

〈主 題〉

공학적 원가분석을 위한 교환/전송망 투자비 산출 모형

송석재 · 장석권\* · 전용수\*

(한국전자통신연구원, 한양대학교 경영학부\*)

□차 례□

- |                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| I. 서 론                    | IV. 모형 실행의 결과 및 해석 |
| II. 루팅방식에 따른 교환/전송망 비용 구성 | V. 모형의 응용가능성 및 한계  |
| III. 모형의 개발               |                    |

I. 서 론

전화망은 교환시설과 더불어 가입자망 및 국간 전송로 등 많은 설비와 이를 수용하는 건물 및 토지, 그리고 운영에 필요한 인력 등으로 구성된다. 이러한 전화망의 투자비를 추정하는 것은 매우 어려운 일인데, 이는 전화망이 직접적인 설비 이외에도 막대한 기반투자를 필요로 하며, 장기간에 걸친 지속적인 투자가 이루어지기 때문에 비용요소의 가격이 변화하기 때문이다. 또한, 공급물량에 따라서 비용함수가 달라지는 등의 문제도 종합적으로 고려하여야 한다.

지금까지는 대부분의 국가에서 통신사업이 국가 독점의 형태로 이루어져 왔기 때문에, 전화망 비용은 원가보상의 차원에서 회계적으로 추정하여왔다. 이렇게 추정된 비용은 독점하에서 총체적인 서비스 가격 수준의 결정과 통제에 사용되어 왔으나, 통신산업의 환경이 다사업자간 경쟁 환경으로 변화함에 따라 새로운 투자비 산출 방법의 필요성이 대두되고 있다. 다수의 사업자들이 상호접속을 통하여 서비스를 제공하게 되면서 사업자들 사이의 접속료 산정의 기준으로 망의 구성 및 운용에 소요되는 비용을 정확히 추정할 필요성이 생기게 된 것이다.

미국의 경우 1984년말 현재 전체 통신사업자의 매출액 약 1,840억 달러 가운데 접속서비스의 매출액이

약 347억 달러로 19% 정도를 차지하고 있으며, 이는 832억 달러에 달하는 장거리 통신 사업자 총 매출액의 약 42%에 해당하는 규모이므로 접속료 정산이 사업자들에게 매우 민감한 문제가 되는 것이다.

특히 세계 통신시장을 주도하고 있는 미국이 1996년의 통신법 개정에 따라 장기증분원가(Total Element Long-Run Incremental Cost)에 의한 접속료 산정 방식을 도입하고, 영국도 상호접속요금 산정의 기초가 되는 비용을 증분비용으로 하는 것을 검토함에 따라 전화망의 구성과 운용에 소요되는 비용에 대한 정확한 추정의 필요성이 더욱 높아가고 있다.

장기증분원가를 계산하기 위한 노력의 결과로 미국에서는 Benchmark Cost Proxy Model (BCPM), Hatfield Model 등이 제안되고 있으며, 영국에서도 Top-down/Bottom-up 접근법에 의한 망 비용 추정 시도되고 있다.

이러한 환경변화에 대응하기 위하여 본 연구에서는 전화망 구성에 소요되는 비용 추정을 위한 모형의 일부로 교환/전송 부문의 투자비 산출 모형을 개발하였다. 이 글에서는 모형의 구성에 대한 설명과 더불어 모의실험 결과를 보이고 있는데, 전화망에서 교환/전송망 구축에 소요되는 비용과 망의 구조가 루팅방식에 따라 크게 달라지는 것을 보여주고 있다.

### I. 루팅방식에 따른 교환/전송망 비용 구성

전화망의 소통능력은 이용자의 욕구충족이라는 서비스개선 차원뿐만 아니라 사업자의 수익증대에도 직접적인 관계가 있다. 전화회선의 통화에 의한수입은 통화완료율<sup>1)</sup> 1% 증가시 약 270억원의 수입증대 효과를 가져온다고 분석되고 있다.

한국통신의 경우에 통화완료율을 높이기 위하여 국간중계회선의 트래픽 측정을 월1회 실시하고 국간호에 대한 정밀진단을 반기 1회 실시하여 회선이 부족한 구간이 없도록 노력하고 있다 [5]. 또한 망관리를 위하여 국간중계회선 종합관리시스템 (TRUMAN: Trunk Management System)을 개발하여 현재 운용하고 있으며, 이는 다음과 같은 기능을 수행하고 있다.

- 전국에 있는 전화국의 시설 및 회선관리등과 관련된 업무를 온라인으로 처리
- 전국의 시내외 국간중계회선, 전용회선, 관련시설 등에 대한 현황을 DB로 구축
- 회선수요 예측, 설비계획, 회선현황관리, 고장관리 등의 관련 업무를 종합 전산화

전화망은 교환기를 중심으로 볼 때, 가입자와 연결되는 가입자망과 다른 교환기와의 연결을 위한 교환/전송망으로 나눌 수 있다. 교환/전송망은 트래픽을 전송하는 방법, 즉 루팅방식에 따라서 다르게 구성될 수 있는데, 우리나라 대도시에서는 아날로그 교환기종에 대해서는 착신텐덤 방식을, 디지털 교환기에 대해서는 이중발신텐덤 방식을 적용하고 있다.

