

이 정 옥

한국전기통신공사 도시계획부장

Digitalization Principles and Strategies of Telecommunications Network

Jung Wook, Lee
Director, Urban Telecommunication Planning Dept.
Korea Telecommunication Authority

Abstract

Digitalization of a telecommunication network is to introduce digital transmission and switching components into the network.

Although it is proved that digitalization is economical, it is not possible to digitalize the whole network in one step, because the initial investments and resources needed would be enormous.

Digitalization will have to be a stepwise. It is therefore important that each administration makes up its own digitalization strategy as to where, when and how the various stops of digitalization have to be taken.

1. 개요

과거의 전기통신 기술은 20년 주기로 변화되어 왔으나 현재는 3-5년마다 신 기술과 새로운 서비스에 대처해야한다.

이와같은 변화의 과정에서 우리는 전문적인 지식과 능력을 가지고 장차 일어날수 있는 모든 상황에 적합한 통신망 계획을 수립해야한다.

전기통신 분야에서 신 기술과 새로운 서비스의 공급문제는 각국의 사정에따라 다소 차이는 있으나 선진국이건 개발도상국이건 간에 공존하고있다.

통화밀도가 낮은 나라에서는 영업용 이든 주거용 이든 단순히 전화공급을 해야한다는 것이 우선적으로 해결해야할 문제이고, 반면에 시설이 남아돌고 전화밀도가 높은 나라에서는 장차 높은 유지보수비용을 줄일수있는 방향으로 계획을 추진할것이 요청되고 있다.

따라서, 계속적으로 변화하는 기술에 적응하고 세계의 발전추세에 맞추어 통신시설을 선택 공급한다는 점이 대단히 중요하다.

이에 지난 82년 6월 1일부터 23일까지 스웨덴 전기통신공사 (Swedish Telecommunications Administration : STA) 주관으로 스웨덴의 스록

홀름 및 갈마에서 통신망 현대화 계획에 관한 연구과정에 본인이 참석하였다.

본 연수내용을 중심으로 장기적인 측면에서 우리나라가 추진해야할 전화공급 계획의 방향을 검토하고자 한다.

2. 통신망의 기본 계획

가. 계획수립의 합리화(사업 계획 기간 및 공정)

국별로 전화공급 목표량을 확정하여 시설을 개통할때까지의 소요기간을 비교하면 표1에서 보는 바와같이 KTA 에서는 2년 6개월, STA 에서는 4년으로 하고 있다.

Table with 3 columns: Project Name (e.g., 1. 目標設定), Duration (e.g., 120日), and another duration (e.g., 420日). Total duration is 950日 (30個月).

* KTA의 30개월을 기준으로 한工期
표1: 事業計劃期間

앞으로 사업 계획은 공급시기를 기준으로 3-4년전에 확정해야하며 이에따른 재원계획 및 인력 계획등도 동시에 검토 추진해야할 것이다.

나. 계획수립의 과학화

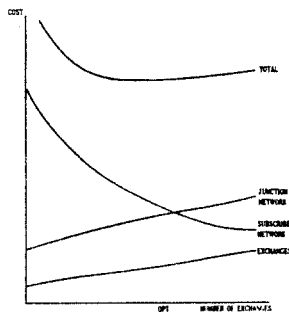
(최적 통신망; Network optimization)

전화사업에 있어 가장 중요한 사항은 국가 통신망(National communications network)의 최적화에 있다.

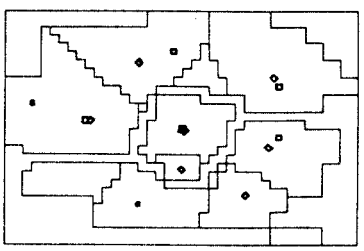
즉, 양질의 전화 서비스를 제공하는 동시에 저렴한 투자비로 되어야한다는 두 가지 상반되는 목적을 어떻게 잘 보완하여 집행하느냐에 있다. 이러한 최적 통신망 계획에는 컴퓨터의 이용이 필수적인데 특히 우리나라의 경우 다음의 기초적인 사항을 산출하고 예측하기 위하여 컴퓨터화가 시급히 요청된다.

