

# 가입자 선로망 설계에 대한 고찰

김지표\*

## A Review on the Planning of Subscriber Access Networks

Kim, Jipyo

### 〈요약〉

가입자선로는 통신망 이용자가 단말장치를 이용하여 통신서비스를 제공받는 부분으로 통신시설투자의 상당한 비를 차지하고 있다. 그러나 가입자선로는 그 규모의 방대함과 구조의 복잡성 및 다양성 등으로 신기술의 도입이 늦으며 변화의 정도가 매우 느린 분야로, 멀티미디어 서비스 및 인터넷 등 신규 서비스의 태동과 치열해지는 통신시장의 경쟁 상황에서 전체 네트워크의 병목이 되고 있어, 기술 및 운용상의 측면에서 뒤늦게 주목 받는 분야가 되었다. 본 고에서는 통신망의 근간이 되는 가입자선로의 구성 및 역할에 대하여 살펴보고 급변하는 정보통신 환경 속에서의 가입자선로의 위치를 신규서비스 및 가입자선로 기술 발달의 측면에서 서술하고, 초고속통신망 구축계획의 핵심이 되고 있는 광가입자선로 배선기법을 중심으로한 가입자 선로망 설계 및 추후 연구방향에 대하여 논하고자 한다.

### 1. 서론

정보통신 기술의 획기적인 발전은 통신서비스에 대한 수요를 증가시키고 있으며, 앞으로 실현될 미래 정보사회에 대한 기대 및 환상을 증폭 시키고 있다. 최근에 있는 개인휴대통신(PCS)을 포함한 일련의 통신사업자 선정에서 보았듯이 정보통신에 대한 열기는 범 국민적이라고 표현될 수 있으며, 정보통신 사업은 황금알을 낳는 거위로 인식이 되고 있다. 이것은 정보통신이 단순한 국가 기간산업에서 벗어나 미래 사회를 창출하는 고 부가가치의 핵심 산업으로 탈바꿈하고 있음을 말해 주고 있다.

통신은 물리적인 정보전달 매체의 유무에 따라서 유선과 무선으로, 소요 기술에 따라서는 교환기술, 전

송기술 및 통신망 설계기술로 나눌 수 있다. 또한 통신망은 유선의 경우 전화국과 전화국 사이를 연결하는 국간중계계와 전화국과 가입자를 연결해 주는 가입자계로 나눌 수 있다. 가입자계, 즉 가입자선로는 통신망 이용자가 단말장치를 이용하여 통신서비스를 제공받는 부분으로 통신망 사업자의 중요한 수익의 원천이며 가장 많은 투자 및 비용을 차지하는 부분이다. 그러나 가입자선로는 그 규모의 방대함과 구조의 복잡성 및 다양성 등으로 신기술의 도입이 늦으며 변화의 정도가 매우 느린 분야로 남아 있다. 따라서 멀티미디어 서비스 및 인터넷 등 신규 서비스의 태동과 치열해지는 통신시장의 경쟁 상황에서 가입자 선로는 전체 네트워크의 병목이 되고 있어 기술적, 운용상의 측면에서 뒤늦게 주목 받는 분야가 되었다

\* 서울산업대학교 산업공학과

본 고에서는 통신망의 근간이 되는 가입자선로의 구성 및 역할에 대하여 살펴보고 급변하는 정보통신 환경 속에서의 가입자선로의 위치를 신규서비스 측면과 가입자선로 기술 발달의 측면에서 서술하고, 초고속통신망 구축계획의 핵심이 되고 있는 광가입자선로 배선기법을 중심으로한 가입자 선로망 설계 및 추후 연구방향에 대하여 논하고자 한다.

## 2. 가입자선로

통신선로란 통화전류 또는 광신호를 전송하기 위해서 가설된 도선 및 광섬유 심선과 이를 지지, 보장하는 공작물 및 부대설비 등의 종합체를 말한다. 다시 말해서 통신선로는 전화국 본배선반(MDF: main distribution frame)에서부터 가입자 단말에 이르기까지의 전 시설 즉 동도, 통신구, 관로 및 케이블, 인공(man hole), 수공(hand hole), 중간 절체함, 전주, 중계기, 접속관, 구내배선 등의 가입자 선로계를 일컬으며 넓은 의미에서의 통신선로는 시내국간 중계 선로와 시외국과 시외국간의 시외 선로까지도 포함한다. 따라서 선로 기술에 대한 연구 영역도 전술한 제반 선로시설에 대한 소요자재 및 용품개발에서 부터 시공, 설치는 물론 시설물들에 대한 운용 보전과 망구성 계획 및 설계에 이르기까지의 다양한 분야를 대상으로 하고 있다. 본 절에서는 전화국과 가입자간의 물리적 연결 수단인 가입자선로의 역할과 가입자선로가 이루는 선로망의 구성에 대해서 살펴 본다.