트래픽을 처리하는 방법인 루팅방식이 변경될 경우 중계회선의 트래픽도 변경되어 망 전체의 회선구성 및 비용에도 변화를 주게 된다. 전화망의 비용을 구성하는 요소들 가운데에서 교환과 전송에 소요되는 비용을 구성하는 항목은 다음과 같다.

#### 2.1 교환 관련 비용

교환과 관련된 비용은 교환장비, 국사, 전원설비, 부지 등이 있다. 교환장비의 비용은 회선수, 전송종단장치(junction termination), 트래픽 수요 등의 함수로 표현될 수 있다. 국사와 전원설비, 부지 등의 비용과 더불어 교환장비의 비용은 교환기종에 따라서 달라지

게 되는데 교환관련 비용은 전체 네트워크 비용의 약 20% 내외를 차지한다.

#### 2.2 전송 관련 비용

전송과 관련된 비용은 전송회선과 더불어 단국장치, 다중화장치, 반송장치, 중계장치 등 전송장비의 종류와 성능에 영향을 받으며, 전송로 설치를 위한 지하 및 가공시설 등의 비용도 포함될 수 있다. 전송과 관련된 직접적인 비용은 교환기의 위치, 각 교환기 쌍 사이의 전송 수요, 전송장비의 가격의 함수로 결정되는데, 전송장비의 가격은 전송회선의 길이와 용량의 함수로 나타나게 된다.

### III. 모형의 개발

#### 3.1 교환/전송 비용 모형

본 연구 모형에서 교환에 소요되는 비용은 교환기의 설치와 전송망을 연결하는데 필요한 비용만을 고려하도록 하였으며, 가입자망을 구성하는데 소요되는 비용은 제외하였다.<sup>2)</sup> 따라서 교환 관련 비용의 모형은 다음과 같이 표현된다.

$$Cost_{EX} = \text{교환시스템의 고정비} + \text{전송종단장치당 비용} \times \text{전송종단장치 수} \quad \dots (\text{식 1})$$

전송에 관련된 비용은 전송로 양측의 시스템에 따라서 다르게 계산되어야 하는데, 이는 같은 전송수단(ex. 광케이블)을 사용한다고 하여도 시스템에 따라서 다른 장비를 이용하여 구성이 되기 때문이다. 이때에도 비용함수는 전송시스템 설치의 고정비와 전송단위당 발생하는 변동비의 형태로 표현될 수 있다. 전송회선을 설치하기 위한 지하 또는 가공시설물의 비용은 지형적 여건에 따라 크게 차이가 나므로 별도로 고려하기로 한다. 따라서 전송 관련 비용의 모형은 다음과 같이 표현된다.

$$Cost_{TR} = \text{전송시스템의 고정비} + \text{전송장치 단위당 비용} \times \text{전송장치 수} \quad \dots (\text{식 2})$$

교환과 전송에 소요되는 비용의 모형을 결합하면

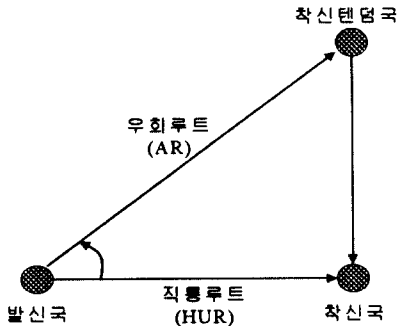
1) 전자교환기에서 처리된 호를 대상으로 통화를 시도한 총 발신호(첫번째 디지털 인시한 호)에 대한 상대방입자의 응답호의 비율  
 2) 가입자망 구성 관련 비용 모형은 별도의 논문 참조.

교환/전송의 비용을 다음과 같이 단순하게 모형화 할 수 있다.

$$Cost_{Total} = Cost_{EX} + Cost_{TR} \quad \dots (식 3)$$

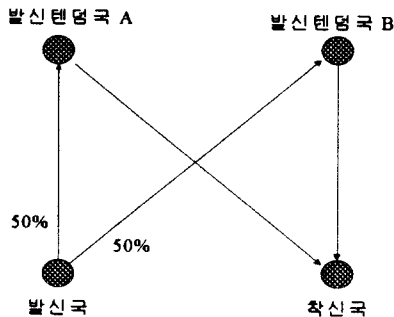
3.2 루팅방식에 따른 트래픽의 처리

각 교환기쌍에 대하여 트래픽의 처리는 루팅방법에 따라서 다르게 이루어진다. 기본적으로 직통루트(direct route)만을 이용하는 방법도 있으나, 착신텐덤 방식, 착발신텐덤방식, 이중발신텐덤방식 등 여러 가지 루팅방법이 개발되어 있다. 우리나라 대도시 전화망에서 사용하고 있는 착신텐덤방식과 이중발신텐덤방식에 대하여 살펴보면 다음과 같다.



<그림 1> 착신텐덤방식

착신텐덤 방식의 경우 모든 단국이 mesh형태로 연결되어 있는데, 이들 국간 직통루트(High Usage Route : HUR)에서 처리되지 못한 호(overflow traffic)는 텐덤국을 경유하는 우회루트(Alternate Route : AR)을 통하여 연결되게 된다. 트래픽이 AR에서도 처리되지 못하면 호가 거부되는데, 이때 AR에서의 blocking rate가 GOS(grade of service)가 된다.



