

主 題

# 통신망계획 기술

한국통신통신망연구소책임연구원 류 관 홍

## 차 례

- I. 개요
- II. 통신망계획 요소기술
- III. 분야별 통신망계획 기술
- IV. 결론

## I. 개요

### 1. 통신망계획의 목적

21세기의 정보화 사회를 목표로 하는 통신망은 기술의 발전과 함께 질적, 양적인 측면에서 많은 변화를 요구하고 있으며, 국내의 통신망 역시 유무선 형태의 음성망과 비음성망을 중심으로 고도화와 통합화에 대한 통신망으로의 진화발전을 위한 여러가지 방안과 필요한 계획들이 수립되어 진행되고 있다. 통신망을 새로이 구축하거나 확장할 경우 통신망이 갖추어야 할 기본적인 조건으로는 최소의 비용으로서 최대의 서비스를 제공할 수 있는 경제성이 있어야 하며, 통신망을 이용하고자 하는 이용자는 누구든지, 언제나, 어디서나, 자유로운 이용이 가능하도록 하여야 하고, 다양하게 미디어, 정보처리 기능을 이용할 수 있어야 한다. 또한 천재지변이나 트래픽 폭주 등의 상황에서도 장애를 받지 않고 융통성 있게 대처할 수 있는 신뢰성 확

보가 이루어져야 한다. 본질적으로 통신망계획이란 정보전달의 수단으로서 수요를 만족시키기 위하여 사전에 설정된 통신서비스의 질을 충족시키는 범위내에서 과학적인 접근방법에 의한 투자의 최적화와 통신시설의 최적규모를 결정하는 목적을 갖고 있으며, 현실에서 나타나는 기술적, 경제적 제약과 더불어 시설의 최적 이용 방안과 통신망 구성규칙을 결정하는 것이다.

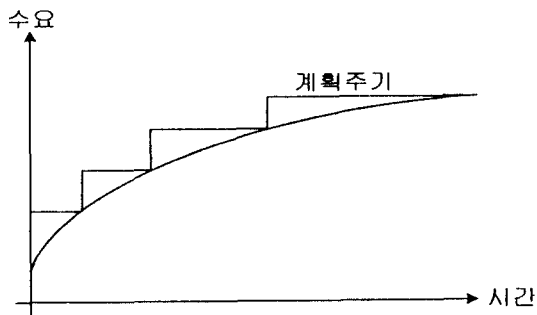
과거에는 통신망의 역할이 주로 POTS(Plain Old Telephone Service) 위주였으나, 최근에는 다양해진 이용자 욕구와 통신기술의 급속한 발전으로 인하여 망구성 요소 또한 다양해지고, 여러가지 신규서비스가 창출됨에 따라 통신망의 종류가 다양해지고 구성이 매우 복잡하게 되었다. 서비스별로 다양한 통신망은 구성형태 측면에서 크게 유선망과 무선망으로 나뉘고, 이것은 다시 서비스 제공 측면에서 음성망과 비음성망으로 나누어질 수 있다. 이러한 통신망들은 개별적으로 고도통신서비스 제공을 위해 계속 발전하고 있으며, 궁극적으로 하나의 통신서비스망으로 통합하기 위한 계획 및 연구개발

이 활발히 추진되고 있다.

장기적으로 막대한 투자가 요구되는 통신망을 경제적으로 구축하기 위하여는 여러가지 상황을 고려하여 가능하면 멀리, 정확히 볼 수 있는 계획의 수립이 필수적이며, 이러한 계획수립을 위하여는 기존 통신망의 특성이나 주변 환경의 변화 등을 지속적으로 분석하고, 기술발전추이를 보아 미래의 기술은 어떻게 변화하고 또한 수요는 어떻게 될 것인가를 예측하여 단기, 중기, 장기의 일관성 있는 방향 설정 및 계획을 수립하고, 망구축 운용 결과를 계획에 반영하여 주기적으로 수정, 보완하여야 한다.

이와 같이 통신망계획은 언제(When), 어디에(Where), 무엇을(What), 어떻게(How) 할 것인가를 보다 경제적이고, 보다 효율적이고, 또한 보다 안정되게 하는 통신망 구축을 목표로 하고 있으며, (그림 1)에서 수요의 변화에 따른 통신망계획의 주기를 볼 수 있다.

(그림 1) 통신망계획의 주기

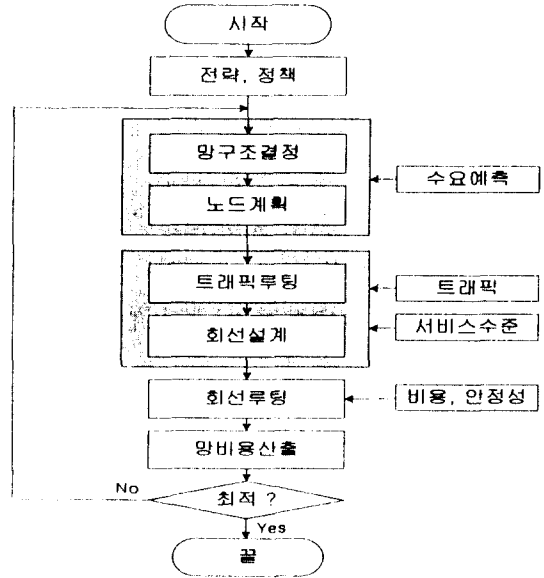


통신망계획의 일반적인 절차는 (그림 2)와 같으며, 방대한 입력자료의 분석 및 반복적이고 복잡한 계산을 요하므로 컴퓨터를 이용한 S/W Tool들이 개발, 운용되어 계획과정에서 소요되는 시간을 줄이고 계획 입안자에게 의사결정을 위한 여러가지 방안을 제시하는 것이다.

본 고에서는 통신망계획의 분류 및 계획에 사용되는 각종 요소기술들을 소개하고, 분야별 통신망계획중 가장 중요한 번호계획, 노드 및 가입자망

계획, 중계망계획, 초고속통신망을 포함한 전송망계획, 신호망계획 및 무선망계획 등에 관하여 설명하였다.

(그림 2) 통신망계획의 절차



## 2. 통신망계획의 분류

통신망계획은 계획의 목적 및 성격, 계획의 주기, 그리고 기능에 따라 다르게 분류할 수 있다. 계획의 목적 및 성격에 따라서는 전략계획과 운용계획으로 나눌 수가 있는데, 전략계획이란 통신망의 구조와 같은 기본골격을 정의하는 계획으로서, 망구조의 진화, 제공될 서비스의 수준, 통신망의 고도화, 등을 결정하게 된다. 한편 운용계획은 투자효과를 극대화하는 방법을 제공하는 계획으로서 설비투자 계획, 운용 및 유지보수계획, 등이 이에 속한다.

계획의 주기에 따라서는 장기계획, 중기계획, 단기계획으로 나뉘는데, 장기계획은 보통 향후 10년에서 15년까지의 수요와 기술의 발전을 전망하여 사업정책의 목표를 만족시킬 수 있는 최적해를 구하는 것으로서, 국사나 관료와 같은 기반시설에 대한 계획이나 번호계획처럼 쉽게 변경되지 않는 장기사업에 직결된다. 통신시스템의 선택, 설치, 확장,

등은 장기계획의 목표와 함께 기존시설 및 제약조건을 고려하여 결정된다. 장기계획보다는 짧은 주기의 설비에 대한 중기계획은 장기계획에서 보다 더 정밀하게 다루어지는데 중기계획은 보통 5년~10년의 주기를 갖는다. 단기계획은 5년 미만의 주기로, 총 계획기간에 걸쳐 년 단위의 통신자원 요구사항을 명시하는 실행계획에 해당한다. 단기계획에서는 각 사업의 재원에 대한 평가를 실시하며, 이를 토대로 예산편성이 이루어진다.

통신망계획을 업무성격상 기능적으로 분류하자면, 다음과 같이 여러가지로 나눌 수 있다.

- 치국계획(Wire Center Plan) : 가입자 수요 및 분포, 장애물 분포, 대지가 분포 등을 고려하여 최적의 국사 수, 위치, 수용구역을 결정

- 중계망계획(Junction Network Plan) : 트래픽, 서비스품질 등을 고려하여 중계망의 구조, 루팅체계, 국간 회선수 등을 결정

- 전송망계획(Transmission Network Plan) : 국간 회선수, 국간 거리, 전송방식 등을 고려하여 전송망의 구조, 전송 경로, 전송장치의 공급규모 등을 결정

- 국외 설비계획(Outside Plant Plan) : 가입자 루프나 케이블 등의 국외 설비, 즉 가입자와 교환국사이, 교환국간의 모든 설비를 결정

- 신호망계획(Signalling Network Plan) : 신호체계의 표준을 정하는 일을 포함하는데, 여기서는 통화로망과는 별도로 구성되는 공통선신호망의 효율적, 안정적 구성계획을 일컫는다. 호를 제어하는 데 필요한 신호트래픽을 산출하여 신호중계기의 수와 위치, 신호링크 용량 등을 결정

- 번호계획(Numbering Plan) : 가입자의 편익, 번호관리의 효율성, 국제 표준에 입각하여, 망내의 루팅 및 망간의 연동과 통신서비스, 통신망, 통신사업자, 지역 등의 식별을 위한 번호체계 및 이용체계를 결정

- 동기계획(Synchronization Plan) : 가입자에게 제공되는 서비스의 질에 영향을 미치는 허용오차율(slip rate objective)을 결정

- 과금계획(Charging Plan) : 과금기준과 방법을 결정

## II. 통신망계획 요소기술

통신망계획은 여러 가지 기술과 기법들의 조화에 의하여 이루어지는 통신에 관한 하나의 종합예술이라 할 수 있다. 이 장에서는 통신망계획 수립에 필수적인 몇 가지 기술 및 기법들을 간략하게 소개한다.

