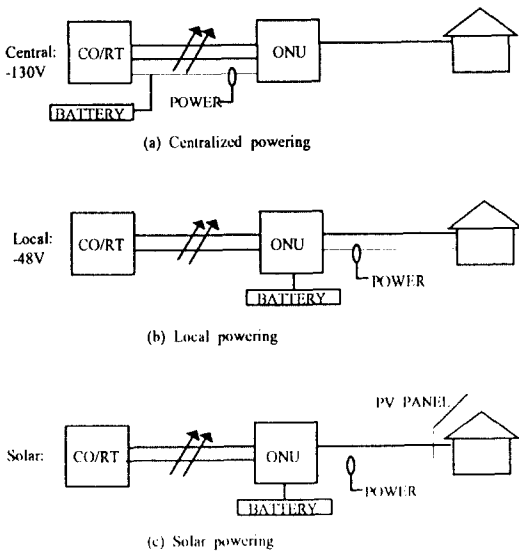


그림 6. 광가입자망의 powering 방법 분류

5.2 Centralized powering

이 centralized powering 방법은 그림 6-(a)와 같이 중앙국에서 -48 Vdc를 -130 Vdc로 dc-to-dc 변환을 한 후, -130 Vdc를 가입자측의 ONU까지 전송한 후 ONU에서는 이 -130 Vdc를 다시 -48 Vdc로 dc-to-dc 변환을 하여 사용한다. 또한 예비 전력으로 사용되는 battery도 중앙에서 제공하게 된다. 따라서 중앙의 한 battery와 power source를 여러 ONU가 공유함으로써 가격면에서도 여타 다른 powering 방법보다 우수하며 정전시에도 10시간 이상의 battery 작동이 충분히 보장되며 battery가 중앙국에 위치하여 있기 때문에 battery 관리도 아주 손쉽게 된다. 그러나 이 powering 방법에 의하면 광가입자 망과 더불어 구리 망을 이중으로 포설해야 하는 문제점이 있고 전기적 손실에 따른 power 전송 효율이 떨어지며 고전압 전송에 따른 감전사고의 위험 등이 단점으로 나타나게 된다.

5.3 Local powering

Local powering 방법은 그림 6-(b)에 나타난 바와 같이 가입자택내나 ONU 근처의 110 Vac 전원을 이용해 -48 Vdc 전압으로 변환시킨 후 ONU에 이 dc 전원을 공급하게 된다. 따라서 이 local powering 방법에서는 전송전압 레벨이 centralized powering에 비해 충분히 낮아 그에 따른 안전 사고등의 발생 우려가 감소하게 되며, 또한 dc 전원이 ONU 근처에 위치하여 있으므로 전압 전송선의 길이가 짧고, 가입자망의 길이에 무관하게 powering에 필요한 가격이 일정하게 된다. 그러나 이 방법에서는 예비전력으로 사용되는 battery가 각 ONU와 함께 가입자 근처에 위치하게 되어 각 ONU 마다의 battery의 수시 점검이 필요하게 되어 관리의 문제점이 대두되고, 정전시 battery가 10시간 이상 충분히 동작할 수 있을 지의 확인이 아직은 완전하질 못한 단점이 있다.

5.4 Solar powering

그림 6-(c)와 같이 photovoltaic panel을택내 등의 ONU 근처에 설치하여 -48 Vdc 이하의 아주 낮은 전압 레벨을 공급하는 이 powering 방법은 아직은 가격이 비싼 것이 단점이지만 아직 이 powering 방법에는 가격이 하락될 요소들이 많이 남아 있어 언젠가는 충분히 가입자망에 응용될 수 있는 방법이다. 이 경우에도 local powering에서와 마찬가지로 battery에 관련된 사항은 여러가지 단점을 내포하게 된다.