- (1) 적정 수요 산출
- (2) 국별 공급량 결정
- (3) 트래픽 산출
- (4) 교환기 설계
- (5) 국간회선망 설계

더구나 망 자체가 점차 복잡하게 되어가고 통신망 계획에 여러가지 요소를 고려한 가장 합리적이고 경제적인 시설공급이 요청됨에따라(그림1) 및(그림2)에서 보는바와같이 일정도시의 최적 치국수라든가 총국용량및 치국위치의 결정도 컴퓨터에 의해 실시 되어야 한다.



(그림1) 最適置局數算定



(그림2) 컴퓨터에 의한 長期置局位置決定

3. 통신망 현대화의 원칙

가. 현대화의 기본 목표

통신망의 현대화는 기계식과 아날로그 방식의 생산을 가능한한 초기에 중지하고 모든 신규투자및 증설분을 디지털방식으로 공급하는 데서 시작한다.

통신망의 디지털화란 전송로와 스위치의 소자가 디지털방식으로 바뀌는것을 말하는데 주요한 이유는 디지털 통신망의 경제성에 있다.

그외에도 디지털화 됨으로서 가입자에게 보다좋은 서비스의 제공, 전송품질의 향상, 보다 향상된 유지 보수 설비를 공급할수 있기 때문이다.

또한 디지털 전송로와 디지털 교환기가 동시에 도입될때 아날로그-디지털 변환시설이 불필요하므로 가장 경제적이다.

따라서 디지털화의 최종 목표는 전송로와 스위치가 디지털방식인 집합된 완전디지털 통신망을 이루하는 것이다. 그러나 이와같이 되더라도 기존 전화기는 아날로그 방식이고 가입자 선택도 아날로그 방식으로 남아있을 것이다.

이러한 통신망을 I.D.N. (Integrated Digital Network) 이라고 부른다.

장치 data terminal, telefax, teletex 등의 각종 디지털 장비를 이용 하기 위하여는 최종적으로 가입자 선택도 디지털화 되어야 한다.

따라서 망이 I.S.D.N. (Integrated Services Digital Network) 이 될때 전화와 data 서비스가 하나의 통합 통신망에 의해 이루어질수 있다. 대표적인 아날로그 전화망을 보면 (그림3)과 같다.

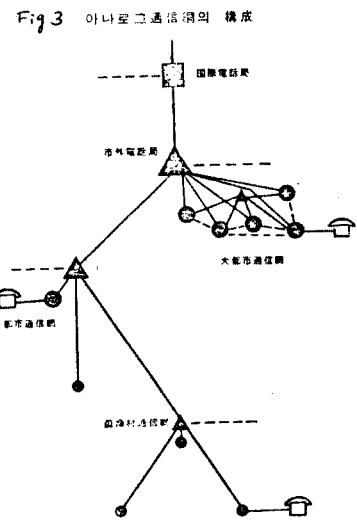
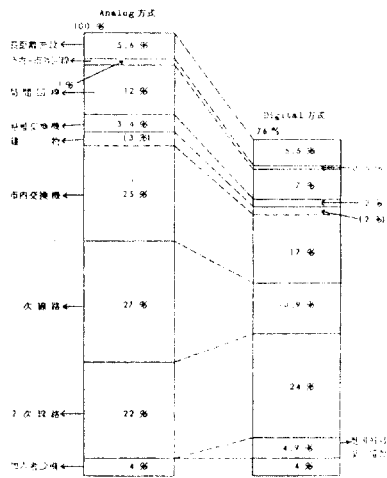


Fig 3 아날로그電話網의 構成

한편, 통신망의 각종 부품을 디지털화하여 디지털화된 통신망의 투자비를 초기의 아나로그망과 비교하여 보면 (그림4)과 같이 약20% 이상 절감될 수 있다.

Fig 4 價格分析比較



나. 디지털 교환기의 도입

아나로그 스위치와 디지털 스위치간의 경제성을 비교하여 보면 Group Selector, Relay Set, Cable 및 ducting 에서 약20% 이상의 비용이 절감된다고 한다.

현재 우리나라에서 농어촌 교환기로 도입하는 디지털 교환기는 AXE-10 방식으로서 Ericsson 사와 STA 가 공동 출자하여 세운 ELLEMEL 사에서 개발하여 1970년대 초부터 사용되고 있다.