<그림 2> 이중발신텐덤방식

이중발신텐덤 방식의 경우 단국간 직통루트는 사용하지 않으며, 모든 트래픽은 두 개의 텐덤국으로 분산된 다음 텐덤국에서 착신국으로 연결된 루트를 통하여 전달된다. 이는 텐덤국으로 트래픽을 집중시킴으로써 전송회선의 효율을 높이기 위한 루팅방법이다. 따라서 망의 형태도 단국에서의 up-link는 두 개의 텐덤국으로만 연결되어 있으며, 텐덤국에서 모든 단국으로의 down-link는 mesh형태로 연결되어 망을 구성하게 된다.

3.3 회선수의 계산

GOS를 보장하기 위한 회선수는 Erlang-B 공식에 의하여 계산된다. 즉, 각 교환기에 주어진 트래픽을 미리 설정된 루팅방법에 따라서 분배하고, 네트워크 전체에 대한 point-to-point 트래픽이 계산되지 않으면, 각 트래픽은 주어진 GOS를 고려하여 Erlang-B 공식에 의하여 회선수로 환산된다.

본 연구에서 텐덤국은 가입자를 수용하지 않는 것으로 가정하여 자체적인 트래픽이 없다. 즉, 텐덤국의 트래픽은 단국에서 overflow된 트래픽의 합이 된다. 따라서 단국에서 발생한 트래픽들을 루팅방식을 적용하여 모두 분산시킨 다음에야 텐덤국의 트래픽을 산출할 수 있다.

3.4 연결도(Connectivity)의 계산

일반적으로 네트워크의 연결도는 네트워크의 신뢰성(reliability) 또는 안정성(stability)의 척도가 되며, 이는 node connectivity와 arc connectivity로 정의될 수 있다 [3].

그러나 본 연구에서는 주요 기술요인의 변화에 따라 네트워크의 구성에 어떤 변화가 생기는지를 단순히 살펴보고자 한다. 이를 위하여 전체 네트워크에 대하여 논리적 전송루트의 수를 교환기의 수와 비교하는 방법을 사용한다. 본 연구에서 정의한 네트워크 연결도는 다음과 같다.

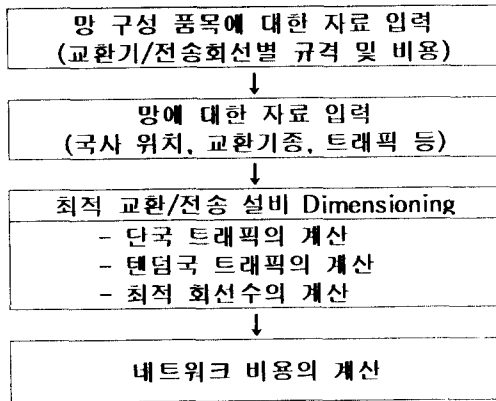
$$Con = \frac{\text{네트워크 내의 링크 수} \times 2}{\text{네트워크 내의 교환기 수}}$$

..... (식 4)

설비망에서 연결도의 증대는 일반적으로 고장시 우회로의 확보를 쉽게하는 장점이 있다. 그러나 교환기당 논리적 전송루트의 증가는 전송로 관리비용을 증대시키는 요인이 되기도 한다.

### 3.5 시뮬레이션 모형의 구성

프로그램은 자료를 입력하는 부분과 교환/전송 설비의 최적화를 위한 계산 부분 및 결과를 출력하는 부분으로 구성되어 있다. 각 모듈의 명칭 및 실행순서는 <그림 3>과 같다. 앞 모듈의 실행 결과가 다음 모듈의 입력이 되므로 각 모듈은 순서대로 실행되며, 입력된 자료는 별도의 file로 저장된다.



<그림 3> 모형의 구성

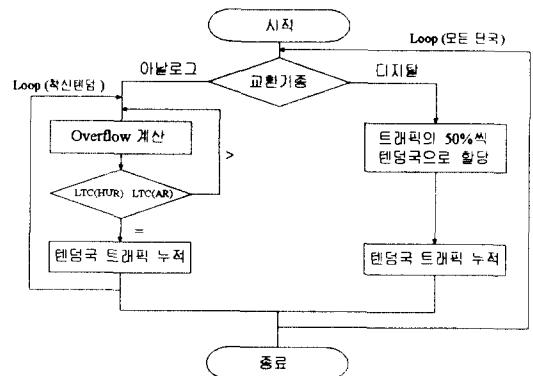
교환기의 특성을 입력하는 부분에서는 교환기의 방식이 아날로그인지 디지털인지 여부를 입력하여야 하며, 아날로그 교환기종의 경우 착신텨덤방식을, 디지털 교환기종의 경우 이중발신텨덤방식을 사용하도록 자동적으로 설정된다. 교환에 소요되는 비용을 계산하기 위하여 교환기의 설치시 고정비와 중계회선 증설단위당 변동비를 입력받는데, 중계회선의 증설은 회선 단위가 아닌 전송중단장치 단위로 이루어지므로 몇 개의 회선을 하나의 증설단위로 삼는지도 입력받는다. 이렇게 입력된 자료는 (식 1)의 회귀식을 이용하여 교환기 관련 비용을 추정하는데 사용된다.