### 2.1 가입자선로의 역할

통신은 정보의 송신자와 수신자의 사이에서 어떤 수단을 사용해서 행해진다. 전화로 대표되는 통신서비스의 경우 송신자의 신호는 관할 교환기를 거치며 필요에 따라서 여러 지역에 흩어져 있는 중계 교환기를 통해서 수신자에게 도달한다. 이 중에서 송신자와 수신자에 단말장치를 통해 직접 연결되어 있는 선로를 가입자선로라 한다. 현재의 가입자선로는 대부분 동선으로 되어 있고 동선케이블의 전송손실제한(음성 대역 7dB)에 따라 가입자 수용구역이 제한되며, 국내

의 경우 평균 선로 길이는 약 2.2Km이다.

전화서비스를 목표로 사용되고 있는 동선은 전송손실 외에도 고주파전송에 한계가 있어 앞으로 멀티미디어 서비스 등의 광대역통신서비스를 위하여는 전송특성이 불충분하다. 물론 단거리에는 기존의 동선 케이블로도 어느 정도 광대역전송이 가능하지만 그 통달거리가 짧아서 앞으로 주된 전송매체로는 사용하기 힘든 상황이다. 이러한 문제점을 해결해 줄 수 있는 것이 광케이블을 이용한 pair gain 시스템의 도입이다. 광케이블은 전송특성이 양호하고 대역폭이 넓어 각 가입자에게 충분한 대역폭을 제공할 수 있고 가입자 선로망의 수용구역을 넓힐 수 있는 이상적인 매체이다. 현재 초고속통신망 구축 계획의 일환으로 Fiber-To-The-Office(FTTO), Fiber-To-The-Curb(FTTC), Fiber-To-The-Home(FTTH) 등의 단계적인 가입자선로 광케이블화가 진행 되고 있으나, 엄청난 투자비용과 미래 통신환경 변화에 대한 불확실성으로 단계별 완성 시기 및 구체적인 시행 방법은 아직 논란의 대상이 되고 있다. 이 분야는 통신 선진국인 일본이나 미국 등에서도 실험 단계에 있으며 관련 기술에 대한 연구가 진행 되고 있는 상황이어서, 선진국과 동시에 사업을 추진해야 하는 우리의 입장에서는 광선로 구축에 대한 정보 및 기술 습득에 많은 어려움이 있어 자체 연구의 활성화가 필수적이다.

### 2.2 가입자 선로망의 구성

전화국과 가입자를 잇는 가입자선로는 한 전화국을 중심으로 보면 서로 연결되어 있어 하나의 망을 이루고 있기 때문에 가입자 선로망 혹은 줄여서 가입자망이라고 부른다. 일반적으로 망은 노드와 링크의 조합으로 이루어진 네트워크를 의미한다. 각 전화국을 노드로, 전화국을 연결하는 선을 링크로 볼 수 있기 때문에 통신망은 전형적인 네트워크 형태를 띠고 있다.

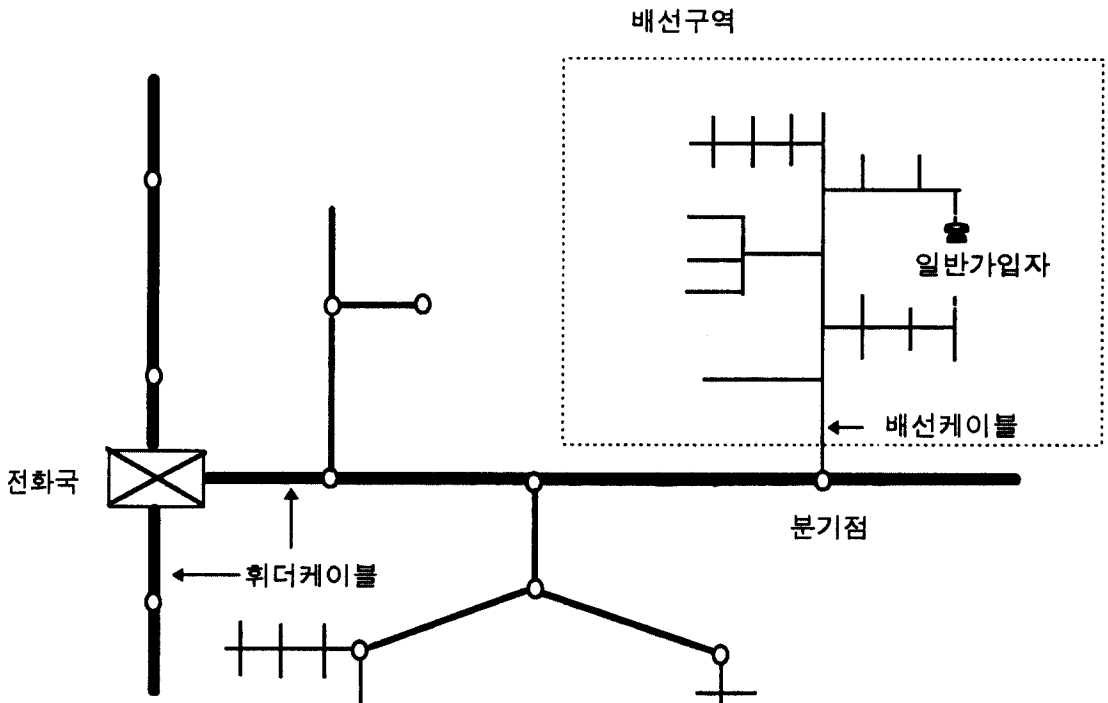
이러한 통신망의 형태는 국간 중계와 장거리 시외 전화망 설계 및 운영에는 잘 적용이 되고 있으나 일반적인 네트워크와는 여러 가지 다른 특징을 가진 가입자망에는 그러하지가 않다. 가입자망은 전화국이라는 노드와 가입자 접속점이라는 노드, 그리고 이 두