현재는 Ericsson 사와 TELI (STA 의 생산부 소유인 회사)에서 같이 생산하고 있으며, subscriber stage 도 완전 디지털화 되어있어 모국교환기용 (Parent exchange), 원격교환기용 (Remote stage) 및 Container 실장용으로 사용되고 있다.

또한 디지털교환기는 일정도시내의 중계교환기 (Tandem exchange) 로서 설치되고 있는데 예를 들어보면 파리 중심지의 Tuileries 전화국 (지하전화국)의 경우 Zone Center 시설로 운용되고 있다.

본 센터에는 8개의 E10 방식의 디지털 교환기 unit 가 설치되어 상호 연결되어 있는데 4개의 incoming unit 와 4개의 outgoing unit 로 되어 있다

Local Zone Center 의 구성은 2개의 Train basis (Incoming module, Outgoing module) 로 되어 있어 파리시내의 각 전화국의 용화량을 증

개하고 있는데 시설용량은 다음과 같다.

- 용량 : 8,640 Incoming junction
8,640 Outgoing junction
- 용화량 : 각각 4,500Erl.

다. 전송로의 디지털화

통신망 현대화에 있어 또 다른 하나의 요소는 SPC 교환기 이전에 디지털 전송로를 도입하는 것이다.

모든 교환시설이 디지털화 될때 전송로도 디지털화 되어야하며, 이를 위한 장비로서 PCM 방식의 도입이 불가피한바 이점은 다음과 같다.

- (1) 전송품질의 향상
- (2) 경제적인 시설비
- (3) 적은 공사비
- (4) 기존 전송로의 용량 증가

다시 말해서, 전화국간의 pair cable 용량을 높이기 위하여 PCM 방식이 도입되었고 현재 많은 pair cable 의 FDM 시설이 PCM 으로 대체되고 있다.

스웨덴에서는 2M bits/s 이상으로 bit rate 를 높이기 위하여 디지털 M/W 시스템을 도입하고 있다. 통상 pair cable 에 PCM 시설을 운용할때 가장 중요하게 발생하는 문제는 근단누화 (Near end cross talk) 이다.

현재 PCM 용 케이블은 100% 수용하도록 개발되어 있는데 스웨덴에서 사용하고 있는 케이블을 소개하면 표 2와 같다.

구분	Cable 1	Cable 2	Cable 3
형식	Quad	Pairs	Screened
구분	0.5	0.7 1.0	0.5 0.75 0.9 1.2
구분	PE	PE	PE
구분	2.4km	2.0km	2.4km 이하 내용
구분	100%	100%	100%

표 2 PCM 케이블

또한 광통신 (Optical fibers) 시설이 급속히 개발되고 있는데 유럽에서 광통신에 관한 첫회의가

1975년에 런던에서 개최된 이래 first window 는 현재 운용중이거나 운용 개시되어 있고 곧 상용 공급 될 것이다.

방식별	회선수
FT 3	672 회선
FT 3C	1,344 "

실제 사용 예를 보면

불란서 Tuileries 전화국 (파리 중심지의 대형지하전화국)의 경우 trunk 에 PHARAON M/W 가 사용되

고 있다. (Routing micro-wave platforms for digital operation networks)

그리고 Tuileries국과 Philippe Auguste 국 (국간거리7Km 사이에는 시설용량이 60 optical fibers (14,400회선)의 광통신 시설이 운용되고 있다. 결과적으로 전송로의 디지털화를 위하여 STA에서 소개하고 있는 시설의 운용 기준 (Transmission media applications)은 표3과 같다.

Digit rate M bit/s	2,048	8,448	34,368	139,264	565
Digital Multiplex용 위한 光纤路数	30	120	480	1,920	7,680
Pair Cable	x				
Small Coaxial Cable		x	x	x	
Normal Coaxial Cable			x	x	x
Radio Link 11 GHz		x	x	x	
Wave Guide 30-120 GHz				x	x
Optical Wave Guides		x	x	x	x

표3 Transmission Media Applications

이와같이 국간중계 전송로에 PCM 시설을 도입 시킬 때로서 일정거리 이상에서는 경제적인 후자가 가능하고 결과적으로 디지털 network가 아날로그 network보다 1회선당 비용이 약25% 감소하는 것이다.

특히 가입자 선로의 1차선로(Feeder cable)와 국간중계시설에서 크게 비용이 절감된다고 분석하고 있다.