전송회선은 양측의 교환기종에 따라 다른 장비를

이용하여 구성되므로, 본 연구에서는 입력된 교환기종들 사이에 연결가능한 모든 경우의 수에 대하여 전송회선 관련 자료를 다르게 입력할 수 있도록 하였다. 각 전송회선 구성에 대한 비용 추정은 구성시 고정비와 거리당 비용을 이용하여 (식 2)의 회귀식을 이용하여 수행하도록 하였다. 전송회선 구성의 단위를 회선수로 입력받도록 하였으므로, T1 전송로의 경우 24회선을 구성단위로 입력하면 된다.

망에 대한 자료는 전화국의 이름과 위치를 입력받은 후 각 전화국에 설치된 교환기의 종류와 텨덤교환기로의 사용여부를 입력받게 된다. 텨덤 교환기가 아닌 모든 단국은 자국 착신호를 중계할 착신텨덤국을 지정하여야 하며, 단국교환기가 디지털 교환기일 경우 두 개의 발신텨덤국도 지정하게 된다. 트래픽은 각 단국교환기별로 추정된 트래픽을 입력하게 되는데, 텨덤교환기로 지정된 교환기는 자체적인 트래픽 발생이 없으므로 착발신 트래픽을 모두 입력받지 않는다.<sup>3)</sup>

자료가 준비되면 모든 단국에서 발생하는 트래픽을 루팅방식에 따라 최적화과정을 통하여 루트별로 분배하게 된다. 즉, 착신텨덤방식의 경우 단국의 트래픽이 HUR과 AR로 나누어지게 되며, 이중발신텨덤방식의 경우 단국의 트래픽은 두 발신텨덤과의 연결루트로 나누어진다. 또한 트래픽이 전송되는 물리적 루트는 설비망내에서 계산된 최단거리를 이용하여 전송되도록 하였다.



<그림 4> 회선용량 최적화 과정의 순서도

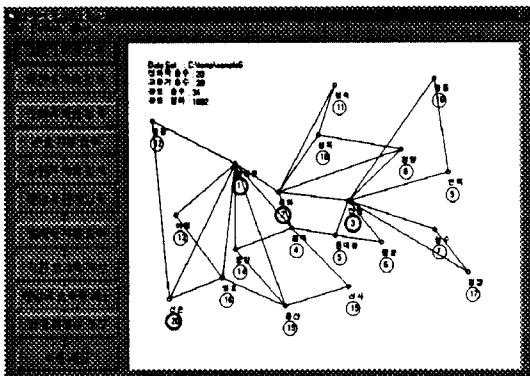
3) 본 연구에서는 단국-텨덤국 관계가 이미 지정되어 있으며, 국간 트래픽에 대한 자료가 존재하는 방안을 가정하고 있다. 그러나 향후 단국-텨덤국 관계의 최적화나 국간 트래픽의 추정을 위한 연구가 추가로 이루어질 경우 모형에 반영할 수 있을 것이다.

회선용량 최적화 과정의 순서도는 <그림 4>와 같다. 착신텐덤방식을 사용하는 아날로그 교환기의 경우 HUR과 AR의 LTC(Last Trunk Capacity)가 같아 지도록 하였으며, 회선용량 최적화는 단국들을 착신텐덤 기준으로 분류하여 실시한다. 이중발신텐덤방식을 사용하는 디지털 교환기의 경우에는 단국의 트래픽이 두 개의 텐덤교환기에 단순히 50%씩 나누어지게 된다.

단국에서의 회선용량 최적화가 끝나면 텐덤국에서의 트래픽은 해당 텐덤국으로 중계되는 트래픽의 합으로 나타나게 된다.

이상의 과정을 거쳐서 모든 교환기에서의 트래픽 계산이 완료되면, GOS를 고려하여 각 교환기들 사이에 필요한 회선수의 계산이 가능하게 된다. 각 교환기에 대한 회선수가 계산되어 나오면, 교환기의 전송중단장치 증설단위와 전송회선의 구성단위를 감안하여 네트워크 전체의 비용이 계산되어 나오고, 네트워크 전체의 연결도 역시 (식 4)에 의하여 계산된다.

<그림 5>는 완성된 프로그램의 실행 화면이며, Windows 95가 설치된 PC에서 수행된다. 각 모듈에 해당하는 단추들이 실행순서대로 배열되어 있으며, 이를 click하면 입력 및 출력을 위한 대화상자가 window형태로 나타나므로 사용자가 편리하게 실행할 수 있도록 구성하였다.



<그림 5> 프로그램 실행 화면

#### IV. 모형 실행의 결과 및 해석

##### 4.1 모형의 가정

전화망을 재구성할 경우 구조와 비용의 변화를 분석하기 위하여 다음과 같은 가정을 둔다.