노드를 연결하는 단일 링크로 구성된 간단한 네트워크가 parallel로 수십만이 배열되어 있는 구조를 가지고 있다. 이 자그만한 네트워크는 루프(loop)라고 불리는데 각 루프는 다른 루프로서 대체될 수 없으며 하나의 logical회선과 대응된다. 따라서 가입자망은 트래픽, 라우팅 등 망의 일반적인 기술이 사용될 수 없고 관리의 목표들이 일반적인 네트워크와는 상이하다. 따라서 일반적인 망기술과 가입자망 기술은 그 시초부터가 다르고 문제와 해결책이 같지 않으므로 가입자계를 일반적인 망의 기술로 접근한다는 것은 문제가 있으며 가입자망 특성에 맞는 기술들이 개발되고 적용이 되어야 한다[3].

가입자선로의 구성의 특징은 전화국과 가입자가 직접 선으로 연결이 되어 있다는 것이다. 즉 전화국에서 시작한 선은 중간에 여러 접속점을 거치지만 결국은 한 선으로 가입자 단말기 까지 연결이 되어 있다. 일반적으로 가입자계는 하나의 전화국을 중심으로 이루어지며 통신망 계층 구조에서 가장 하위 계층에 속한다. 이러한 가입구역내의 가입자를 수용하는 전화

국을 단국이라고 부르며, 자기 가입구역에 발착하는 호를 취급한다. 또한 가입구역은 경제적인 배선을 위하여 여러 배선구역으로 나누어 진다. 따라서 가입자 선로망은 단국을 중심으로 통신 회선이 <그림 1>과 같이 사방으로 뻗은 방사형태의 트리구조를 취하고 있으며, 적어도 지역의 가입자 수 만큼의 회선이 전화국에서 시작하여 각 배선구역에서 분기를 하면서 최종적으로 각 가입자에 최소한 한 회선이 도달한다.

회선의 물리적 형태를 케이블이라 하며 선로시설 특성상 휘더케이블(feeder cable)과 배선케이블(distribution cable)로 구성된다. 휘더케이블 구간은 전화국사의 MDF로부터 최초의 분기점까지의 구간을 말하며 주로 대용량의 다대 케이블 사용한다. 첫 분기점으로부터 가입자 단자함까지의 구간은 배선케이블 구간이라고 하며 휘더케이블을 배선구역 별로 분기하여 각 가입자 종말 단자함까지 분배, 배선하게 된다. 따라서 배선케이블은 주로 소대 케이블이며 많은 분기점이 발생된다. 지역의 특성상 휘더케이블이 설치된 휘더구간과 배선케이블이 설치된 배선구간의 경계가 명확



<그림 1> 가입자선로의 구성

하지 않은 경우도 있다.

### 3. 가입자선로 환경의 변화

가입자선로는 그 성격상 하나의 통신사업자가 독점적으로 사업을 하게끔 되어 있다. 경제적 측면에서 볼 때 같은 지역에 사업자마다 다른 통신선로를 가진다는 것이 허용이 되지 않기 때문에 가입자선로는 자연적인 독점사업으로 여겨져 왔으며, 이러한 이유로 주변환경의 변화에 둔감하고 발전 속도가 더딘 분야로 남아 있다. 그러나 최근 들어 통신 관련 신기술들이 개발되고 가입자망에도 경쟁 체제의 도입이 논의되면서 가입자선로에도 새로운 변화가 진행되고 있다. 이러한 변화의 속도를 가속시키고 있는 여러 요인들 중에 대표적인 것으로 정부차원의 초고속통신망 구축과 통신망을 이용한 멀티미디어 서비스의 확산을 들 수 있다.

정부는 2020년까지를 목표로 각 가정까지 광케이블을 공급하여 미래의 광대역 서비스에 대비하는 계획을 세워 추진 중이다. 기존의 동케이블 위주의 가입자 선로망으로는 앞으로의 서비스를 수용할 수 있는 충분한 대역폭을 제공 할 수 없기 때문에 동케이블을 대역폭이 넓은 광케이블 중심으로 대체하는 계획이 진행되고 있다.