### 1. 예측기법

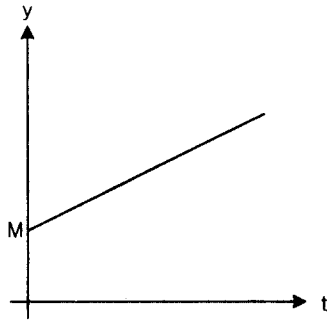
통신망계획에 있어서의 예측은 기본적으로면서도 가장 중요한 사항으로 예측의 정확여부에 따라 통신망계획의 정확성이 좌우된다. 예측은 가입자 수요예측 분야와 이를 기본으로 한 트래픽예측 분야로 크게 나눌 수 있다. 가입자 수요에 대한 예측은 국민생산, 소득 등과 같은 경제지표와 밀접한 관계를 가지고 있을 뿐만 아니라, 상업지역 또는 주거지역 등에 따라 달라지게 된다.

#### 가. 가입자 수요예측

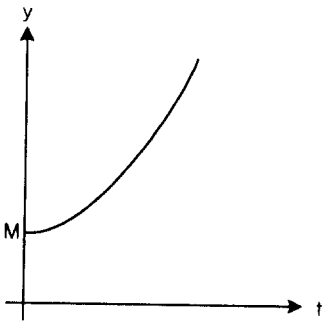
수요예측은 주로 과거의 경향을 고려하여 미래의 양을 예측하는 것이며, 이러한 과거의 경향을 고려하는 수리 모형으로서 다음과 같은 3 가지가 주로 사용된다.

##### o 성장곡선모형(Growth Model)

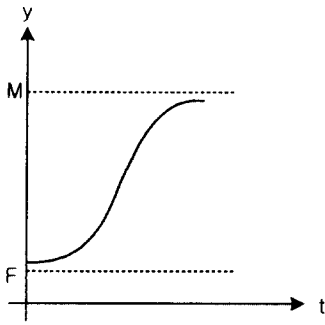
과거의 성장추세는 (그림 3)과 같이 주로 3 개의 곡선형으로 나타낼 수 있으며, 상황에 따라 적합한 것을 선택한다.



$y=M+at$   
(a) 선형곡선형



$y=M+ae^{bt}$   
( $a>0, b>0$ )  
(b) 지수곡선형



$y = F + \frac{M-F}{1 + ae^{bt}}$   
( $b<0$ )  
(c) 로지스틱곡선형

(그림 3) 3 가지 성장곡선형

미래의 수요예측에는 주거지역에서는 로지스틱(Logistic)곡선형(그림 3-c)이 주로 사용되며, 상업지역에서는 선형(Linear)곡선형(그림 3-a)를 주로 사용한다.

• 계량경제모형(Econometric Model)

이 모형은 통계학에서 회귀분석모형과 일치하는 것으로 종속변수와 독립변수들간의 정량적 관계를 나타내며 선형일 경우 독립변수  $Y_t$ 는 독립변수  $X_i$ 들로부터 쉽게 계산된다.

즉,  $Y_t = a_1X_1 + \dots + a_nX_n + b$ 의 형태로 주어지며, 계수  $a_i$ 들은 과거의 데이터로부터 추정된다.

• 크레머 모형(Cramer Model)

크레머 모형은 전화보유 확률을 수입과 관련지어 분석하는 것으로, 각 개인의 수입은 로그-정규 분포를 이룬다는 가정에서 출발한다.

나. 트래픽 분포 예측

현재의 트래픽 분포를 기본으로 하여 미래의 트래픽 분포를 예측할 때에는 다음 2 가지 변화를 고려해야 한다. 첫째는 가입자 수의 증가에 따른 트래픽 분포의 변화이며, 둘째는 수용구역의 변화에 따른 트래픽 분포의 변화이다. 일반적으로 이 두 가지가 복합적으로 발생하여 미래의 트래픽 분포를 결정하게 되며, 이때 사용하는 기법들은 다음과 같다.

• K-factor 기법

현재의 트래픽 분포를 알고 미래의 트래픽 분포를 예측하는 것으로,  $i$ 지역이  $j$ 지역에 나타나는 집단 관심도  $K_{ij}$ 가 당분간 불변이라는 가정 하에서 미래의 트래픽 분포를 예측하는 기법으로, 수용구역의 변화 없이 가입자 수가 증가하는 경우에 일반적으로 사용한다.

• Unitary 기법

가입자당 발생트래픽이 일정할 경우에는 K-factor 기법과 일치한다.  $i$ 지역과  $j$ 지역의 친밀도  $\gamma_{ij}$ 가 일정하다고 가정에서 출발하며, K-factor 기법과 마찬가지로 수용구역의 변화 없이 가입자수만 증가하는 경우에 사용한다.

#### • Double factor 기법

일명 Kruthof 기법이라고도 하며, 앞의 기법들과는 달리 미래의 착신 트래픽을 고려하여 현재의 트래픽 분포와 미래의 트래픽 분포는 발신티래픽 및 착신티래픽 변화에 비례한다고 가정하고, 트래픽 분포의 발신티래픽, 착신티래픽 분포의 합이 일정한 범위에 들어오도록 반복 수행하여 결정하며, 앞의 방법들과 마찬가지로 가입자수만 증가할 경우에 주로 사용된다.

#### • Matrix 기법

수용구역수의 변화에 다른 트래픽 분포의 변화를 행렬을 이용하여 쉽게 나타내는 방법이다. 현재의 트래픽 행렬  $T = (T_{ij})$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, n$ ,에 대하여 새로운 교환시스템이  $d$ 개 더 있다고 가정하면, 미래의 트래픽 분포행렬  $T' = (T'_{ij})$ 는  $(n + d) \times (n + d)$ 의 차원을 가지게 된다. 이 기법은 교환기를 추가하는 경우 뿐만 아니라 철거할 경우에도 이용할 수 있다.

## 2. 트래픽 이론

트래픽이란 통신망 내에서의 정보흐름을 일컬으며, 음성, 오디오, 비디오, 데이터 및 멀티미디어 등 다양한 서비스들에 의해 생성된다. 주어진 특정 시간에 트래픽은 통신망의 전체 가입자 중 일부에 의해서만 발생되므로, 스위칭 시스템과 전송설비와 같은 망 자원들을 모든 가입자에게 전용시킨다면 매우 비경제적일 것이다. 따라서, 서로 다른 시간대에 상이한 사용자들이 망 자원을 공유할 수 있도록 통신망을 설계하여야 한다. 그러나 이러한 경제적

망 설계 개념은 망 설비들의 부족으로 인하여 사용자의 연결 요청에 대해 거부 및 대기 상황을 유발시킬 수 있다. 그러므로, 서비스 등급(GOS: Grade Of Service 즉, 통신망 성능)을 정량적으로 평가하고, 서비스 등급과 트래픽 양의 관계를 규명할 필요가 있다.

모든 음성 및 비음성 호들의 수요는 확률적 특성을 갖고 있으므로, 통신망 성능 분석은 응용확률의 한 분야인 트래픽 이론(또는, 대기이론)에 기초한다. 트래픽 이론은 20세기초 덴마크 수학자 K. Erlang에 의해 전화망을 대상으로 하여 처음 창시되었고, 이후 새로운 통신망들이 등장함에 따라 많은 학자들에 의해 지속적으로 연구되었다. 이러한 트래픽 이론은 요구되는 서비스 등급으로 기대 수요를 충족시키려면 얼마나 많은 용량(전화망의 경우, 교환 시스템 및 전송 설비의 용량)이 필요한가를 결정하는 트래픽 엔지니어링 기법 개발에 현실적으로 적용된다.

본 절에서는 트래픽 이론에서 언급되는 기본적인 트래픽 모델들을 큐잉 통신망 관점이 아니라 단일 노드 관점에서 소개하기로 한다.

트래픽 부하(또는, 부과트래픽 : offered traffic)는 단위시간(1시간)당 총 서비스 시간, 평균 서비스 시간 동안 발생한 호의 수 등으로 정의되며, 트래픽의 단위는 Erlang과 CCS(Hundred Call Seconds per Hour)를 사용한다. 여기서, 1 Erlang은 36 CCS이다. 또한, 트래픽의 유형은 부과트래픽의 평균( $m$ )에 대한 분산( $v$ )의 비(Peakedness Factor)에 따라 다음과 같이 분류된다.

- $v/m < 1$  : smooth 트래픽
- $v/m = 1$  : 포아송(또는 랜덤)트래픽
- $v/m > 1$  : rough 트래픽

트래픽 모델은 대기 시스템(전화망의 경우, 교환 시스템)에 도착하는 트래픽의 유형 및 서비스 시간 분포에 의해 분류되고, 각 모델에 대한 소요 회선 수 산출공식은 다음과 같다.

〈표 1〉 트래픽 모델 및 회선수 산출공식

트래픽 모델	트래픽 유형	회선수 산출공식
BCC (Blocked Call Cleared)	smooth	Engset
	포아송	Erlang B
	rough	Truncated Negative Binomial
BCD (Blocked Call Delayed)	smooth	Erlang D
	포아송	Erlang C
	rough	Pollarzek-Khinchine
BCH (Blocked Call Held)	smooth	Binomial
	포아송	Molina
	rough	Negative Binomial

사용자가 요구하는 서비스 등급을 만족시킬 수 있는 회선수 산출시 〈표 1〉에서 소개된 공식들 중에서 어느 것을 적용할 것인가에 대한 기준들은 다음과 같다.