- 전화국의 위치는 변경되지 않으며, 새로운 전화국의 건설이나 기존 전화국의 폐쇄는 없다.
- 단국교환기별 텐덤교환기는 주어진 것으로 가정한다.
- 국간 트래픽 값은 알고 있거나 추정이 가능하다.
- 기존의 관로망을 이용하여 망을 재구성하며, 국간 관로의 새로운 건설은 없다.
- 단국간 직통루트에 사용되는 전송로와 텐덤국을 거쳐가는 전송로 사이에는 고속전송 시스템의 사용에 따른 규모의 경제 효과가 나타난다.
- 전화국의 건설이나 관로망의 구성시에 소요된 토목공사 비용은 별도 과정을 통해 추정한다.

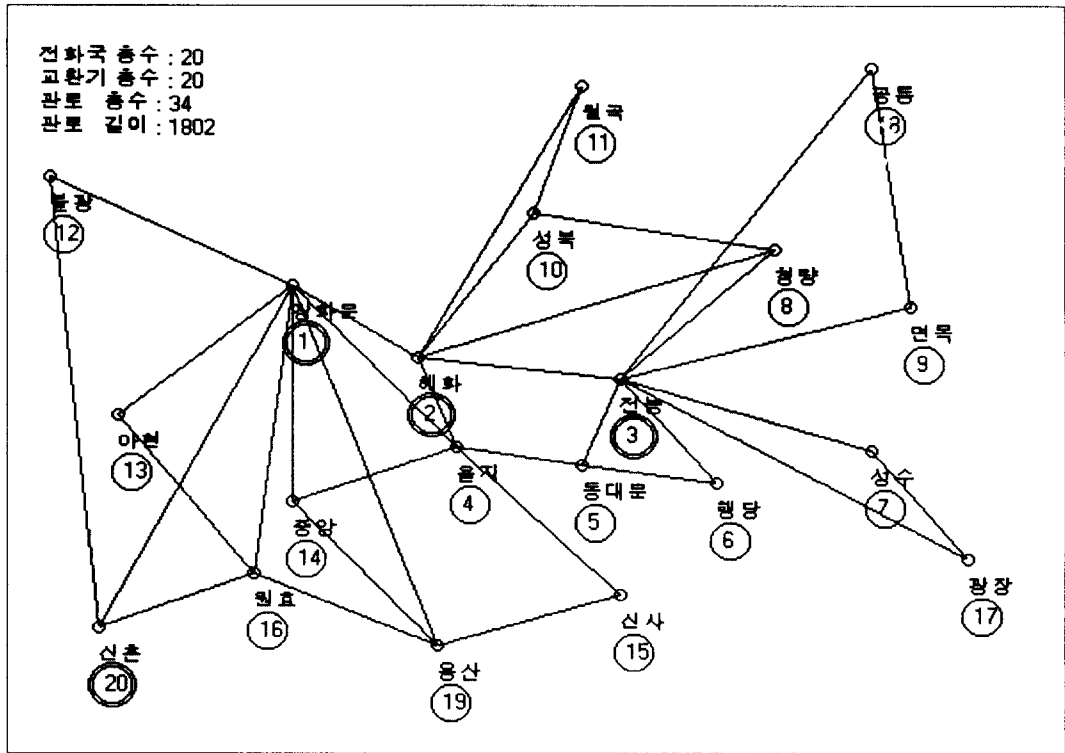
본 연구에서는 가상의 전화망을 이용하여 분석을 실시하였다. 이 망의 구조는 16개의 단국과 4개의 텐덤국이 34개의 관로로 연결되어 있는 형태이며, 서울의 시내전화망 자료를 이용하여 <그림 6>과 같이 구성하였다.

##### 4.2 모형의 실행을 위한 모수의 추정

본 연구에서는 모형의 유용성을 검증하기 위하여 단국간 통화량이 모두 10 Erlang으로 일정한 경우를 가정하여 시뮬레이션을 실시하였다. 이 경우 통화량의 분포가 네트워크 구조에 미치는 영향을 배제할 수 있으므로, 루팅방식의 변경에 따른 네트워크 구조의 변화와 네트워크 구성 비용의 변화를 비교하는 것이 가능하다.

단국간 직통루트(HUR)와 텐덤국을 경유하는 우회루트(AR)와의 가격차이를 지수화 한 규모의 경제 계수( $e$ )의 값은 본 연구에서 다음과 같이 계산하여 산출하였다.

모형에 사용된 서울시내 20개 전화국 가운데에서 텐덤국을 제외한 16개 단국을 상호 연결하는 직통루트 240개의 평균거리를 구한 결과 13.5 Km가 나왔다. 본 연구에서는 HUR이 PCM 방식의 T1 회선으로 구성되고, AR에는 45Mbps single mode 방식의 6 core



<그림 6> 모의실험용 네트워크

광전송 회선을 사용한다고 가정하였으므로, HUR과 AR간의 용량차이는 84배가 된다.

이 경우 HUR과 AR의 비용차이를 계산하기 위하여 회선비용을 추정하면 다음과 같다. 1988년에 한국통신에서 실시한 연구결과에 의하면 84개의 T1 회선을 13.5 Km에 구성하는 비용은 약699,629천원이며, 같은 길이의 45Mbps single mode 방식의 6 core 광전송 회선을 구성하는 비용은 약151,367천원이다. T1 회선은 음성채널 24 회선에 해당하므로 각 계산 결과를 채널수로 나누면 회선당 비용은 HUR이 약347,038원, AR이 약75,083원이 된다.