서비스 측면에서도 많은 변화가 진행되고 있다. 통신 선진국은 물론 우리나라에서도 이미 음성위주의 PSTN서비스의 발전은 한계 상황에 도달해 있으며, 데이터 관련 서비스에 대한 수요가 급증하고 있다. 원격 강의, 자택근무, 홈 쇼핑이나 인터넷 등을 통한 각종 정보 제공이 광대역 데이터 통신망의 구축으로 가능 해지고 있다. 이러한 서비스의 공급 및 확산은 가입자선로의 변화를 요구하고 있으며 보다 경제적이고 효율적으로 서비스를 제공하기 위해 기존의 동케이블은 물론 광 및 동축케이블과 radio가 새로운 전송매체로서 사용되고 있으며 STM(synchronous transfer mode)과 ATM(asynchronous transfer mode)이 중요한 전송기술로서 등장하고 있다.

이렇듯이 최근 몇 년간 가입자선로에 불고 있는 변화의 바람은 지난 수십 년간의 미미한 변화와 비교할

때 매우 놀라운 것이며 이러한 현상은 다양한 서비스 제공, 선로 및 전송기술의 발달과 CATV와 무선통신의 보급으로 인한 가입자망 경쟁체제 형성으로 설명될 수 있다.

### 4. 가입자 선로기술의 발달

현재까지 가입자선로는 동케이블 중심으로 기술이 발달되었고 실제로 가입자선로의 대부분이 동케이블이다. 그러나 최근에 동케이블을 경제적인 측면에서도 대체 할 수 있는 무선, 광, 동축케이블 중심의 대안들이 개발되고 있으며 이러한 대안들이 각각의 서비스 특성에 맞도록 선택되는 방향으로 연구가 진행되고 있다.

#### 4.1 동선로 기술

기존의 가입자선로는 한 쌍의 동선이 전화국을 중심으로 거미줄처럼 퍼져 망을 이루는 형태를 띠고 있다. 이러한 동선 위주의 선로는 경제적이며, 접속이 쉬우며 그 동안의 축적된 경험이 있어 운용 및 유지보수가 용이하다는 장점이 있으나, 결정적으로 전송 대역폭이 적고 망운용상 탄력성이 적다는 단점이 있다.

이러한 단점을 해결하고 광범위하게 퍼져 있는 동선로를 활용하기 위해서 동선의 전송능력을 90년대 이후의 디지털 신호처리 기술과 반도체 집적기술을 이용하여 증대시키는 연구가 진행되고 있는데 그 중의 하나가 ADSL(asymmetric digital subscriber lines)이다. ADSL은 PSTN이나 ISDN과도 쉽게 결합이 될수 있으며 1.5 -1.6 Mbps의 하향 속도와 16 - 640 Kbps의 상향 전송 속도를 제공한다. 따라서 ADSL기술은 하향으로는 고속의 영상 데이터가 전송되고 상향으로는 저속의 제어 데이터를 전송하는 VOD와 같은 서비스에 적합하다[7,10]. ADSL 전송기술은 기존의 동선으로 전화와 분배형이나 대화형 서비스를 동시에 전송할 수 있으며 경제적으로 가입자 접속망을 구성할 수 있어 많은 주목을 받고 있다.

이 밖에도 기존의 동선로를 이용하는 전송기술이

개발되고, 현재 실용화가 급격히 진행 중인데 하향-상향 전송속도와 변복조방식 등에 따라 여러가지 변화를 보인다. 대표적인 것으로 ADSL(외에 HDSL(high-bit-rate digital subscriber lines), VDSL(very high-bit-rate digital subscriber lines) 등이 있다.

#### 4.2 HFC(Hybrid Fiber Coax)기술

경제적인 양방향 광대역 서비스 제공을 위해서, 광가입자선로의 완전 fiber화의 중간 단계로서 HFC는 지난 수년 동안 많은 논의의 대상이 되어 왔다. HFC는 광케이블과 동축케이블의 장점을 살려 아날로그나 디지털 형태의 다양한 서비스를 휘더계에는 광케이블을 통해서 전송하고 일정한 지점에서 동축케이블을 이용하여 서비스를 전송하는 방식이다. 이 구조는 초창기에 아날로그 영상서비스 전송을 위한 구조로만 여겨지다가, 근래에 들어서 디지털 압축기술의 향상으로 그 역할이 강조되고 있다. HFC 구조의 가입자 접속부인 동축케이블은 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 첫째 아날로그 영상서비스 제공 시 큰 장점을 가지고 있다. 둘째로 디지털 영상 압축기술과 표준화로 인해 교환형 디지털 영상 서비스 제공이 가능하고, 셋째 저주파수의 급전을 전송신호와 관계없이 제공할 수 있으므로 증폭기나 능동형 노드에 대한 추가 비용요소를 제거할 수 있다[14].

따라서 HFC는 동축망으로 서비스를 제공하고 있는 기존 CATV 사업자들이 새로운 사업분야인 교환형 디지털 서비스 제공을 위해 적극적으로 추진하고 있는 구조로서, 광휘더계의 도입으로 기존 CATV의 문제거리 중 하나인 신뢰성 향상이 기대되고 있으며 장기적으로 FSN(full service network)의 근간이 될 가능성이 높다[13].