- 가용성 : 완전/제한
- 트래픽의 유형 : smooth/포아송/rough
- 가입자수 : 무한/유한
- 손실호 처리방법 : 제거/지연/보류
- 서비스 규칙 : FIFO/LIFO/랜덤
- 유휴 회선 점유방법 : homing/랜덤/순차

대부분의 망 사업자들이 사용하는 Erlang B 공식은 무한히 많은 가입자로부터 호가 발생하여 랜덤한 트래픽이 망에 부과된다는 가정에서 유도되었다. 그러나, 트래픽의 일별 변동, 재시도호 및 초과 트래픽의 발생 등의 원인으로 트래픽은 랜덤한 특성을 잃게 된다. 이러한 현상을 반영하기 위해 Neal-Wilkinson 공식이 개발되었다. 또한, 현재의 전화망에는 인터넷 및 PC 통신과 같은 서비스 시간이 긴 비음성 트래픽도 함께 부과되고 있다. 이러한 트래픽 특성은 전통적인 음성 트래픽보다 망 성능(특히, 호손실)을 상당히 저하시킨다. 또한, Erlang B 공식은 서비스 시간분포에 관계없이 성

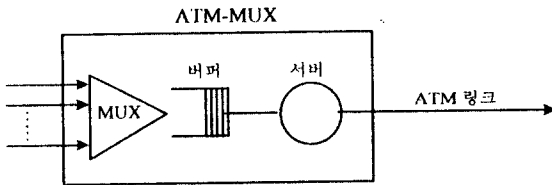
립한다는 점이 트래픽 이론을 전개해 나가는 데 큰 매력이었다. 그러나, 비음성 트래픽의 경우 긴 서비스 시간분포 특성 때문에 비정상 도착과정의 특성을 갖게 되는데, 이 경우에는 더 이상 Erlang B 공식의 장점인 서비스 시간분포 무관의 법칙이 성립되지 않는다. 따라서 전화망에서의 트래픽 이론에 대한 최근의 연구 노력은 지수분포를 따르지 않는 이들 비음성 트래픽의 서비스 시간분포를 발견하는 데 초점을 맞추고 있고, 현재 Pareto분포, Weibull분포, 로그 정규분포 등이 제시되고 있다.

〈표 1〉의 트래픽 모델은 모두 전화망과 관련된 것들이다. 음성호의 도착과정 및 서비스 과정에 대한 모델링은 용이한 반면, 데이터 트래픽의 모델링은 매우 어렵다. 즉, 데이터 응용들의 다양성과 데이터 통신망에 대한 짧은 운용 경험 등으로 인하여 데이터 트래픽에 대한 일반적인 모델들이 존재하지 않는다. 현재 패킷망 설계에는 Erlang C 공식을 이용한다.

최근 음성, 데이터, 비디오 등 서로 다른 특성을 갖는 서비스들을 하나의 통신망으로 제공하는 것을 기본 이념으로 하는 ATM 망이 새로이 등장하였다. ATM 망의 성능을 결정하는 망 요소를 ATM-MUX라고 하는데, ATM-MUX에는 서로 다

큰 정보원들로부터 생성된 셀들이 중첩 도착하여 버퍼에 대기한다. 서어버는 FIFO(First-In-First-Out) 서비스 규칙에 따라 버퍼에 대기중인 셀들을 ATM 링크를 통하여 전송하게 된다. 이러한 ATM-MUX 시스템은 (그림 4)와 같다.

(그림 4) ATM-MUX 시스템



(그림 4)의 ATM-MUX 시스템에 대한 대기모델은 다음과 같이 표현된다

$$\text{셀 도착과정} / \text{셀 서비스과정} / 1 / K$$

여기서 1은 서버 수, K는 버퍼 용량을 나타낸다.

ATM-MUX 시스템의 대기성능 분석, 즉 셀 손실률 또는 셀 지연시간 등의 성능평가 지수를 산출하기 위해서는, 셀 도착과정 및 서비스과정에 대한 모델 개발이 선행되어야 한다. ATM-MUX 시스템에서의 실제 셀 서비스과정은 확정적 과정을 따르므로 별도의 모델 개발이 불필요하지만, 셀들의 실제 도착과정을 정확하게 수리적으로 표현할 수 있는 모델의 개발은 매우 어려울 뿐만 아니라, 성능평가 지수들의 정확한 산출은 사실상 불가능하다. 이러한 이유로, 그동안 이 문제에 관한 대부분의 연구는 대기모델 개발단계, 또는 성능평가 지수의 산출단계에서 근사적 접근방법을 도입하여 수행되었다. 즉, 도착과정 / D / 1 / K queue에서의 셀 도착과정에 대한 근사적 규명(트래픽 모델링), 설정된 대기모델에 대한 안정상태(steady-state)에서

의 성능평가 지수들의 근사적 산출을 위한 방법들이 개발되었다. 여기서, 서비스 과정 D는 확정적 과정을 나타낸다. ATM-MUX의 대기성능을 나타내는 모든 성능평가 지수는 안정상태에서의 대기길이의 분포, 즉 임의의 시점에 버퍼에 대기 중인 셀의 수에 대한 분포를 이용하여 표현된다. 따라서, 성능평가 지수 산출문제는 대기길이 분포를 유도함으로써 해결된다.

앞에서도 언급하였듯이 트래픽 모델링에 대한 연구는 망 설계에 직접적으로 적용된다. ATM 망에서의 설계는 ATM-MUX의 버퍼 용량 및 ATM 링크 용량 결정을 다룬다. 버퍼 용량은 셀의 대기 지연이 최대 지연 목표값을 만족하도록 설계되고, ATM 링크 용량은 연결 레벨과 셀 레벨을 함께 고려하여 설계된다. 연결 레벨 설계에서는 주어진 트래픽 부하에 대해 연결 손실률 목표값을 만족하는 연결의 수를 결정하고, 셀 레벨 설계에서는 셀 레벨 QoS 목표값(즉, 셀 손실률)을 고려하여 연결 레벨에서 결정된 연결수에 필요한 대역폭을 산출한다. ATM 망의 설계는 이러한 두 레벨의 설계가 반복적인 과정을 거쳐 이루어진다.

### 3. 최적화 기법

복잡한 현실문제를 체계적으로 접근하기 위해서는 문장으로 서술된 의사결정문제를 컴퓨터를 이용하여 풀 수 있는 형태의 수식으로 나타낼 필요가 있으며, 이러한 수식화된 문제를 푸는 이론을 다루는 분야를 최적화 이론이라 한다. 최적화 문제는 보통 목적함수와 제약조건으로 이루어지며, 수식적으로  $\min\{f(x) \mid x \in F\}$ 로 나타낸다. 최적화 문제는 목적함수  $f(\cdot)$ 와 제약조건  $F$ 의 특성에 따라 여러 가지 문제 유형으로 나눌 수 있으며, 문제의 난이도도 크게 차이가 난다.

#### 가. 비선형 계획법

비선형 계획법은 가능해 집합  $F$ 가  $g_i(x) \geq 0, i$

$= 1, \dots, m$  와  $h_j(x) = 0, j = 1, \dots, p$ 의 형태로 주어지는 경우를 나타내며, 여기서  $f, g_i, h_j$ 는 모두 스칼라함수이다. 이러한 일반적인 비선형문제에 대한 일반적 알고리즘은 존재하지 않으며, 알고리즘이 있다고 해도 보통 부분 최적해만 찾아내고 종료한다. 이러한 모형은 현실문제에서 가장 빈번하게 나타나고, 통신망계획분야에서는 중계망계획, 전송망계획, 치국계획 등에서 사용되며, 상황에 적합한 독특한 알고리즘 등이 개발되어 있다.

#### 나. 선형계획법

선형계획법은 비선형계획법의 특별한 형태로서,  $f, g_i, h_j$ 가 모두 선형식으로 주어지는 경우이며,  $\min \{ cx \mid Ax = b, x \geq 0 \}$  형태로 표현된다. 이 문제는 최적화이론의 가장 기본이 되는 문제로 결국은 선형연립 부등식 푸는 문제와 일치하며, 여러 가지 효율적인 알고리즘이 존재한다.

#### 다. 정수계획법

정수계획법은 선형계획법의 특수한 형태로, 결정변수  $x$ 가 정수 값만 갖는 경우이다. 이 문제는 치국계획에서 전화국 위치 선정문제를 모형화 할 때 사용되며, 그 밖에 스케줄링, 프로젝트 선정 문제 등에 사용된다. 정수계획법은 난이도가 높은 문제이고, 문제 크기가 커지면 최적해를 구하기 힘들며, 주로 발전적기법 등을 사용한다.

#### 라. 네트워크 계획법

네트워크란 마디집합과 마디와 마디를 연결하는 호집합으로 구성되어 있다. 네트워크 표현은 여러 가지 현실적, 개념적 상황을 모형화 하는데 유용하며, 재고시스템, 통신시스템, 분배모형, 스케줄링 등에 응용되고 있다. 네트워크로서 나타낼 수 있는 또 다른 유용한 상황은 어떤 양의 흐름을 다룰 수 있다는 것인데, 수도관을 통한 물의 흐름이나 전화 회선을 통한 트래픽의 흐름 등을 예로 들 수 있으며, 이러한 것들을 네트워크 흐름모형이라고 한다. 특히 네트워크 흐름 모형 중에서 각 호에 흐르는

양을 조절할 수 있을 때 어느 정도 흘러 보내는 것이 최적인가를 결정하는 것이 주요 관심사이다. 따라서 각 노드마다 요구량이 주어지며 각 호에는 그 호에 흐를 수 있는 최소량, 최대량, 그리고 단위 흐름당 비용 등이 주어지게 된다. 이러한 모형들의 기본이 되는 것이 선형최소비용흐름 문제이며, 이것의 하위모형으로서는 (1)최대흐름 문제, (2)최단 경로 문제, (3)수송 문제, (4)할당 문제 등이 있으며, 또한 상위모형으로서는 (1)선형 최소비용 변환 흐름 문제, (2)비선형 최소비용흐름 문제 등이 있다. 선형 최소비용흐름 문제는 선형계획이론 및 네트워크이론에 근거한 효율적인 알고리즘이 다수 존재하고, 비선형 최소비용흐름 문제의 경우 문제의 구조에 따라 적합한 알고리즘이 개별적으로 개발되어 있다.