그러나 AR을 구성할 때 소요되는 비용에는 텐덤교환기의 회선당 비용을 추가하여야 하므로 텐덤교환기의 종류에 따라 회선당 비용을 추정하여야 한다. 교환기의 회선당 비용은 1993년에 한국통신에서 추정된 자료를 사용하였는데, 본 연구에서 텐덤교환기로 가정한 TDX-10 교환기의 경우 회선당 물자비는 193,710원이고, 공사비는 물자비의 약10%로 추정할 수 있으므로 회선당 투자비는 213,081원이 된다. 결과적으로 AR 1회선의 비용은 288,164원이 된다. 따라서, e계수는  $347,038원 / 288,164원 = 1.20$  이 된다.

네트워크 전체의 GOS는 0.01로 정의하고 모의실험을 실시하였으며, 모의실험을 위하여 모형에 입력한 교환기와 전송로 관련 자료는 <표 1>에 요약하였다.

4) 이 값은 1988년에 추정된 전송로시설 투자비모형과 1993년에 추정된 교환기의 회선당 비용을 이용하여 작성되었으므로 실제 자료를 이용하여 계산할 경우에는 차이가 날 수 있음.

〈표 1〉 모형에 입력된 자료

(단위: 천원)

교환기 관련 자료		
기종명	M10CN	TDX-10
루팅방식	착신텐덤	이중발신텐덤
설치시 고정비	287,366	637,064
중계회선 증설단위	24 Ch	120 Ch
증설단위당 비용	206	170
전송로 관련 자료		
전송로명	T1	6Core(45M)
구성시 고정비	3,305	39,328
100m당 비용	704	830
회선 구성단위	24 Ch	2016 Ch

4.3 모의실험의 결과

16개의 단국교환기와 4개의 텐덤교환기를 가지는 전화망을 가정하여 모의실험을 실시한 결과는 다음과 같다. 네트워크 비용의 경우 결과의 비교를 쉽게 하기 위하여 단국교환기가 전부 아날로그 방식의 M10CN 교환기이고, 텐덤교환기가 디지털 방식의 TDX-10인 경우의 투자비를 100으로 설정하여 나머지 모의실험의 결과 계산된 값과 비교하도록 하였다. 이는 비용과 관련된 입력값들이 추정치에 근거한 것이어서 구체적인 절대값보다는 결과로 제시되는 값들의 변화추이가 더 의미있는 결과이기 때문이다.

첫 번째 모의실험에서는 16개 단국에 설치된 M10CN 교환기를 TDX-10으로 대체하여 가면서 차이를 비교하였으며, 그 결과는 〈표 2〉와 같다. 이 경우 e값은 모두 1.2이고, 대체의 대상이 되는 교환기는 무작위로 추출하였다.

〈표 2〉 TDX-10 설치 수 변화 결과

TDX-10 설치 수 (비율)	0 (0%)	4 (25%)	8 (50%)	12 (75%)	16 (100%)
연결도	27.4	26.5	21.2	15.8	9.6
교환비용 (백만원)	7,181	8,574	9,966	11,359	12,752
전송비용 (백만원)	28,487	31,679	27,449	20,584	11,688
총비용 (백만원)	35,668	40,253	37,415	31,943	24,440
비용비율	100	113	105	90	69

두 번째 모의실험에서는 HUR과 AR의 규모의 경제효과를 나타내는 e값에 변화가 있을 경우 투자비의 차이를 비교하였으며, 그 결과는 〈표 3〉과 같다. e값이 높을수록 AR을 구성하는 고속전송로의 규모의 경제효과가 큰 것을 의미한다. 이중발신텐덤 방식의 경우 AR을 사용하지 않으므로 모의실험에 사용된 망에서 모든 단국교환기는 착신텐덤방식을 사용하는 M10CN으로 설정하였다.

〈표 3〉 e값 변화의 결과

e값	0.5	1.2	2.0	3.0	4.0
연결도	32.0	27.4	15.4	10.1	8.7
교환비용 (백만원)	7,186	7,181	7,180	7180	7,180
전송비용 (백만원)	33,445	28,487	14,428	10,641	10,096
총비용 (백만원)	40,631	35,668	21,608	17,821	17,276
비용비율	114	100	61	50	48

마지막으로 트래픽의 증가가 망의 구성 및 비용에 미치는 영향을 분석하기 위해서, 16개 단국 교환기가 모두 M10CN일 경우와 모두 TDX-10일 경우를 설정하여 트래픽을 변화시켜 보았다. 두 경우 모두 GOS는 0.01로 설정되었다.

단국 교환기가 모두 M10CN으로 설정되어 모든 트래픽이 착신텐덤방식으로 처리될 경우의 결과는 〈표 4〉에 나타나 있다. 이때, e값은 모두 1.2로 설정하였다.