#### 4.3 광선로 기술

1960년대에 레이저가 1970년대에 저손실의 광섬유가 제작된 이래 기술의 급속한 진전으로 단시간에 광섬유 통신은 실용적인 시스템으로서 눈부신 발전을 거듭해 왔다. 특히 광섬유가 가지는 광대역성 저손실

성의 특성을 가장 유효하게 활용할 수 있는 광중계 전송방식은 이미 기간 전송계의 주역으로서 적극적으로 도입되고 있다.

최근에는 광섬유가 대용량 장거리 전송에 적합한 전송매체로 인식되고 있어 국가간이나 대륙간을 연결하는 장거리 통신망에 이용되기 시작했다. 또한 광통신 기술이 발전하면서 광섬유, 광소자 등의 광부품 및 관련 통신 장치의 가격이 하락하고 있으며 협대역 채널의 서비스는 기존의 가입자용 동선케이블로 제공이 가능하지만, CATV나 화상회의 등의 광대역 서비스를 가입자에게 제공하기 위하여는 가입자선로에도 동선케이블보다 광대역 특성을 가진 광섬유의 도입이 필요하게 되었다. 또한 도심지역에는 관로가 매우 혼잡하기 때문에 전화회사로서는 새로운 관로를 건설하기 보다는 부피가 큰 동케이블을 철거하고 보다 작고 대용량의 광케이블로 변경하는 편이 경제적이어서 가입자선로의 휘더부분과 가입자배선 부분에 광섬유가 도입되기 시작되었다.

### 5. 가입자 선로망 설계

통신수요의 급격한 증대와 함께 가입자선로망에 대한 비용투자가 통신시설투자의 상당한 비(한국통신의 경우 자산비중의 약 40%)를 점유함에 따라 가입자선로망에 대한 장기계획 수립과 최적설계가 무엇보다도 중요하다.

가입자선로망의 계획 및 설계업무는 케이블 가설대수의 크기와 시기, 케이블 및 부대설비 가설비용, 관로 및 전주 소요량산출 등을 포함하는 매우 복잡한 작업이다. 일반적으로 가입자선로 설계는 먼저 공급대상 지역을 설정하고 이 지역에 대한 케이블 공급기준을 확정한다. 공급기준이 확정되면 건물별 혹은 단위구역별 수요 예측을 위한 기본자료를 수집, 분석하고 수요 수를 공급대상 지역도에 기록하여 공급대상 지역도를 완성한다. 다음으로 해당지역에 가장 적합한 배선방법을 선정하고 배선경로를 결정한다. 배선경로에 대한 전송로의 손실치를 산출하여 허용기준치 이내이면, 이 배선경로를 결정하고 그렇지 않으면 배선경로를 재 선정하여 다시 검토한다. 배선경로가 결정

되면 배선경로별 공급할 케이블 크기를 정하고 케이블 루트 결정도를 작성한후 관련 사항을 기입함으로써 기본 선로설계를 완성한다 [2].

본 절에서는 가입자선로 설계를 선로의 배선 계획을 중심으로 서술하고자 한다.

### 5.1 동선로 배선 계획

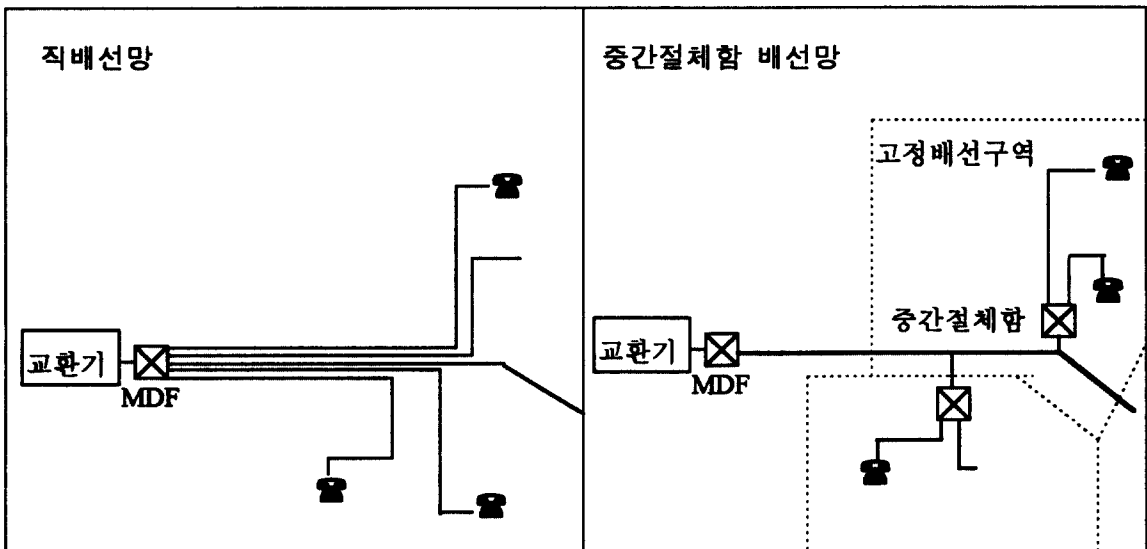
가입자선로 배선방식은 망구성 방식에 따라서 전화국과 가입자가 1:1로 직접 연결된 직배선망(rigid network) 개념과 배선구역을 일정 크기로 구분하여 각 배선구역마다 중간절체함(cross-connecting box)두고 이것을 경유하여 가입자를 연결하는 중간절체함 배선망(flexible network) 개념으로 나눌 수 있다. 일반적으로 중간절체함 배선망은 <그림 2>에서 보듯이 가입자선로의 중간에 절체기능을 더 부여 함으로써 망구성에 더욱 융통성을 발휘할 수 있는 방식이다.