5.5 경제적 비교

그림 7에는 망 길이에 따른 각 powering 방법간의 가격 비교가 나타나 있다. 여기에 나타난 가격들은 battery, rectifier, charger, converter, wire, enclosure, PV panel 등의 powering을 위한 구성 재료의 가격 요인들과 전원 사용 비용, 설치비용, 인건비 등의 종합적 사항이 고려된 20-year-life-cycle-cost이다. 이 그림에 의하면 5000 ft 이하의 가입자망의 경우는 centralized powering이 유리하며 그 이상 특히, 8000 ft 이상에서는 local powering이나 solar powering이 유리함을 알 수 있다. 그러나 5000 ft 이상의 망 길이를 갖는 광가입자망의 powering의 경우는, local powering이나 solar powering의 가격적 측면에서의 잇점이 이 powering 방법들이 내포한 단점들을 충분히 극복할 수 있는 사항들은 아니므로 각각의 경우에 있어 case-by-case로 최적의 powering 방법을 선택하여야 한다.

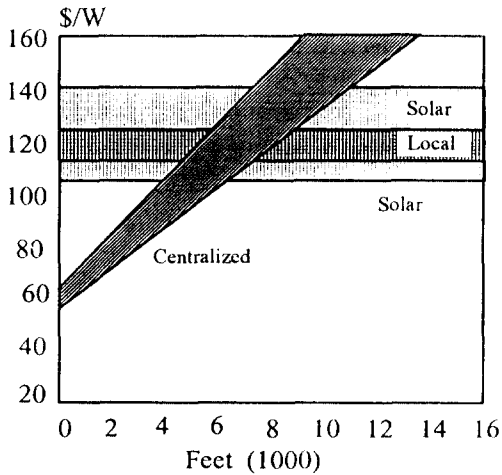


그림 7. 망 길이에 따른 centralized, local 그리고 solar powering의 LCC 비교

VI. 결 론

현재의 전화서비스망은 구리선이 중앙국으로부터 가입자에게까지 접속되어 서비스를 제공하도록 되어 있다. 그러나 현재 전세계적 추세는 가입자측에 까지 광섬유를 접속시켜 가입자에게 막대한 크기의 전송대역폭을 할당해 주어 궁극적 B-ISDN를 실현하고자 하는 것으로서 이것이 바로 광가입자망이다. 전세계

적으로도 특히 미국, 일본, 영국, 독일 등에서 이에 관한 연구가 빠르게 진행되어지고 있다.

이 글에서는 이러한 광가입자망의 구현에 필요한 기본 개념으로서 수동광소자들의 몇가지 특성들과 다중화 방법, 그리고 powering 방법등에 관하여 살펴 보았으며, 아울러 수동광가입자망에서의 RN의 크기를 제한하는 optical power budget 등의 여러 사항들에 관하여도 알아 보았다.

그러나 무엇보다도 광가입자망은 가입자들을 대상으로 한 서비스망이기 때문에 각 가입자들이 부담하여야 할 광가입망의 비용을 고려한 경제적 고찰이 필수적으로 필요하게 된다. 미국에서는 그래서 이 경제적 분석의 결과로서 광가입자망의 궁극적 목표인 FTTH의 중간 단계로서 다수의 가입자가 ONU를 공유하는 FTTC를 구현하는 것이 현재에는 바람직하다고 말하고 있다. Bellcore의 자료에 의하면 FTTC의 설치 비용이 1995년경에는 전화망의 신규 포설비용과 거의 비슷하게 되어 기존의 전화망과도 가격경쟁이 충분히 되리라 예상하고 있다. 그리고 FTTH의 경우는 그 여러가지의 잇점에도 불구하고 각 가입자가 부담하여야 할 비용이 아직은 너무 커서 2000년대에 들어서야 FTTC와 경쟁이 되리라 보고 있다.

그러나 일본의 경우는 또 다른 관점을 갖고 있다 [17]. 일본의 경우는 가입자들의 분포가 미국 등과 달리 어느 한 지역에 집중되어져 있어 망길이가 대부분 2km인 이내인 특징을 가지고 있다. 특히, FTTC의 경우는 RN과 ONU가 택대 근처의 옥외에 설치되어야 하는데, 일본의 대도시에서는 옥외에 이러한 장비들을 설치할 공간이 극히 제한되어져 있기 때문에 NTT의 연구에 의하면, 일본은 FTTC를 도입하여 광가입자망을 구현하게 되면 전체 가입자의 20-30% 정도만이 FTTC의 경제적 잇점을 얻을 수 있다고 한다. 따라서 일본에서는 2-4개의 전화선을 보유하고 있는 가입자들을 대상으로 1995년까지 FTTC이 아닌 FTTH의 구현을 시작하고자 하고 있다.