### 4. 통신망 시뮬레이션 기법

시뮬레이션이란 분석하고자 하는 시스템이 실제로 존재하지 않거나, 실제 시스템을 분석하기에는 너무 많은 비용이 발생할 경우, 또는 시스템이 너무 복잡하여 정량/정성적 분석이 불가능할 경우에 주로 사용하는 기법으로, 고려중인 시스템을 분석 목적에 적합하도록 모형화 하여 컴퓨터로 실행해 보는 것이다. 시뮬레이션은 연속시간, 이산시간, 그리고 이산사건의 3 가지 형태로 분류될 수 있으며, 대기이론이나 통신망관련 문제는 주로 이산사건 시뮬레이션 형태에 속한다. 이산사건 시뮬레이션은 일련의 가산사건들로 이루어지는 시스템의 모형화 분석에 사용된다. 모형화 측면에서 이산사건 시뮬레이션을 살펴보면, 연속 또는 이산시간 시뮬레이션과의 차이점을 발견할 수 있는데, 이산사건의 경우 모형화의 특별한 이론이 없다는 점이다. 따라서 모형에 적합한 언어의 선택이 특히 중요하며, 많은 훈련이 필요하게 된다.



〈표 2〉 시뮬레이션언어 및 용도

용 도	시뮬레이션 언어
스케줄링	SIMSCRIPT
설비관리	GPSS
프로세스	GPSS, SIMULA

통신망 시뮬레이션의 경우는 입력과정의 확률적 묘사, 서비스 시간 그리고 대기시간 등이 중요한 특성으로 고려되며, 통신망의 여러 가지 비계위 루팅방식의 성능분석에 필수적인 기법으로 고려되고 있다. 시뮬레이션의 약점은 구한 해가 최적해가 아니라 근사해라는 것이며, 따라서 시뮬레이션 결과에 대한 통계적 처리가 필요하고 실제 시뮬레이션을 행할 실험계획을 세워서 실험순서 및 요소수준과 수준의 조합 등을 선택하여 시뮬레이션 출력에 대한 분석이 신빙성 있도록 하여야 한다.

### 5. 비용 분석

여러 투자대안에 대하여 최적의 대안을 선택하는 문제는 통신망계획 뿐만 아니라 투자가 이루어지는 모든 사업에 빈번히 발생하며, 특히 장기적인 계획을 수립할 때 반드시 고려해야 될 사항이다. 돈이란 시간에 따라 가치가 달라지기 때문에 일련의 수입과 지출을 수반하는 투자안을 분석할 때는 기준시점을 정하여 모든 수입과 지출을 기준시점의 가치로 환산하여 순이익을 계산해 보아야 한다. 투자대안 비교를 위한 지수들은 현가, 연간등가, 자본등가, 미래가, 수익률 등이 있으며 이러한 지수들은 투자대안을 비교하는 기본이 된다

여러 투자대안 중 최적의 대안을 선택할 때에는 이제까지 정의한 지수들 중 가장 적합한 것을 선택하여 가장 큰 값을 나타내는 대안을 선택하면 되며, 일반적인 경우 어떤 지수를 선택하거나 같은 결과를 나타낸다.

## III. 분야별 통신망계획 기술

### 1. 번호계획

전기통신망에서의 번호란 통신망에 수용된 이용자를 식별하거나 통신망 또는 통신사업자가 제공하는 다양한 통신서비스를 선택하기 위하여 사용되는 숫자 또는 문자의 조합을 총칭한다. 통신상대방을 선택하거나 상대방에게 자신을 나타내는 수단으로서의 번호는 통신망에 수용된 이용자를 혼란없이 유일하게 식별할 수 있어야 한다. 따라서 일반적으로 이용자가 사용하는 번호는 국가구분요소, 통신망 및 지역구분요소, 가입자 또는 단말구분요소로서 구성된다. 통신망의 번호가 갖추어야 할 주된 기능으로는 이용자간의 자동접속 허용기능, 이용자가 쉽게 이해하고 다이얼할 수 있는 기능, 교환이나 제어장치의 효율적 사용을 보장하는 기능, 국내외 타번호계획과의 정합성 등이 있다. 통신망에 적용되는 번호의 방식은 번호자리수의 정형성 여부에 따라 폐쇄번호방식(Closed Numbering System)과 개방번호방식(Open Numbering System)으로 분류되며, 교환국간의 번호처리에 있어 번호의 송출방식은 일괄송출(En-Bloc)방식과 중복송출(Overlap)방식으로, 번호의 중계 방식은 링크 대 링크(Link-by-Link)방식과 단 대 단(End-to-End)방식으로 나누어진다.

번호계획이란 향후의 통신수요와 서비스 발전을 충족하면서 그 통신망에 가장 적합한 방법으로 번호의 구조와 체계를 설정하고 번호의 적용방식을 결정하며, 번호의 할당계획을 수립함으로써 효율적인 통신망 구성 및 운용과 이용편의 향상을 목적으로 하는 번호규정 및 운용계획을 말한다. 그동안 각국에서 전화망, 텔렉스망 등 한정된 통신망이 국가나 독점적 사업자에 의해 운용되었던 시기에는 번호가 각 망에서 독립적으로 운용되었으며, 이에 따라 번호계획의 중요성도 크게 부각되지 않았다.

그러나 최근 협대역 및 광대역 종합정보통신망, 이동통신망, 위성통신망, 범용개인통신(UPT)으로 대표되는 글로벌 서비스 등 새로운 통신 방식과 기술을 적용하는 다양한 통신망과 서비스가 출현하고, 통신사업 분야의 개방, 경쟁화 추세로 통신사업자의 다원화가 급속히 진전됨에 따라, 효율적이고 체계적인 번호계획의 수립이 대단히 중요시 되고 있다. 이와 같이 통신망 및 사업자의 고도화, 다원화에 따라 번호의 역할과 중요성이 증대되고 번호상의 요구가 더욱 커지는 반면, 가용한 번호 자원은 제한적이므로, ITU-T 등 국제표준기구와 세계 각국에서는 효율적인 번호체계의 정립을 국제 또는 국내 통신 발전의 기반이 되는 핵심적 통신 정책으로 간주하여 중장기적 번호 적용방안 수립에 집중적인 노력을 기울이고 있다.

#### 가. 번호계획 수립의 기본원칙

통신망에서 사용되고 있는 번호를 변경 또는 전환하게 되는 경우 통신망과 이용자 모두에게 막대한 손실과 혼란을 초래하게 되므로 번호계획의 수립시에는 통신망 뿐 아니라 통신망을 둘러싼 사회적, 경제적 제반 환경을 충분히 고려하여 신중하게 결정하여야 한다. 이러한 번호계획의 중요성에 따라 일반적으로 40~50년 이상 적용이 가능한 번호계획의 수립이 권고되어 왔으나, 통신 기술과 환경이 급속히 발전, 변화함에 따라 최근에는 각국에서 10~20년 정도의 계획 기간을 설정하여 번호정책을 수립하고 있는 실정이다. 번호계획 수립시 고려되어야 할 기본원칙은 다음과 같다.

- 통신망 구성 및 운용의 효율화 도모
  - 호 루팅의 용이성 확보
  - 공정하고 용이한 과금 가능
  - 실제적이고 경제적인 교환설비의 운용 가능
  - 기존 통신망 설비의 변경 배제
  - 타 통신망 및 사업자와의 효율적 연동 가능
- 이용자의 이용편의성 확보
  - 번호변경의 최소화

- 필요최소한의 번호 디지털 사용
- 기억하기 쉽고 이해가 용이한 번호체계 적용
- 이용체계(다이얼링 계획) 표준화가 용이한 번호구조 채택
- 국내외 표준과의 조화로 번호의 정합성 확보
- 통신망 장기발전 및 진화에 능동적 대비
  - 장기 통신수요를 충족하는 번호용량 확보
  - 통신망 및 통신사업자의 다원화에 대비
  - 새로운 통신망 출현 및 서비스 다원화에 대비

#### 나. 번호계획의 표준화 동향

전 세계적으로 번호계획의 국제 정합성을 확보함으로써 국내외 통신의 원활한 발전과 이용자의 편의성 향상을 위해 국제 전기통신연합 등 국제 기구에서는 번호의 구조, 번호분석기능 등 번호체계의 골격과 적용방안에 관한 표준을 제정하여 권고하고 있으며, 각국의 통신주관청이나 통신사업자들은 이를 바탕으로 자국의 통신환경에 적합한 번호계획을 수립, 적용하고 있다. 현재 적용되고 있거나 검토중인 번호계획 관련 주요 국제 권고와 적용 범위는 <표 3>과 같다.

<표 3>에서와 같이 번호계획은 크게 전화계망 및 ISDN, 글로벌 서비스 등에 적용되는 E.164 번호계획과 데이터망에 적용되는 X.121 번호계획, 그리고 텔렉스망의 F.69 번호계획으로 구분되어 규정되고 있으나, 텔렉스망의 경우 번호계획상의 관심도 낮은 실정이므로 E.164 및 X.121의 두 가지 번호계획이 주요 검토 대상이 되고 있다.