라. 가입자 선로측의 디지털화

2,000 가입자가 아날로그 방식으로 전화국에 연결될 때에는 (그림5)와 같이 전화국에서 케이블본네 cabinet까지는 2,000P의 1차 케이블이 필요하고 거기에서 가입자측까지는 200P 케이블10초의 2차 케이블이 필요하다. 그러나 PCM 시설이나 RSS (Remote Subscriber Switch)를 사용하게 되면 1차 케이블 (Feeder cable) 엄청나게 감소한다.

예를들어 PCM 시설을 사용하는 경우(그림6)과 같이 20P 케이블로도 가능하므로 장차 가입자 선로측의 디지털화를 추진해야 한다.

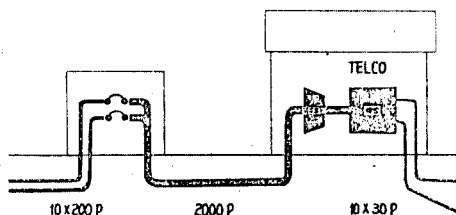


Fig5 加入者 總機側의 構造

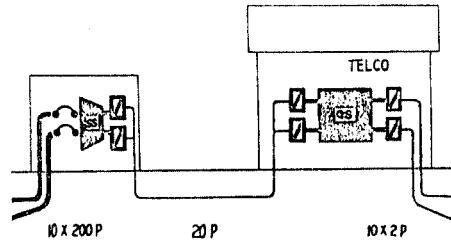


Fig6 디지털화後의 構造

4. 통신망 현대화의 전략

가. 전략의 기본방향

아무리 디지털화가 경제적이라 하더라도 전송신망을 일시에 디지털화 시키는 것은 불가능한데 이것은 막대한 초기투자비가 소요되기 때문이다. 따라서 디지털화는 대부분의 나라에서 20-40년에 걸쳐 추진할 것으로 보고 있다.

따라서 디지털화의 전략은 현재 통신망이 어떤 상태인가에 따라서 나라마다 다를 수 있으며 자본회수가 최대가 되는 시점에서 디지털화를 시작해야 한다.

몇가지 기본방침을 보면 다음과 같다.

- 1) 디지털화에 따른 비용 절감이 가입자 선로 및 국간 전송로에서 최대로 이루어진다는 점에서 보면 디지털화는 대도시(Metropolitan) 및 도시지역부터 시작하는 것이 옳다.
- 2) 기존 전화국이 최대수용량에 도달 했거나 국사의 증축없이는 증설이 불가능한 경우, 기존구 시설을 대체해야 한다. 이때, 보다 용량이 크고 작은 용적의 디지털 교환기로 대체한다.
- 3) 기존 구 시설이 특별히 노후되었거나 서비스 수준을 유지하는데 많은 비용이 소요되는 경우 디지털 교환기로 대체 한다.
- 4) 초기에 디지털화를 할만큼의 가입자와 용화량이 되는 경우에는 기존 아날로그 교환기를 증설하기보다는 디지털 교환기의 remote subscriber switch를 이용하여 시설할 수 있다.

나. 디지털화의 단계

이상에서 살펴본 바와같이 통신망을 디지털화하기 위하여는 여러가지 요소를 신중히 검사하여 최적계획을 수립해야 하는바 일반적인 단계를 다음과 같이 설명할 수 있다.

- 1) 대도시에서 디지털 tandem 교환기(Digital Tandem Exchange)를 도입하여 디지털화를 시작하여 아날로그 방식의 tandem 교환기를 제거할 수 있다.

(그림7및 그림8참조)

2) 신설국은 디지털 방식을 공급하여 랜덤국과 기존 시내국에 연결할수 있다. (그림9참조)

3) 아나로그 방식의 전화국간의 직통 회선은 디지털 랜덤 교환기를 경유하여 구성한다. (그림10참조)

4) 아나로그 교환기 지역내의 증설은 remote subscriber switch를 공급하여 랜덤 교환기에 연결한다. (그림 11참조)

5) 아나로그 방식이 디지털방식으로 대체됨에 따라 남게되는 PCM 단국시설은 재 사용한다.