직배선망은 농어촌 지역과 같이 수요증가가 완만한 지역이나 전화국에 매우 근접한 지역에 적합한 방식이며, 중간절체함 배선망은 수요증가가 급격하거나 밀집된 도시지역에 적합한 방식으로서 고정배선구역 개념과 함께 적용하는 것이다. 우리나라의 경우 주로 직

배선망에 의한 가입자 선로망을 구성하고 있다. 중간절체함 배선법은 70년대 후반 부터 일부 구간에 채택을 시작하였으나 중간절체함 배선법에 대한 인식 부족과 기존 직배선 방식에 대한 타성으로 인하여 현재는 거의 채택을 하고 있지 않는 실정이다. 반면에 가까운 대만, 일본 등은 물론 세계 많은 나라들이 중간절체함 방식을 적용하고 있다.

가입자선로 배선에서 배선경로 설정과 함께 고려되는 것이 케이블 시설 용량 계획(capacity planning)이다. 즉 케이블의 설치에 토목공사를 동반하는 큰 공사이므로 케이블에 대한 수요가 발생할 때마다 할 수가 없고 일반적으로 어느 정도 수요를 미리 예측을 하여 한번 공사를 할 때 미래 수요에 대한 시설까지도 하는 것이 관례이다. 따라서 시설용량 계획은 미래 수요에 대한 정확한 예측, 설비 공사 비용을 고려한 적절한 공사 주기 및 예비 설비에 대한 용량산정 등의 문제가 포함된다.

직배선 방식을 적용하는 우리의 경우는 일률적으로 5년 주기로 설비공사를 하며 용량은 예측 수요의 1.43 배를 공급하고 있다. 반면에 절체함 방식인 경우 배선케이블에 처음부터 중국 수요의 2배를 공급해 주어 배선측을 안정화 시킨 후에 다대케이블이 소요되는



<그림 2> 가입자선로 배선방식

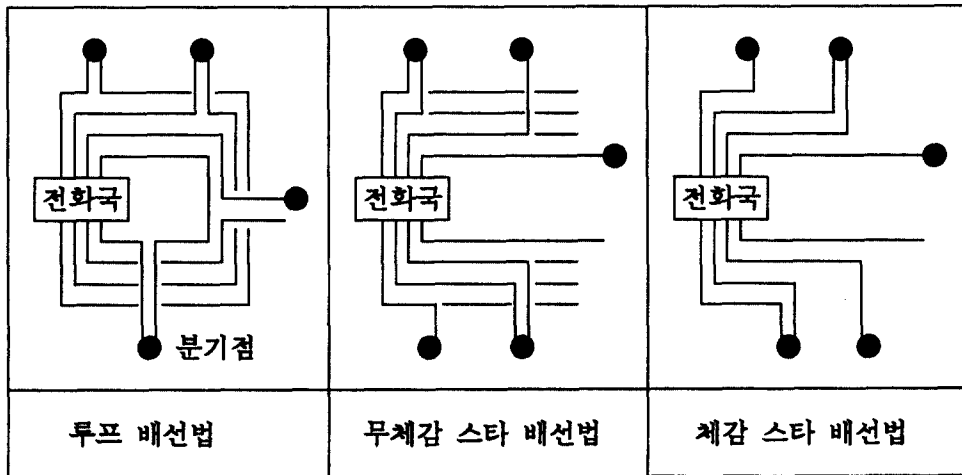
회더구간에 대하여는 최적계획에 의하여 시설하므로써 회더 사용율을 직배선 방식보다 향상시킬 수 있어 보다 경제적인 배선을 할 수 있다.

### 5.2 광가입자선로 배선 계획

광가입자선로 배선방법의 기본적인 형태는 크게 다음의 3가지로 구분할 수 있다. 첫째, 기존의 동선케이블 배선법과 같이 케이블 배선경로를 따라가면서 수요발생 장소마다 적절한 심선수를 배분하고, 그 만큼의 심선수를 케이블에서 줄여 나가는 스타(star)체감 배선법과, 둘째 스타 배선에서 심선의 수를 줄여나가지 않고 배선경로를 따라 처음 사용한 심선수를 그대로 유지하는 스타 무체감 배선법, 셋째로 회더를 환상으로 처음 사용한 심선수를 그대로 연결하는 루프(loop) 무체감 배선법이 있다. (<그림 3> 참조)