국제 공중통신 번호계획으로 불리는 E.164 번호계획은 당초 ISDN에 적용할 번호계획을 수립하기 위해 검토가 시작되어 현재와 같은 종합적 번호계획으로 발전하였다. 즉, 종전까지 전화, 데이터, 텔렉스 등의 서비스는 각 서비스를 제공하기에 가장 적합한 형태로 구성된 개별망에 의해 제공되었으며, 각 개별망에서 사용하는 번호계획도 독립적이었다. 반면에 ISDN의 경우 다양한 서비스들이 통합 제공됨에 따라 ISDN에서의 적용을 위한 번호계획의 수립이 요구되었는데, 협대역 ISDN의 경우

전 세계적으로 광범위하게 확산된 전화망을 토대로 구축되는 것이 일반적이므로, CCITT(현 ITU- 개선을 위한 국제적 노력이 계속되고 있다. 공중 데이터망에 적용되는 번호계획은 권고 X.121에서

〈표 3〉 번호계획 관련 국제 권고와 적용범위

번호계획 구분		국제 권고	적용대상 통신망, 서비스
국제 공중통신 번호계획 (E.164 번호계획)	전화계망 및 ISDN, 글로벌 서비스의 번호계획 일반	E.164	데이터망과 텔렉스망을 제외한 모든 통신망, 서비스 (PSTN, 이동전화, 무선호출, PCS, 항만전화, 공항전화, ISDN, 글로벌서비스, 위성통신 등)
	UPT 번호계획	E.168	UPT
	B-ISDN 번호계획	E.191	B-ISDN
	국제 착신과금 번호계획	E.169	국제 착신과금서비스
	해사위성통신 번호계획	E.215	해사위성통신(Inmarsat)
	국제번호자원 할당 원리	E.190	데이터망과 텔렉스망을 제외한 모든 통신망, 서비스
데이터 번호계획(X.121 번호계획)		X.121	데이터망
텔렉스 번호계획(F.69 번호계획)		F.69	텔렉스망

T)에서는 새로운 번호체계를 생성하는 대신 국제 전화번호계획(E.163 번호계획)을 근간으로 하여 최대 번호자리수의 확장 등 필요한 몇가지 변경을 행하여 이를 "ISDN 시대의 번호계획"으로 명명하였다. 초기에는 국제 전화번호계획과 병존하였으나, '92년에 권고 E.163을 흡수하여 모든 전화계망 및 ISDN에 적용되는 단일의 번호계획으로 E.164 번호계획을 재편하였다. 또한 '93년 이후 국제 착신과금, 범용개인통신 등 전 세계적으로 번호의 공통 사용이 요구되는 글로벌 서비스 번호가 요구됨에 따라, '97년에는 기존의 지형적 번호체계와 함께 글로벌 서비스, 글로벌망의 번호체계를 포괄하는 종합적 번호계획으로 권고 내용을 보강하였으며, 내용에 적합하도록 권고명도 "국제 공중통신 번호계획"으로 변경하였다. 〈표 3〉에서와 같이 최근 제기되는 번호계획상의 이슈들은 대부분 이 권고와 관련된 것으로, 최근까지도 권고 내용의 명확화와

규정하고 있으며, 번호체계가 상이한 E.164 번호계획과 X.121 번호계획간의 연동방안에 대하여는 권고 E.166/X.122에서 별도로 규정하고 있다.

통신망 및 서비스의 발전과 국제간 통신 교류의 활성화에 따라 번호계획에 관한 국제 표준화를 관장하는 ITU-T에서는 광대역 ISDN 번호계획, 범용 개인통신 및 글로벌 위성통신 등 범세계적 공통 관리가 요구되는 글로벌 서비스의 번호 및 이용체계, 중계망 식별방안, 국가코드 등 번호자원의 국제적 관리 기준 정립 등에 관한 표준화 작업이 각국의 통신주관청 및 사업자들의 적극적 참여 속에 활발히 진행되고 있다. 각국의 번호정책을 담당하는 주 관청에서에서는 이러한 국제 표준을 기반으로 하여 국제 기구에서 국내 결정사항으로 각국에 위임한 번호자원을 관리하게 되며, 각 통신망 또는 사업자는 국내 번호정책에 의해 자신에게 부여된 번호자원하에서 번호계획을 수립하게 되므로 국제기

구를 통한 번호체계의 표준화의 영향과 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다.

## 2. 통신망 노드 및 가입자망 계획

가입자망은 통신망 구성의 최하부 구조로서, 일반적으로 시내 교환, 원격 교환 및 전송 노드를 가입자와 연결시키는 피더와 배선으로 구성된다. 현재 통신망에 적용되고 있는 가입자망의 종류로는 2선식 동선로망, ISDN망, 전용회선망, 종합유선 방송망 및 무선 접속망 등이 있다. 한편 이러한 가입자망을 구성하는 토폴로지(Topology)로는 단일 성형망 구조, 이중 성형망 구조, 다중 성형망 구조, 나무 구조, 링 구조, 버스 구조 등 여러 종류가 있다. 앞에서 열거한 가입자망 중 가장 대표적인 2선식 동선로망은 교환 노드와 가입자를 점대점(Point to Point)으로 연결하여 각각의 선로를 전용함으로써 동일 대역의 다수 가입자를 공간적으로 분리하는 "단일 성형망 구조"와, 교환 노드와 원격 교환 노드를 집선 및 다중화된 1차 선로에 의해 연결하고, 원격 교환 노드와 가입자를 점대점으로 연결하는 "이중성형망 구조"로 구성되어 있다. 통신망 노드는 교환 및 중계 기능을 갖는 국제, 시외, 시내 교환 노드 및 원격 교환 노드 등과 전송 및 집선 기능을 갖는 전송 노드 등으로 구분할 수 있는데, 본절에서 기술하는 통신망 노드는 시내 교환 및 원격 교환 노드와 전송 기능을 갖는 노드를 의미한다. 통신망 구성 중에서 가장 근간인 이들 통신망 노드와 가입자망은 그 구축비용이 전체 망 구축비용 중 70%를 차지하고 있는 실정이다. 이렇게 막대한 투자비용이 요구되는 통신망 노드 및 가입자망 구축은 기본적으로 비용 투자가 최소화 되도록 계획이 수립되어야 하며, 이와 함께 기존의 통신망 노드 및 가입자망을 고려하여, 새로운 서비스 및 가입자망 구성 기술과 수요 및 정책 등의 변화를 최적으로 수용할 수 있는 방향으로 진행되어야 한다.

통신망 노드 및 가입자망 계획은 새로운 서비스

의 도입이나 가입자망 구조, 서비스 수요 및 정책 등의 변경에 따라 계획 대상지역내에서 최적의 망 진화 구조를 구성짓는 일련의 과정으로, 계획 수립 시 고려되어야 할 사항과 주요 결정 사항은 다음과 같다.

- 주요 고려사항
  - 가입자망 구성 기술
  - 망 모형화 방법
  - 망 구성요소별(선로,관로,교환,중계,전송,전력,국사,대지,운용유지 등) 비용 및 비용 적용 모형화 방법
  - 서비스별 수요 및 등급 결정
  - 서비스 정책(월구수용, 적체수용, 채산성, 자본제약 등)
  - 대상지역의 지형 특성
  - 전송거리 계산 방법
  - 기존시설 현황
- 주요 결정사항
  - 서비스별 최적 접속 구조
  - 새로운 설비(노드)가 망에 도입되었을 경우 경제구간
  - 각 연도별 계획 대상지역 내 적정 노드 수
  - 신설 노드의 성격, 위치, 수용구역, 규모, 서비스 개시 시점
  - 기존 노드의 위상 변경(증/개축, 통합, 승격, 폐국, 이전 등) 및 수용구역

현재 통신망 노드 및 가입자망 계획을 수립하는 방법으로는 수작업에 의한 정적 계산법, 컴퓨터에 의한 정적계획법 및 동적계획법 그리고 수학적 모형에 기초한 근사해법 등이 있다. 미래에 구축될 가입자망은 가입자망 통신기술의 발전에 따라, 협대역의 통신 능력을 벗어난 다양한 통신 서비스 및 전송대역이 요구되는 초고속, 광대역 접속 능력을 수용할 수 있는 접속망의 하부 구조로 광범위하게 정착될 전망이므로, 새로운 통신 기술 및 망 구성 방식에 대한 충분한 분석이 요구된다. 현재 급격하

게 발전하는 가입자망 통신 기술로는 디지털 선로 기술(xDSL: Digital Subscriber Line), 광가입자망 (FITL: Fiber In The Loop) 구성 기술, 광-동축 혼선(HFC: Hybrid Fiber and Coaxial) 구성 기술, 그리고 무선 가입자망(WLL: Wireless Local Loop) 구성 기술 등이 있다. 아울러, 현재의 통신산업 전반에 걸쳐 벌어지는 교환기의 대용량화, 광대역 전송 매체의 저가화, 망 관리의 자동화, 전송장치의 실용화, 통신시장의 개방 및 운용유지비 상승 등의 기술 및 환경의 변화에 따라, 가입자망과 통신망 노드 계획은 전체 통신망과 연계한 기존의 시내 교환망에 대한 구조개선 차원에서 총체적으로 다루어질 필요성이 증가하고 있다.

### 3. 중계망계획

중계망계획이란 통신망에 부과된 트래픽을 효율적으로 처리하기 위하여, 트래픽에 대한 예측자료, 교환기의 성능 및 비용, 서비스 등급(GOS) 그리고 운용 유지의 용이성 등을 고려한 최적의 통신망을 계획하는 것이라 할 수 있으며, 중계교환기의 위치를 설정하고 각 교환기들간의 연결성을 규정하는 구조형상계획(Topological Structure Design), 호에 대한 경로를 규정하는 트래픽 루팅(Traffic Routing), 교환기 및 회선 용량을 규정하는 용량 설계(Dimensioning)로 나누어진다.