Fig 10 Tandem 交換機에의론 直通루트 構成

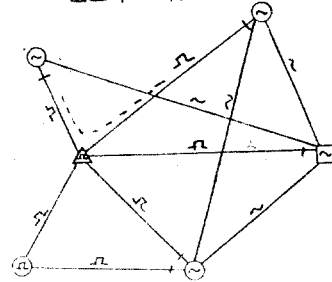
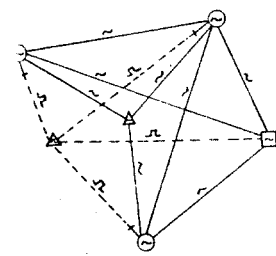


Fig 7 Digital Tandem의 導入



~ 아나로그
나 디지털

Fig 11 아나로그국 地域內의 增設 (RSS利用)

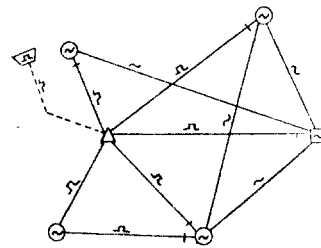


Fig 8 Analog Tandem의 除去

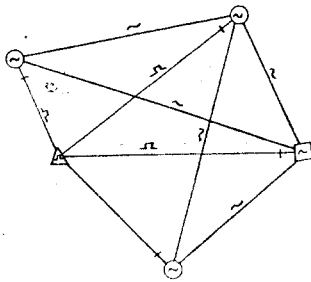
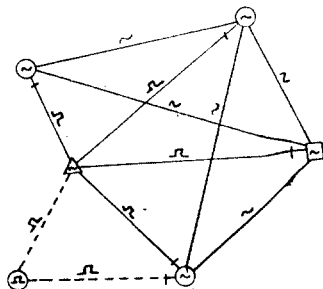


Fig 9 舊設備의 新設設備



다. 점진적인 대체 (Replacement)

다음에는 기존 아나로그 network 에서 디지털 network 로 전환하는 문제인데 이를 의하여는 재원문제, 대체대상, 대체물량, 시행시간및 시행방법등을 고려해야하는데 주요내용을 보면 다음과같이 설명할 수 있다.

1) 대체대상 검토

최초로 교환시설을 신기종 (TDM, 혹은 SDM, ESS) 으로 대체할 때는 여러가지 문제를 검토하게된다.

시행기간을 30-40년으로 (스웨덴의 경우) 보기 때문에 그동안에 많은 기계식 (old exchanges) 이 계속 증설될 것이다.

따라서 가장 오래되고 노후된 시설을 조기 대체 후속 하고 비교적 최근에 설치된 시설도 철거, 대체 하게 된다.

이것은 후반기에 대체될 전화국의 시설을 존속 시키면서 여기에 재활용하기 위한 것이다.

이러한 방법으로 시행하면 구 방식의 신규생산은 조기에 중지할수 있다. 우리나라의 경우 기계식을 철거하고 SDM 방식 (M10CN 또는 NO.1A 교환기) 을 대체 시설하게 되는데 기계식 철거대상은 기계식으로 국사 종만국이며 철거된 기계식은 대부분 농어촌 지역에 재활용될 예정이다.

2) 대체물량

우리공사에서 5차 5개년 기간중 기계식 절거계획은 다음과 같다.

년도별	82	83	84	85	86	계
절거량	58	55	79	93	11	300

한편 스웨덴의 전화시설 현황과 대체계획을 보면 다음과 같다.

A. 전화 시설 현황 (82~86년 현황)

기종별	전화국수	시설수
AGF	114	2,250,000
X-Bar	2,620	3,290,000
X-Bar (Rural)	4,027	390,000
AXE	12	150,000
계	6,773	6,080,000

B. 기계식 대체계획 (STA 제공)

單位 1,000回線

機 種 別	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	計
AGF機台	31	166	158	150	149	147	861
X-Bar機台	54	30	78	106	117	120	504
AXE-10機台	145	196	236	255	266	267	1,365

스웨덴의 기계식 대체계획을 추진함에 있어 AGF는 절거량의 10~20%를, X-Bar는 80% 정도를 재활용 예정이며 1995년까지 전 시설의 50%까지 AXE로 대체할 것이라고 한다.

또한 스웨덴에서는 Kalmar 지역을 1차적으로 AXE 교환기로 대체할 지역으로 선정 하였는데 그 이유는 다음과 같다.