배선법은 각 인입점마다 필요한 광섬유 심선을 분배하고, 수요의 체감에 따라서 필요한 심선수만의 케이블을 사용하므로, 가입자의 이동이 빈번한 경우 심선의 융통성과 수요에 대한 즉각적인 대응성이 떨어지며 또한 선로 고장시에 대체도가 없기 때문에 신뢰성이 낮다는 단점이 있다. 따라서 심선의 융통성이 높으면서 루트의 이중화를 통하여 신뢰성을 높일 수 있는 루프 무체감 배선법이 유리하다고 할 수 있다. 일반적으로 대도시 중심 상업지역에 대한 초기 배선구성은 루프 배선법이 스타 배선법에 비하여 유연성이 높고, 관로 사용이나 케이블 구성비용 등의 경제성 측면에서 우위 있다. 또한 관로 상황 등 기타 여건이 여의치 않을 경우에 루프와 스타 배선법을 혼합한 루프-스타 배선법이 고려 될 수 있다.

일반적으로 선로 배선의 목적은 가입자의 수요를 충분히 만족시키는 범위에서 선로구축에 드는 비용의



<그림 3> 광가입자선로 배선 방식

광가입자 선로망의 구축에 있어서 고속 광대역 서비스의 수요 규모는 지역별로 다르므로, 이 것에 유연하게 대응할 필요가 있다. 또한 광가입자 선로망은 하나의 심선에 다량의 정보가 흐르기 때문에 케이블이 끊어질 경우 엄청난 통신 두절이 일어나게 된다. 이러한 점들을 고려할 때 기존의 스타 체감법에 의한

최소화로 볼 수 있으며 다음과 같은 사항들을 제약 조건으로 생각할 수 있다[1,4].

- 현재의 관로상황 : 비어있는 관로의 수, 내관의 수 등
- 관로 신설 가능 구간 : 관로 공사 가능 시기 및 위치 등

- 단위 배선 구역의 인입점 위치
- 단위 배선 구역의 현 시점에서 중국 시점까지의 수요 예측 값
- 루프화를 행해야 하는 단위 배선 구역의 인입점 위치

또한 루프 배선을 촉진 시키기 위해서 다음과 같은 가정을 할 수 있다. i) 루트의 이중화를 필요로 하는 구역에 대해서는 토목 설비가 허락하는 한 빠른 시일 내에 루프화를 행한다. ii) 전화국과의 루프화가 불가능한 지역에 위치하는 구역에 대해서는 그 곳에서 최대한 거리에 위치한 루프의 분기점까지 스타 배선법을 행해 준다.

일반적인 통신망에 관련된 문제는 네트워크 모형으로 설명될 수 있으므로, 위와 같이 정의 된 루프-스타 배선 문제도 네트워크를 이용하여 쉽게 모형화를 시킬 수 있다. 즉 전화국을 중심으로한 가입자 선로망을 네트워크  $G(N, A)$ 로 표현할 때 각 노드  $N$ 은 전화국, 단위 배선구역 인입점, 맨홀, 분기점 등을 나타낸다. 그리고 링크  $A$ 는 동도, 통신구, 관로 등을 나타낸다. 따라서 루프-스타 배선 문제는 루트 이중화에 대한 조건을 최대한 만족시키는 최소 비용의 배선 경로를 찾는 네트워크 문제로 표현 할 수 있다.

## 6. 향후 연구 방향 및 결론

앞에서 언급한 바와 같이 그동안 가입자선로는 규모의 방대함과 독특한 구조, 복잡성, 다양성 등으로 새로운 기술의 적용 및 기술의 진화가 매우 느렸으며, 그에 따라 관련 연구 또한 매우 부족한 실정이다. 학계 보다는 사업자 중심으로 현장의 필요에 의한 단발적인 연구가 진행 되어 왔으며, 그나마도 제품 및 설비 개발 위주여서 산업공학 측면의 계획, 운용, 관리의 효율화·최적화에 대한 연구는 초보단계에 있다. 최근 들어 정보화 시대에 대한 기대가 높아지고 가입자선로의 대·개체에 막대한 투자가 예상되는 상황에서 앞으로의 연구 방향을 크게 동선로와 광선로분야로 나누어 살펴보면 다음과 같다.

동선로의 경우 설비의 확장 보다는 기존시설의 유지보수 및 효율적인 운영이 연구의 중심이 될 것이다.

휘더케이블의 경우 교환시설과 연계되어 있으므로 그 경제적 중요도가 상대적으로 높으며 다대 케이블이므로 보안 및 안전성이 더욱 요구되므로 안전관리 및 정확한 수요예측을 바탕으로 한 공급계획에 관한 연구가 필요하며[6], 휘더케이블의 심선사용율을 선진국 수준인 70% 정도로 높이기 위한 방안 마련과 같은 투자 효율 극대화에 대한 노력이 시급한 실정이다[5,9]. 반면에 배선케이블의 경우 휘더케이블과 접촉되며 잦은 수요변동이나, 고장 등으로 인한 가입자의 요구에 즉시 대처할 수 있는 업무 체제와 중간절체반의 보급 확산에 대한 연구가 필요하다.