중계망 구조형상계획은 중계교환기의 위치를 설정하고 각 단국교환기를 어떻게 연결할 것인가를 결정하는 것으로서, 먼저 트래픽의 특성, 교환기의 성능 및 운용 유지의 용이성 등을 고려하여 전체적인 구조를 결정하고, 그 구조하에서 최적의 통신망 형상을 결정하는 절차를 따르게 된다. 또한, 여기에서는 통신망 최적화(Network Optimization) 및 그래프 이론(Graph Theory)에 관련된 알고리즘을 요소기술로 적용할 수 있다. 현재 보편적으로 적용되는 중계망의 구조는 계층적 구조(Hierarchical Structure)와 비계층적 구조(Non-Hierarchical

Structure)로 나뉜다.

트래픽 루팅은 통신망에 부과되는 트래픽에 대하여 목적지까지 가는 경로설정 방법을 규정하는 것으로서, 트래픽을 성공적으로 처리하는 것을 목적으로 하고 있으며, 크게 고정적 루팅(Fixed Routing)과 동적(Dynamic Routing)으로 나뉜다. 고정적 루팅은 전세계적으로 가장 널리 적용되고 있으며, 운용자가 규정한대로 루트 점유를 시도하는 루팅체계로서, 통신망의 용량을 만족시키는 범위내에서 어떠한 순서로 루트 점유를 시도할 것인가를 결정하는 것이 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 또한 루트점유를 시도하는 순서에 따라서 각 루트를 우선선택 루트(HUR: High Usage Route), 최종선택 루트(FR: Final Route)등으로 나누게 된다. 동적 루팅은 미국 등 통신선진국에서 적용되고 있으며, 변화하는 통신망의 상황에 대처하여 루트 점유를 시도하는 루팅체계로서, 크게 시간의존적(Time-dependent) 루팅, 상태의존적(State-dependent) 루팅, 그리고 사건의존적(Event-dependent) 루팅으로 나뉜다.

용량 설계는 통신망에 부과되는 트래픽에 대하여 서비스 등급을 만족시킬 수 있도록 각 회선 및 교환기의 소요 용량을 산출하는 것으로서, 트래픽 루팅과 상호연관 관계를 가지고 있다. 즉 트래픽 루팅 방법에 따라 Queueing Network에 부과되는 트래픽의 특성이 바뀌므로, 그 트래픽 특성에 적합한 대기행렬 모형이 수립되었을 때 비로소 요구되는 서비스 등급을 만족시킬 수 있는 용량을 설계할 수 있게 되는 것이다. 여기서는 대기이론(Queueing Theory)에 관계되는 여러 가지 이론들을 요소기술로 적용할 수 있으며, 가장 대표적인 예로서는 트래픽 발생이 포아송(Poisson)분포를 따르고 서비스 시간이 지수(Exponential)분포를 따를 때 적용되는 Erlang B 공식이 있다.

중계망계획에서 새롭게 대두되는 문제로는 다수 통신사업자의 등장에 따른 사업자간 상호접속을 위한 망구성과 교환기의 대용량화에 따른 망구조 개선을 들 수 있다. 상호접속을 고려한 중계망계획

은 사업자간 트래픽이 통신망에 미치는 영향과 과금정산 등 상호접속에 관련된 교환기 기능을 고려하여 상호접속점을 선정하고, 전체적인 통신망에 대한 망 설계를 재검토하여 통신망을 최적화 하는 것이라 할 수 있다. 교환기의 대용량화에 따른 중계망구조 개선은 단국교환기 및 중계교환기의 대용량화에 따라 전체 중계망에 대한 망 구조 및 망 설계를 재검토하는 것이다. 또한, 공통선 신호방식의 적용과 망관리 기능에 의한 동적 루팅의 도입을 예상할 수 있다. 지금까지 적용되었던 AT&T의 DNHR(Dynamic Non-Hierarchical Routing), RTNR(Real Time Network Routing), NTT의 STR(State and Time Dependent Routing), Bell Canada의 DCR(Dynamically Controlled Routing), 그리고 Stentor Canada의 DCR 등의 결과에서 볼 수 있듯이, 트래픽의 변화 및 통신망의 상태에 유연하게 대처할 수 있는 동적 루팅방식은 통신망의 효율을 증대시키기 위한 바람직한 접근 방식이 될 수 있을 것이다.

#### 4. 전송망계획

전송분야는 가입자와 교환국을 연결하는 가입자 전송분야와 교환국과 교환국을 연결하는 국간 전송분야로 나누어지며, 최적의 전송을 위해서는 매체를 효율적으로 이용하는 기술과, 회선의 다중화(Multiplexing), 각종 신호의 부호화(Coding)와 이들 각 장치의 유기적인 결합과 망동기(Network Synchronization) 등의 기술이 필요하다. 전송망계획은 이와같이 부분요소기술의 현황을 파악하여 최소의 비용으로 적정한 전송품질을 보장하는 망을 계획/설계하고, 차세대 전송망으로 효율적으로 진화할 수 있도록 준비하는 목표를 가지고 있다.

##### · 전송매체 및 전송속도 선택 계획

전송매체 및 방식의 특성을 고려하여 필요한 전송서비스가 요구하는 품질을 유지하는 경제적인

방식을 선택하는 계획으로 유선 대 무선, 광섬유 대 PCM, 폼스킨 대 종이 절연 케이블 등 전송방식 및 매체의 선택과 정해진 매체하에서 어떤 전송속도를 제공할지를 결정한다. 하위계위의 전송신호를 상위계위의 링크에 어떻게 효율적으로 채워 넣는지를 결정하는 다중화군(Multiplex Bundling) 역시 다루어야 할 문제이다.

##### · 망 동기 계획(Synchronization Planning)

시분할 다중신호의 교환, 분기, 삽입 등을 수행하기 위해서는 각국의 송, 수신 펄스가 시간적으로 동기화 되어야 하는데, 다음과 같은 방식이 있다.

- 독립동기(Plesiochrouous synchronization) : 각 전화국마다 독립된 발진기를 설치하고 그 클럭으로 타이밍을 맞추므로써 동기화
- 종속동기(Master Slave Synchronization) : 최상위 전화국에 하나의 주발진기를 비치하고, 그 클럭을 하위의 종속국에 분배하는 방식
- 상호동기(Mutual Synchronization) : 각 전화국에 가변주파수 발진기를 비치하고 개개의 국에서 자국의 클럭과 다른 복수국에서 받는 클럭의 위상을 비교하여, 이들 위상차의 평균치가 0이 되도록 자국의 발진 주파수를 제어하는 방식

위와같은 동기방식들은 망계획의 차원에서는 전략적인 계획으로 분류될 수 있으며, 특히 유사동기 방식에서 종속동기방식으로 전환하는 계획은 시스템 구축 및 대체, 망관리와의 연계, 안정성확보 등 많은 사항들을 고려하여야 한다.

##### · 생존성계획(Survivability Planning)

동기식 전송을 바탕으로 한 고속전송시스템의 출현으로, 전송용량이 수백Mbps 내지 수십Gbps나 되는 대용량이기 때문에 전송선로나 장치에 손상이 발생할 경우 서비스에 치명적인 문제가 발생한다. 따라서 전송망을 구축함에 있어서 망이 손상을 입더라도 서비스는 중단없이 제공할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 즉, 생존성의 확보를 위한 전송

망의 계획이 필요한 것이다. 이러한 생존성을 확보하기 위해서는 보호(Protection)와 복구(Restoration) 방식을 적용할 수 있다. 여기서 보호란 망노드간에 미리 할당해 둔 보호용 채널을 이용하여 생존성을 피하는 방식이며, 복구란 여분의 채널용량을 미리 확보하였다가 장애시 장애 구간 주위로 우회시키는 것을 뜻한다. 이러한 전송망의 생존성을 높이기 위한 보호와 복구기법에 대한 전송구조로는

- APS(Automatic Protection Switch)을 이용한 1 : N 또는 1 : 1 (보호)
- Dual Homing을 이용한 hub network 안정성 확보(보호)
- ADM을 이용한 Point-To-Point 구성의 1+1 보호(보호)
- ADM을 이용한 Self Healing Ring 구성(보호/복구)
- DCS를 이용한 자동 절체망 구성(복구)

등이 있으며, 일반적으로 선형망 설계시 1:N이나 1:1방식은 비동기식 장치에 대하여 적용되는 보호 방식이고, 동기식 방식에는 1+1의 방식이 사용된다. 동기식 전송장치인 ADM의 등장으로 생존성 있는 환형 구성이 가능하게 되었으며, 그 구조는 UPSR(Unidirectional Path Switch Ring), BLSR(Bidirectional Line Switch Ring)/2, BLSR/4의 3가지 형태로 나눌 수 있다. 어떤 구간에 장애가 발생하더라도 즉시 복구시킬 수 있는 망의 구조이기 때문에 최근에 각광받는 망의 구조이다. 환형망에 있어서 그 구조의 선택은 지역적 여건과 수요 및 진화를 고려해서 적절한 구조를 선택하는 것이 중요하다. DCS를 이용한 방식은 링크복구와 경로복구로 나눌 수 있는데, 어떤 방식을 택하더라도 여유용량을 적절히 확보하는 것이 생존성의 확보와 경제적 전송망 설계라는 점에서 중요하다.

#### · 전송망 형상 최적화 계획

(Topology Optimization Planning)

전송망의 형상은 전송망의 특성 및 서비스를 결

정하는 중요한 제약조건이 되며, 안정성과 망진화에도 많은 영향을 주는 전략적인 문제이다. 이를 위한 장기발전계획 및 재구성이 가능한(Reconfigurable) 전송망의 형상을 최적으로 가깝게 설계 및 계획하고 운영하는 것은 매우 중요하다. 전송망의 형상은 일반적으로 선형, 환형, 메쉬형으로 대별할 수 있으며, 망형상의 계획은 크게 지역망 설계와 기간망 설계로 나누어서 적용할 수 있다. 현재 물리적 형상은 기간전송 이상에서는 망(Mesh)형 또는 격자(Grid)형, 국간 이하에서는 링형 또는 이중성형(Double Star)형 등이 고려되고 있으나, 그 구체적인 형태는 경제성, 확장성, 효율성 등을 고려한 접근이 있어야 하는 문제로 많은 연구과제가 남아 있는 분야이다.