- (1) 기존 교환시설의 대부분이 재활용 할수 있을 만큼 양호하고,
- (2) 기존 전화국사가 새로이 AXE 시설을 할만큼 충분한 여유면적을 가지고 있다.

이상은 STA의 Network Optimization Office의 실장인 Stig Gunnarsson 으로부터 확인하였는 바 우리공사의 대체계획과 관련하여 참고로 삼만한 점이다.

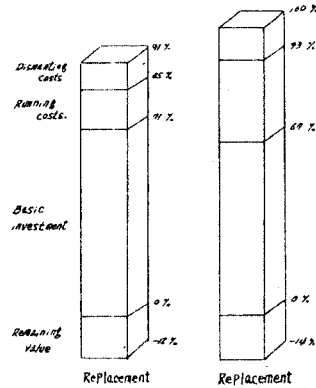
3) 시행 시기

기존 step by step 교환기를 1981년에 디지털 교환기로 대체하는 경우와 1985년까지 step by step 방식을 증설하다가 대체하는 경우 다음과 같은 조건을 적용하여 투자비를 비교 검토 하면 그림12와 같다

- 동일지역
- Trunk 의 20%는 PCM 시설
- 연간 증가율 7%
- 년 이자율 10%
- 전송로의 증설은 완전 PCM 시설

- 유지보수 비용은 디지털 (AXE 10) 의 경우 step by step 방식에 비해 약 70%
- Routing 이나 building 이점은 고려치 않음

Fig.12 代替時期에 따른 經濟性檢討



이러한 조건을 적용하여 검토한 결과 초기대체하는 것이 약 7% 경제적(1981년 현재 가격 적용)인데 주원인은 4년간 증설차제 가격이 저렴하기 때문이다.

따라서 이러한 검토 결과에 영향을 미치는 요인은

- 성장율 (Growth rate)
- 자재 개발비 및 년이자율로 분석되므로 결국 성장율이 높고 이자율이 낮을 때는 더욱 초기대체가 유리하다고 분석하고 있다.

4) 시행 방법

기존 시설을 디지털방식으로의 대체는 원칙적으로 다음 두과정을 거쳐 진행된다.

(A) Soft conversion method

새로운 SPC 교환기로의 전환은 매우 제한된 계획에 따라 이루어지게 되는데 이를 Columbus method 라고도 한다.

신 교환기를 시설하여 상당 기간 운용하면서 가입자를 단계별로 하나하나 수용해가는 첫단계방법이다. 스웨덴의 경우 연결하는 동안 STA 본사의 공공회사에서 공동으로 해결해야할 많은 문제가 발생하였다고 한다.

(B) Direct conversion method

초기의 문제점을 해결하고 상당한 경험을 얻어 신 교환기를 설치 후 짧은 기간에 직접 전환하는 방법이다. 이때 대체용 물자를 다른 곳에서 다시 사용할 수 있다.

스웨덴 칼마지역의 경우 soft conversion method 를 사용함으로써 약 1백만 SKr (120백만원) 가 추가비용으로 소요되었다고 한다.

라. 디지털 통신망의 확대

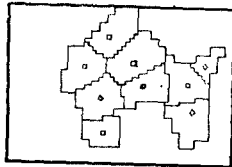
점차적으로 디지털화를 확대하기 위하여는 RSS 및 concentrator 가 local 증설용으로 사용된다.

이때 모국 교환기와 원격 교환기간에는 기존 케이블을 이용하여 PCM 화가 가능하므로 cost minimization 을 위한 network planning 이 될수 있다.

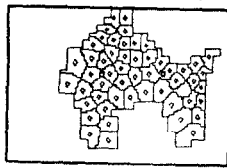
과거의 전통적인 망계획 방법과 각종 concentrator 를 사용하여 디지털 통신망을 확대하기 위한 최근의 망계획방법을 비교하면 그림 13과 같다.

Fig 13 網計劃의变化

Traditional planning

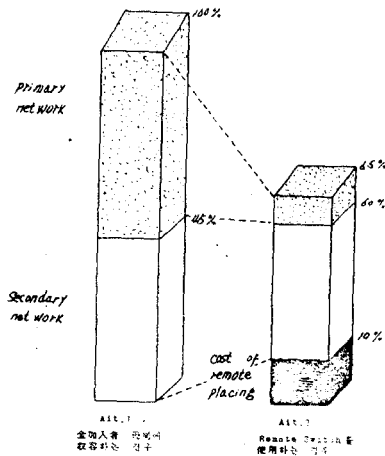


Planning with concentrators



이때 과거 전통적인 계획 방법에 의하여 전 가입자가 모국에 수용하는 경우와 remote switch 를 이용하는 최신망 계획 방법의 경우 투자비를 비교하면 그림 14과 같다.