〈표 4〉 단국간 트래픽 변화 결과 (단국 교환기가 M10CN인 경우)

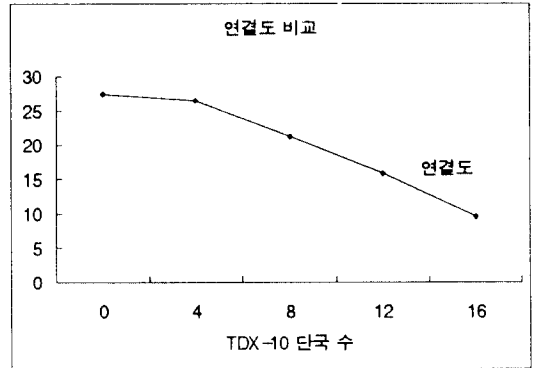
단국간 트래픽 (Erlang)	10	50	100	200	300
연결도	27.4	23.2	22.8	22.8	22.6
교환비용 (백만원)	7,181	7,277	7,393	7,620	7,846
전송비용 (백만원)	28,487	47,046	71,059	122,418	172,598
총비용 (백만원)	35,668	54,323	78,452	130,038	180,444
비용비율	100	152	220	365	506

〈표 5〉는 단국교환기가 모두 TDX-10으로 설정되어 모든 트래픽이 이중발신텐덤방식으로 처리될 경우의 결과이다.

〈표 5〉 단국간 트래픽 변화 결과  
(단국 교환기가 TDX-10인 경우)

단국간 트래픽 (Erlang)	10	50	100	200	300
연결도	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6
교환비용 (백만원)	12,752	12,780	12,817	12,884	12,954
전송비용 (백만원)	11,688	11,688	11,688	11,688	13,760
총비용 (백만원)	24,440	24,468	24,505	24,572	26,714
비용비율	69	69	69	69	75

그러나, 네트워크의 연결도는 이중발신텐덤 방식의 교환기가 증가할수록 감소하였다. 본 연구에서는 물리적인 관로망의 변화는 없는 것을 가정하였으므로 연결도의 감소는 논리적인 망의 단순화를 의미한다. 따라서, 이중발신텐덤 방식의 적용이 망 관리의 단순화에도 기여함을 알 수 있다.

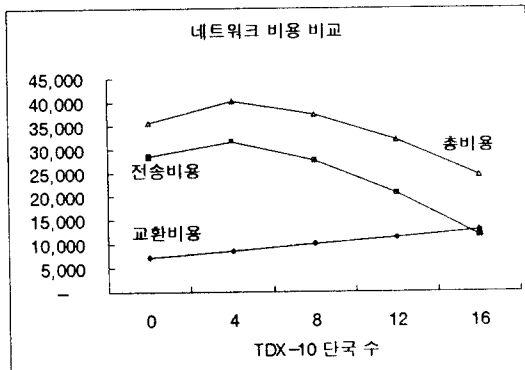


〈그림 8〉 TDX-10 단국 수 증가시 연결도

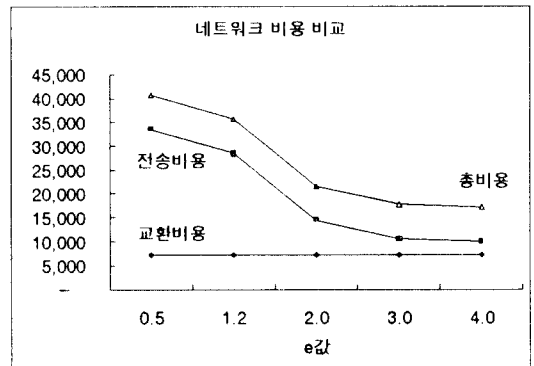
4.4 결과의 해석

모의실험 결과 착신텐덤 방식을 사용하는 교환기가 이중발신텐덤 방식의 교환기로 바뀌어감에 따라서 일시적으로 총비용의 증가가 있지만, 이중발신 텐덤 방식의 교환기로 완전히 대체될 경우 네트워크 구성비용이 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 이는 TDX-10 교환기의 수가 증가함에 따라서 교환관련 비용은 증가하지만, 단국간 직통루트인 HUR이 텐덤을 통하는 AR로 대체됨에 따라서 전송비용이 급격히 감소하는 것에 기인하는 것으로 분석된다.

e값에 변화를 준 경우 네트워크의 비용과 연결도에 많은 영향을 주는 것으로 나타났다. 모의실험의 결과 e값이 커질수록 전송비용이 크게 감소하였는데, 이는 e값이 커질수록 트래픽을 AR을 통하여 보내는 것이 경제적으로 계산되기 때문이다. 그 결과 HUR의 회선수가 감소하기 때문에 단국간 직통루트 구축에 소요되는 비용이 감소하게 된다. AR은 45M 광전송의 구축을 가정하고 있으므로 트래픽이 증가하여도 전송로수가 크게 변화하지 않으며, 그 결과 전송로 구축에 소요되는 비용이 크게 감소하는 것이다. 따라서 네트워크의 연결도 역시 줄어드는데, 이는 단국간 직통루트의 수가 감소함으로 인하여 망의 구성이 단순하게 되었음을 보여주는 결과이다.