#### · 전송망 전환계획(Transmission Transition Planning)

현재의 전송망은 (1)비동기식에서 동기식으로 진화, (2)45Mbps급에서 STM-n(155Mbps~10Gbps) 기반으로 진화, (3)자동절체기능의 확보, (4)광 가입자망으로의 진화(FTTO, FTTC, FTTH), (5)WDM기술에 의한 전광통신망으로의 진화 등이 진행되고 있다. 그러나 이러한 전환은 모두 신규 시스템 개발, 기존시스템 대체, 새로운 관로 건설 및 전송로 포설 등 물리적인 변화가 수반되어 막대한 비용과 시간을 요구하고 있으므로, 이에 대한 최적의 계획과 설계가 필요하다. 한편 이러한 계획이 피할 수 없는 불확실성 및 예측과 다른 기술 및 경제적 환경의 변화에 대비한 전송망의 유연성(Flexibility) 확보 방안 등이 전환계획의 주된 내용이다.

#### · 초고속 전용통신망계획

초고속 전용 통신망은 가입자에게 VP(Virtual Path) 기반의 전용 회선 서비스를 제공하고, HiNET-P/F 등 기존 데이터망에 대하여 트렁킹(Trunking: VP Tunneling+Rerouting) 기능을 제공할 예정이다. 또한, 향후 여러 ATM 응용 서비스를

포함하는 초고속 공중 통신망의 백본으로 기능을 하게 된다.

초고속 전용 통신망의 요소 장비는 VPX(VP CrossConnect), VP ADM, ATM MUX(Multiplexer) 등이 있고, 차후 교환 회선 서비스(SVC: Switched Virtual Connection)를 제공할 경우에는 VP 교환기가 필요하게 된다. VPX는 초고속 전용 통신망의 기간망을 구성하는 장비이고, VP ADM, ATM MUX는 지역망을 구성하는 장비이다. 초기의 지역망은 각 단국 수준에 단순한 기능을 가진 ATM MUX가 설치될 것이고, 이후 수요 증가에 따라 VP ADM으로 진화하게 된다.

기존의 동기식 전송망과 같이 초고속 전용 통신망의 계획도 기간망과 지역망으로 나누어 볼 수 있다. 기간망 설계는 VPX의 용량 및 도입 위치 결정, VPX간 링크 용량 결정 등으로 이루어진다. VPX망 설계는 동기식 전송망에서 DCS망의 설계와 유사하게 운용 용량 및 생존도 확보를 위한 여유 용량 계획으로 구성된다. DCS망과의 차이점은 기존의 동기식 전송망은 다단계의 계층적 다중화 절차를 따르게 되어 링크의 이용 효율이 저하되지만, VPX의 경우는 단단계의 다중화가 가능하므로 링크의 이용 효율이 증가된다. 또한, 생존도 확보 계획도 VP 단위로 설계가 가능하므로, 필요 여유 용량도 동기식 전송망에 비해 현저하게 낮아진다. 지역망 설계는 해당 지역망의 허브에 VPX가 설치되고 여기에 각 단국을 경제적으로 연결할 수 있도록 하는 것이다. 각 단국에는 수요 정도에 따라 VP ADM 또는 ATM MUX 중 어떤 장비가 설치될 것인가를 결정하여야 하며, 또한 이에 따라 링형 또는 스타형의 망구조를 함께 결정하여야 한다.

## 5. 무선망 계획

무선통신망은 한정된 전파자원을 효율적으로 활용하여 경제적이고 효과적인 가입자 수용을 위한 셀(cell) 설계가 대단히 중요시된다. 유선통신망과

는 달리 무선망은 통신의 이동성을 보장하기 위하여 확률적인 서비스 커버리지를 갖게 되며, 각 기지국의 서비스 커버리지는 무선 채널환경과 가입자 트래픽의 영향을 받아 가변적이다. 특히 유선서비스와는 달리 무선채널환경에 따른 음영지역의 형성은 호 손실의 직접적인 원인이 되기 때문에, 기지국이 담당하는 서비스 영역과 음영지역의 정확한 분석이 필수적이다. 이와 같은 무선망의 특성에 따라 무선망 계획 수립을 위하여 망 구축 초기 단계에서부터 채널환경 및 트래픽 그리고 무선접속방식을 고려한 정확한 기지국의 위치선정은 대단히 중요하다. 또한 일단 구축된 망의 트래픽 변화와 음영지역 해소를 위한 지속적인 망 최적화작업이 필수적이다. 최근에는 지형 데이터베이스(Geographic Information Base)를 이용한 셀 설계틀이 개발되어 무선 망 설계에 활용되고 있다. 무선 망 설계기간을 최소화하여 경쟁사보다 먼저 서비스 제공을 하여야 시장을 선점할 수 있는 무선통신 시장의 특성을 감안할 때 이 분야는 앞으로도 더욱 발전하리라 예상된다. 또한 GIS는 향후 무선망 설계 뿐만 아니라 M/W 및 선로 포설 계획 등의 유선 망 설계에도 활용되리라 예상된다.

일반적으로 무선통신망을 구축, 운용하기 위한 일반적 과정은 다음과 같으며, (그림 5)에 이러한 일련의 과정을 도식화하여 나타내었다.

- 사업전략 구상단계 : 서비스의 기본적인 마케팅 전략 및 요금정책, 예상 서비스 규모, 가입자 규모 및 이윤 등을 포함한다.

- 서비스 성능 및 목표 설정 : 서비스 커버리지 및 품질 그리고 트래픽 수요 목표 등을 설정한다. 이는 각 기지국의 커버리지 및 회선용량, 기지국 위치설정 등의 기본 자료가 된다. 또한 본 단계에서 주파수 대역을 고려한 무선접속방식을 결정하게 되는데, 이는 Link Budget 뿐 아니라 회선산출에 영향을 미치기 때문에 매우 중요하다.

- 셀 설계 및 구축: 셀 설계는 두 단계를 거쳐 수행되는데, 대략적으로 기지국 수효를 산출하여



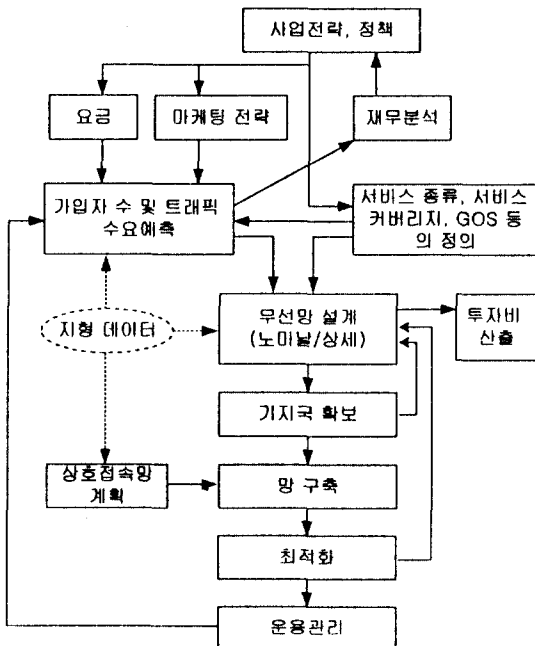
사업전략에 활용하기 위한 노미날 셀 설계 단계와, 셀 설계 틀 및 전파측정장비를 이용하여 구체적으로 기지국 위치선정작업을 하는 상세 셀 설계 단계로 나눌 수 있다. 이 상세 셀 설계는 서비스 품질에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 가장 오랜 시간을 요하는 단계이다. 이렇게 결정된 기지국은 현장실사를 통해 실제 기지국 위치에 대한 조사가 이루어진 후 구축되게 된다. 또한 각 기지국의 예상 트래픽 수요를 감안하여 회선을 할당한다.

· 최적화 : 기지국이 구축되면 각 기지국들의 운영지역 및 핸드오프 영역 등을 망 최적화를 위한 측정 틀을 사용하여 찾아낸다. 그리고 안테나 및 기지국 파라미터 조정 등을 통하여 망을 최적화 하게 된다. 또한 망 운용에 따라 발생하는 실제 트래픽을 반영한 회선할당의 변경 및 기지국 추가 등이 이루어지며 향후 트래픽 수요의 증가에 따른 통신망 확장도 하게 된다.

## 6. 신호망 계획

공동선 신호망은 통신망의 각종 신호 및 제어 정보를 교환 전달하는 특수한 형태의 패킷망으로, 프로토콜은 ITU-T No.7 공동선 신호방식을 사용한다. 기존 CAS방식(Channel Associated Signaling system)은 동일 채널에 음성정보와 신호정보를 함께 전송하므로 통화중에 신호전송 불가, 느린 신호 속도, 신호정보 종류 제한이라는 제약을 가진다. 이에 비해 공동선 신호방식은 통화회선과는 별도로 신호전용회선을 구성하여 이 신호회선을 다수의 통화회선이 공동으로 사용하므로, 통화중 신호전송이 가능하며, 신호의 고속전송, 풍부한 신호 종류 및 용량, 통화회선의 양방향 운용 등의 장점이 있다. 따라서 공동선 신호방식을 적용할 경우에는 신호회선의 높은 신뢰성이 요구된다. 공동선 신호방식은 ISDN, IN, PCS 등 각종 신규 서비스 출현에 따른 기존 신호방식의 한계 극복과, 비회선관련 신호정보 전달 필요성에 의해서 발전된 통신망의 신 경계로서, 첨단 통신망의 특징인 통합화, 대용량화, 지능화, 개인화 및 개방화를 유도하는 핵심적인 역할을 제공한다. 이와 같은 중요성으로 인해 신호망 설계 및 운용시 안정화를 우선적인 목표로 한다. ITU-T에서는 Q.700 시리즈에 MTP, SCCP, TCAP, ISUP, OMAP 등 No.7 프로토콜을 권고하고 있다.