국내의 경우도 광가입자망의 구현에 있어 아파트와 같은 다세대 주택이나 빌딩 등에 대해서는 일본에서와 같이 FTTC와 같은 단계를 거치지 않은 FTTH의 도입도 고려해 볼 사항이다. 그리고 무엇보다도 이 분야에 대한 사회 전반적 관심과 지속적인 노력이 이루어져야겠다.

참 고 문 헌

1. Howard L. Lemberg, "Passive Optical Network," in Short Course Notes OFC '92, 1992.
2. Paul W. Shumate, "Fiber to the Home," in Short Course Notes OFC/IOOC '93, 1993.
3. Kenji Okada and Hiromichi Shinohara, "Fiber Optic Subscriber Systems," IEEE LTS, pp.6-11, November 1992.
4. K. Katom, K. Okamoto, H.Okazaki, Y. Ohmori and I. Nishi, "Packaging of Large Integrated-Optic $N \times N$ Star Coupler," OEC '92, Post-Deadline Papers, 2-3, July 1992.
5. "Generic Requirments for Fiber Optic Branching Components," Bellcore Technical Advisory, TA-NWT-001209, Issue 1, December 1991.
6. Kevin W. Lu, Martin I. Eiger and Haward L. Lemberg, "System and Cost Analyses of Broadband Fiber Loop Architectures," IEEE JSAC vol. 8, no. 6, pp.1058-1067, August 1990.
7. M. H. Reev, S. Hornung, P. Jenkins and S. Mallinson, "Design of passive optical networks," Br. Telecom Technol. J. vol. 7, no. 2, pp. 89-99, April 1989.
8. C. E. Hoppitt and D. E. Clarke, "The provision of telephony over passive optical networks," Br. Telecom Telenol. J. vol. 7, no. 2, pp.100-114, April 1989.
9. Ian M. McGregog, G. John Semple, and Grant Nicholson, "Implementation of a TDM Passive optical Network for subscriber Loop Applications," IEEE J. Lightwave Tech., vol.7, no 11, pp.1752-1758, Nov. 1989.
10. C.Sierens, D.Mestdagh, G. Van Der Plas, J. Vandewege, G. Depovere, and P. Debie, "Subcarrier Multiple Access for Passive optical Networks and Comparison to Other Multiple Access Techniques," Globecom '91, pp.619-623, 1991.
11. Stuart S. Wagner and Howard L. Lemberg, "Technology and system Issues for WDM-Based Fiber Loop Architecture," IEEE J. Lightwave Tech., vol. 7, no 11, pp.1759-1768, Nov.1989.
12. Takahiro Shiozawa and Makoto Shibutani, "U-FDMA/D-TDM Optical Fiber Multiaccess Subscriber Transmission System," 信學技報, CS 92-6, pp.33-38, May 1992.
13. "Generic Requirments and Objectives for Fiber In The Loop Systems," Bellcore Technical Reference, TR-NWT-000909, Issue 1, December 1991.
14. Gerd Keiser, *Optical Fiber Communications*, Second Edition, McGRAW-HILL, pp.315-356, 1991.
15. Yih-Kang Maurice Lin and Dan R. Spears, "Passive Optical Subscriber Loops With Multiaccess," IEEE J. Lightwave Tech., vol.7, no 11, pp.1769-1777, Nov.1989.
16. Keku Mistry, "Powering Fiber-in-the-Loop Systems," IEEE LTS, pp.36-44, November 1992.
17. Masahiro Kato and Masaharu Takano, "Optical Fiber Network Will Soon Reach Homes," Nikkei Electronics Asia, pp.18-27, December 1992.



김 재 혁

- 1970년 3월 9일생
- 1991년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정

지 윤 규

- 1950년 12월 23일생
- 1971년 ~ 1978년 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)
- 1978년 ~ 1980년 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 (공학석사)
- 1980년 ~ 1984년 : The Univ. of Texas at Austin(공학박사)
- 1984년 ~ 1989년 : AT & T Bell Laboratories MTS
- 1989년 ~ 현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 부교수