한편 경제적인 가입자선로 광케이블화를 위해 동에서 광으로 가기까지의 많은 진화 전략이 논의 되고 있으며[3,8], 지역특성에 맞는 광가입자선로 계획 등이 연구되고 있다. 광가입자선로 구축을 위하여 fiber를 이용한 실험적인 네트워크가 여러나라에서 구축이 되고 있으나 아직 본격적으로 광케이블을 가입자선로에 설치하는 단계에는 못 미치고 있다. 현재 광섬유 관련 기술, 광케이블망 설계 및 설치, 시설용량 산정 등에 대한 연구가 각 나라에서 진행되고 있으며[11], 배선 형태에 관하여는 스타형, 링형, 트리형등 여러 형태를 지역의 관로 상황에 맞추어 유연성 있게 적용하는 기술 개발이 필요할 것이다. 또한 광섬유 한 가닥이 담고 있는 엄청난 정보의 양을 고려할 때 광케이블망의 부분적인 손상도 큰 재난을 가져올 수 있다는 점에서, 망의 신뢰성과 생존성에 대한 관심도 높아지고 있다[4, 5, 15].

설비공급 계획 또한 광선로 배선 계획에서 앞으로 연구되어야 할 중요한 문제이다. 광섬유의 경우는 동선에 비해 정보 전송 용량이나 설비에 드는 비용이 많이 다르므로 동선에 적용하는 기존 방식을 적용하기에는 무리가 있다. 광섬유 및 관련 장비의 가격이 안정되어 있지 않고, 멀티미디어 서비스에 대한 수요가 불확실한 상황에서 무리한 공급계획은 투자비용의 낭비를 가져올 수 있으며, 소극적인 투자는 막상 멀티미디어 서비스에 대한 수요가 폭발 하였을 때 수수방관만 할 수 밖에 없는 우를 범할 수 있다. 따라서 광섬유의 특성을 고려한 수요예측 기법, 설비 공급주기 및 용량 산정 등에 대한 체계적인 연구가 시급하다.



## 【참고문헌】

- [1] 김지표, "가입자선로 광케이블 구축방안," '95추계학술대회 발표논문집, 대한산업공학회, pp.169-174, 1995
- [2] 김지표, 강원철, "광가입자선로 배선 설계방안," 정보통신연구, 제9권, 제3호, pp.124-131, 1995
- [3] 송길호, "광가입자망 발전 및 진화방안," 정보통신연구, 제10권, 제3호, pp.3-11, 1996
- [4] 임중환, 이병욱, "광가입자 선로망의 신뢰성 향상을 위한 배선설계기법에 관한 연구," 전기통신연구, 제7권, 제2호, 1993
- [5] Balakrishanan, A., Magnanti, T. L., Shulman, A., and Wong, R.T., "Models for Planning Capacity Expansion in Local Access Telecommunication Networks," Annals of Operations Research, Vol. 33, pp.239-284, 1991
- [6] Bulcha, B., Kodrich, L. E., Lubner, D. B., Mitchell, W. J., Schwartz, M. A., and Woomer, F. N., "Feeder Planning Methods for Digital Loop Carrier," The Bell System Technical Journal, Vol. 61, No. 9, pp. 2129-2141, 1982
- [7] Chen, W.Y. and Waring, D. L., "Applicability of ADSL to Support Video Dial Tone in the Copper Loop," IEEE Communication Magazine, pp.102-109, May 1994
- [8] Eiger, M. I., and Harrington, C. A., "Present Value of Expenditures for Phased Fiber-in-the-Loop Development," Proc. IEEE Globecom '91, pp.1834-1839, 1991
- [9] Koontz, W.L.G., "Economic Evaluation of Loop Feeder Relief Alternatives," The Bell System Technical Journal, Vol. 59, No. 3, PP. 277-293, 1980
- [10] Kyees, P.J., McConnell, R.C., and Sistanizadeh, K., "ADSL: A New Twisted-Pair Access to the Information Highway," IEEE Communication Magazine, pp.52- 59, April 1995
- [11] Lu, K. W., Eiger, M. I., and Lemberg, H. L., "System and Cost Analysis of Broad-Band Fiber Loop Architectures," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 8, No. 6, pp. 1058-1067, 1990
- [12] Martin, J., Telecommunications and Computer, Prentice-Hall International, 1990
- [13] Olsson, E. M., "A System for Flexible Service-Independent Access Network Solutions," Ericsson Review, No. 3, pp.118-123, 1995
- [14] Paff, A., "Hybrid Fiber Coax in the Public Telecommunications Infrastructure," IEEE Communication Magazine, pp.40-45, April 1995
- [15] Wu, T., Fiber Network Service Survivability, Artech House, 1992



김지표

1983년 서울대학교 조선공학과 졸업

1985년 서울대학교 산업공학과 졸업  
(석사)

1986년-1988년 한국 IBM System Engineer

1993년 미국 University of Missouri-Columbia 산업공학과 졸업  
(박사)

1993년-1996년 한국통신 선로기술연구소 선임연구원

현재 서울산업대학교 산업공학과 전임강사

관심분야: 물류시스템, 정보통신