현대 전기통신망에서는 각종 망 장치들의 용량이 커지고, 기능도 다양해질 뿐만 아니라, 망을 이용하는 서비스 종류들도 급격히 증가하기 때문에, 장애는 과거보다 더 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 망 설계시에는 요구된 QOS를 만족할 수 있도록 망의 생존도를 극대화하여 설계하여야 한다. 특히 공동선 신호방식에서는 하나의 신호링크만으로 수천에 이르는 POTS 음성채널을(정상시 약 2000여 채널) 제어할 수 있으므로, 통신망의 각종 신호 제어정보 전달을 수행하는 신호망의 장애는 파급 범위가 광범위하다. 그러므로 신호망은 기능의 중요성 및 안정성 요구로 인해 신호망 설계시 기본적으로 망 장애의 영향을 받지 않거나 최소화하기 위



(그림 5) 무선 통신망 구축 과정

하여 충분한 여유를 갖도록 권고되고 있다. 신호망은 이를 위해 망 생존도 목표 설정, 망 관리 기술 및 성능분석 기술 확보, 망 구조(Topology) 결정과 망 구현 전략간 trade-off 결정, 경제성을 고려한 망 성장 및 서비스 계획, 안정적인 망 요소 설계요건 등과 같은 요구사항을 갖는다. 안정적인 망 설계의 요구사항으로는, 고장 발생 후 신속하고 과부하 없는 단순한 복구가 가능해야 하며, 망의 적절한 구조와 생존도 목표치를 만족하여야 한다. 또한 충분한 시험이 이루어질 수 있도록 시험절차와 환경이 확보되어야 하며, 신호망의 성장과 서비스 제공계획에 따른 생존도 목표에 대한 영향력을 반드시 고려하여야 한다. 뿐만 아니라 라우팅의 다양한 경로가 확보되어야 하며, 유사시를 대비한 예비 시스템, 라우팅, 망 등을 준비하는 것과 수동제어가 가능하도록 하여야 한다. 따라서 위 요구사항들을 만족하면서 최소의 비용과 최소의 신호트래픽 부하를 갖는 최적 신호망 설계가 이루어져야 한다.

신호망 설계에 직접/간접적으로 관련된 기술들은 신호망을 통해 전달되는 신호방식 구현 기술, 신호망 설계의 주요 데이터인 신호트래픽을 예측하는 기술, 신호망의 이용률 제고와 망 안정화를 위해서 망에 적합한 경로를 제공하는 라우팅 기술, 망 구성요소들의 부하와 전송지연 등을 분석하여 망의 취약점을 파악하고 이를 대처토록 하는 성능분석 기술, 신호망의 가용도 요구사항(10분/년) 만족 여부를 측정하고 망 신뢰도 향상에 활용되는 신뢰도 분석기술, 안정적인 신호망 운용을 위한 망 유지보수 및 관리기술 등이 있다. 이러한 관련 기술들을 반영하여 망 진화정책, 경제성, 효율성 등을 반영한 최적 신호망 설계를 할 수 있다.

통신사업자간 상호접속을 No.7 신호방식으로 전환하기 위해서 '97년 상반기에 국내 통신사업자와 MIC는 사업자간 상호접속을 고려한 신호점 번호체계를 재정립하여, 한정된 No.7 신호점 번호 자원을 사업자별로 잠정 할당하였으며, 향후 사업자간 상호접속을 No.7 신호방식으로 전환하기 위해 사업자간 요청되는 신호링크 수요를 신호망 설계에 반영

해야 한다. 또한 사업자간 상호접속시 예상되는 비회선관련 신호접속 요청을 고려해 착신과금, 정보료수납대행 서비스 등의 지능망서비스의 신호접속 계획과 신호망 기반의 번호이동성 제공방안 등의 장기적인 사업자간 비회선관련 신호 접속 계획 수립이 필요하다. 지능망서비스의 특징을 살펴보면 서비스별 BHCA 분포는 PSTN과 다른 특성을 가지며, 호 도착과정의 분포 특성은 Poission을 가정하는 PSTN과 다를 수 있고, 하나의 지능망서비스 호가 발생시키는 신호트래픽 부하는 PSTN과 다르다. 특히 전화투표서비스의 경우, 주로 저녁시간에 트래픽이 집중되어 동시 다발성의 대량 호를 발생시키므로 신호망에 부하를 가중시키게 된다. 따라서 도입되는 신규 지능망서비스들의 트래픽 특성을 최대한 반영하는 신호망 설계 방법을 수립해 신호망의 안정성을 높여야 한다.

한편 IMT-2000은 전세계 어디서나 로밍이 가능하여 진정한 개인통신 시대를 열어들 뿐만 아니라 멀티미디어 서비스도 함께 제공함으로써 다양한 통신 서비스를 제공할 수 있는 차세대 이동통신으로, 유/무선 통합서비스를 제공하는 IMT-2000 백본 망의 구축은 PSTN, ISDN 및 B-ISDN과 연동이 되는 유/무선 통합서비스를 제공하도록 규정되어 있으며, 이를 위해 망 연동의 체계화와 서비스의 신속한 도입을 가능케 하는 차세대 지능망과의 연계가 필요하다. 따라서 IMT-2000의 유/무선 통합서비스를 제공하기 위하여 단계적인 신호망 발전 계획이 요구된다.

#### IV. 결론

최근 통신 기술이 급속히 발전하고, 이용자의 서비스 욕구가 다양해지고 고도화 됨에 따라 막대한 설비 투자가 요구되는 통신망을 효율적으로 구축하고 운용하기 위한 계획 수립이 대단히 중요시되고 있다. 특히 통신시장의 경쟁 심화로 경제적이고

안정적이며 효율적인 통신망의 확보 여부가 통신사업자의 경쟁력을 결정하는 가장 중요한 관건으로 인식되기 때문에 통신망 구축 및 발전계획 수립의 중요성이 더욱 강조되고 있는 실정이다.

본 고에서는 통신망계획의 목적과 분류, 계획 수립의 절차를 소개하고, 통신망계획 수립시 일반적으로 사용되는 수요예측, 트래픽 이론, 최적화 및 시뮬레이션, 경제성 분석 등에 관한 기법들을 간략히 기술하였다. 또한 번호, 중계망, 전송망, 가입자망 등 실제 각 세부분야별로 이루어지는 통신망계획의 주요 내용, 고려사항, 관련기술 등에 관하여 가능한 한 일반화하여 서술함으로써, 특정한 통신망 또는 사업자에 한정되지 않고 일반적 통신망계획 수립시 공통적으로 통용될 수 있는 형태가 되도록 노력하였다.

통신망계획 수립은 많은 제약조건하에서 방대한 자료를 복합적으로 검토, 고려하여 결론을 도출하여야 하는 대단히 종합적이고 복잡한 작업이다. 본 고에서 다루어진 내용이 실제 통신망계획 수립시 적용되는 다양한 기법과 기술들의 전부는 아니며, 통신망 및 통신기술의 발전과 함께 통신망계획 관련 기술도 앞으로 더욱 발전할 것으로 전망된다. 그러나 기술과 기법, 그리고 전산 시스템 등이 완비되었다 하여 통신망계획 수립이 저절로 이루어지는 것은 아니므로, 이러한 수단을 활용하여 계획 및 정책을 직접 입안하여야 하는 망계획 전문가의 확보와 양성이 효율적인 통신망 구성 및 운용을 위한 가장 중요한 관건임을 강조하며 본 고를 맺고자 한다.

참고문헌

[1] "General Network Planning", GAS-3, CCITT, 1983  
 [2] "Telecommunication Planning", Standards Electrica, S.A., 1979  
 [3] "Engineering and Operations in the Bell System", AT&T Bell Laboratories, 1983  
 [4] R. L. Freeman, "Telecommunication System

Engineering", 3rd edition, John Wiley & Sons, 1996

[5] D. Bear, "Principles of Telecommunication Traffic Engineering", 3rd edition, Peter Peregrinus, 1988  
 [6] Selwyn, L.L., and Laszlo, J.W., "The Effect of Internet Use on the Nation's Telephone Network," [http://www2.itic.org/itic/eti\\_xsum.html](http://www2.itic.org/itic/eti_xsum.html), Jan, 1997.  
 [7] Akimaru, H., and Kawashima K., "Teletraffic: Theory and Applications", Springer-Verlag, 1993.  
 [8] ITU-T Recommendation E.736, "Methods for Cell Level Traffic Control in B-ISDN," 1997.  
 [9] R. F. Garzia, M. R. Garzia(ed), "Network Modeling, Simulation, and Analysis", Bell Telephone Laboratories, 1990  
 [10] Davis, J.L., Massey, W.A., and Whitt, W., "Sensitivity to the Service-time Distribution in the Nonstationary Erlang Loss Model," Management Science, Vol.41, No.6, 1995, pp. 107-1116  
 [11] 이상일, "통신망계획 기술 개론", 정보통신연구 7권3호, 한국통신, 1993.9



류 관 홍

1977 한국과학기술연구소 부설 전자통신 연구원  
 1978 ~ 1983 한국전자 통신 연구소 선임연구원  
 1984 ~ 1991 한국전기통신공사 연구개발단 선임연구원  
 1992 ~ 1994 한국전기통신공사 통신망연구소 통신망분석 연구부장  
 1994 ~ 1995 한국전기통신공사 사업개발단 무선개발관리 국장  
 1996 ~ 현재 한국전기통신공사 통신망연구소 통신망계획 팀장