Fig 14 經濟性檢査



즉 remote switch 를 사용하는 경우 약 35% 비용이 감소된다.

실례로, 스웨덴의 Kalmar 전화국의 경우를 보면 외곽에 위치한 Smedby 라는 곳에 RSS 를 설치하였다. Smedby 지역은 과거 10년간 급속한 팽창지역이며, 기존 X-Bar 교환기는 1981년 중반기에 1,500회선으로 총국 용량에 도달되어 있다.

또한 국사면석이 협소하여 증설이 불가능하여 이동용 X-Bar 500 회선을 추가 공급중이다.

이러한 지역에 최대용량 2,048회선의 완전 디지털 방식의 remote subs unit 를 설치하였다.

따라서 X-Bar 방식의 기존 교환기와 이동용은 절거할 예정이다.

마. 앞으로의 통신망 모형

통신망이 디지털화 함에따라 망의 계의 (network hierarchy) 가 간단하게 된다.

즉 집중국은 시내 랜덤교환기로서 이용될 것이고 디지털교환기의 용량이 크기때문에 총괄국 계의도 필요없게 될 것이다. (그림15 및 16참조)

Fig 15 従来の通信網構造

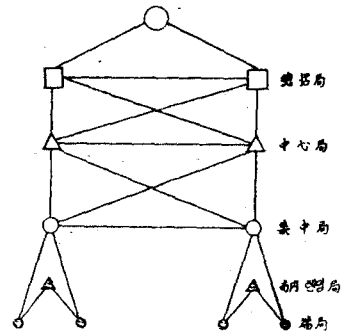
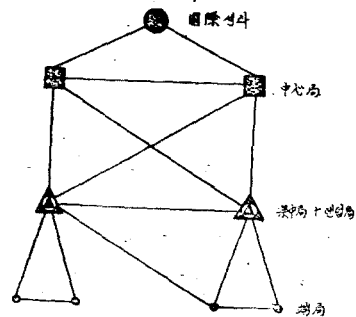


Fig 16 次世代通信網構造

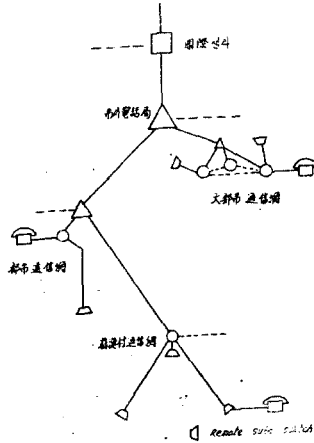


그리고 완전 디지털 통신망이 되면 대도시에서는 교환기의 수가 감소하게 된다.

이는 교환기 자체의 용량이 커지는데 remote subs switch 를 사용하기 때문이다.

또한 기존 소용량 교환기는 remote subs switch 로서 대체되고 이것이 대용량 디지털 교환기에 연결되는데 이러한 추세는 도시나 농어촌 지역을 불문하고 일어날 것이다. (그림 17참조)

Fig. 17 디지털 통신망의 확대



5. 결론

이와같이 디지털 통신망이 완성되었을때 구성상의 특성을 보면 집합 전송로 및 스위치가 시설되고 Remote subs switch 가 확대이용되며, 복합교환기(local+tandem+transit)의 공급이 늘어날 것이다.

결과적으로 장래 통신망은 다음과같이 변화될 것이다.

- (1) 가입자 회선당 투자비의 저하
- (2) 통신망에서 계외수의 감소
- (3) 순수 Tandem 교환기의 감소
- (4) 교환기의 대용량화
- (5) 가입구역의 확대

따라서 앞으로 통신망의 개발 방향은

- 광통신 설비의 이용이 증가하고
- PCM 시설이 고도로 이용될 것이며
- 새로운 루팅전략(Dynamic routing)이 개발되어
- ISDN (Integrated Services Digital Network)을 목표로 급속히 추진될 것이다.