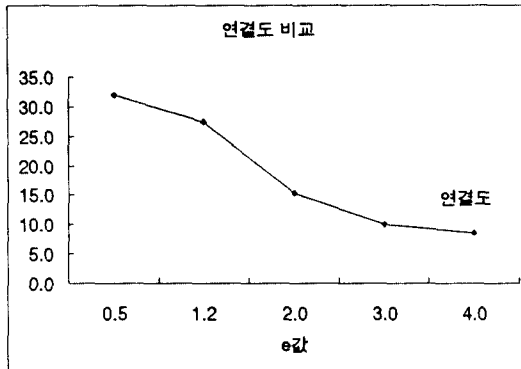


〈그림 7〉 TDX-10 단국 수 증가시 비용



〈그림 9〉 e값 변화시 비용

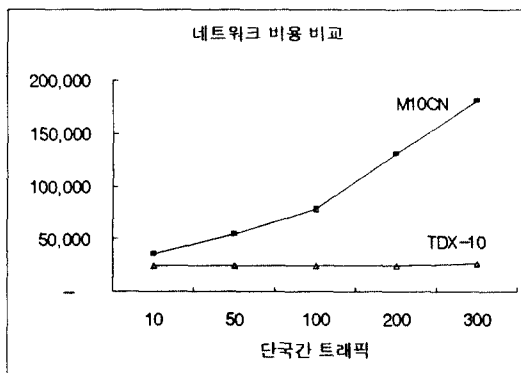




<그림 10> e값 변화시 연결도

네트워크 전체의 트래픽을 증가시켜가면서 비교한 결과는 착신텐덤 방식의 경우 T1 전송로의 사용으로 인하여 전송로 구성에 소요되는 비용이 트래픽에 비례하여 증가하였으나, 이중발신텐덤방식을 사용할 경우 네트워크 비용이 트래픽 증가에 민감하지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 전송방식의 차이라기 보다는 전송로 구성의 물리적 용량 차이에 기인한 것으로 해석된다. 이는 한편으로 비교적 대용량인 광전송 시스템의 도입이 트래픽의 증가에 대비한 투자기 될 수 있음을 보여주고 있다.

그러나 두 경우 모두 네트워크 연결도에 있어서의 변화는 크게 나타나지 않았는데, 이는 트래픽의 증가가 전송회선의 증가는 가져오지만 네트워크의 구성에는 거의 영향을 미치지 못하는 것을 의미한다. 하지만 교환기의 용량을 초과하는 트래픽의 증가가 있을 경우 교환기의 증설로 인한 네트워크 구성의 변화는 예상할 수 있다.



<그림 11> 트래픽 변화시 비용

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 전화망에서 교환/전송에 소요되는 비용은 루팅방식과 전송로의 구성에 따라서 크게 영향을 받으며, 고속 전송로 사용에 따른 규모의 경제효과가 클수록 망 구축에 소요되는 비용이 현격히 작아지는 것을 알 수 있다. 또한 루팅방식을 변경하거나 규모의 경제효과가 커지도록 한 모의실험의 경우 비용의 감소와 더불어 연결도가 작아지는 결과를 보임으로써 고속전송로의 사용이 망의 구성을 단순화 시키는데 기여함을 보이고 있다.

### V. 모형의 응용가능성 및 한계

#### 5.1 모형의 응용가능성

앞으로 모형에 사용된 모수와 비용에 대한 엄밀한 추정이 이루어진다면, 망을 구성하는 각종 요소의 변경이나, 망 구성요소의 가격 변화가 전체 네트워크의 구조와 비용에 미치는 영향을 분석할 수 있을 것이다.

또한, 교환기간 트래픽의 변화가 전체 네트워크의 구조와 비용에 미치는 영향도 분석할 수 있으므로, 모형을 확장하여 다사업자 환경에서 접속료 산정의 근거로 활용할 수 있을 것이다.

#### 5.2 연구의 한계

모의실험에 사용된 자료는 실제 자료 또는 기존 연구에서 추정된 자료에 근거하도록 노력하였으나, 자료조사의 어려움으로 인하여 동일한 시점에서 조사한 자료를 적용하지 못하였다.

그러나 분석결과는 입력 자료의 신뢰도 범위 내에서는 교환시설 대체나 광전송 시스템의 도입이 망구조와 투자비에 미치는 영향을 잘 보여주고 있다. 따라서, 이번 연구에서 제시한 결과는 주요 비용 요소들이 전체 전화망 구성 비용에 미치는 영향의 정도를 파악하는 의미가 있다고 할 수 있다.

앞으로 이 모형이 향후 정확한 투자비 산정 모형으로 활용되기 위해서는 모형의 정교화 작업과 함께, 입력 자료를 정확히 추정하는 절차를 개발할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] CCITT, "General Network Planning," ITU, Geneva, 1983, Chapter X. Network Dimensioning and Optimization, pp.259-333.
- [2] David E. M. Sappington & Dennis L. Weisman, "Designing Incentive Regulation for The Telecommunications Industry," The AEI Press, 1996.
- [3] Ahuja, Magnanti & Orlin, "Network Flows-Theory, Algorithms, and Applications," Prentice-Hall, 1993.
- [4] James Harry Green, "Handbook of Telecommunications Management," The Business One Irwin, 1989.
- [5] 전자신문사, "정보통신연감 1995", 1995.
- [6] 한국통신, "반전자 교환시설 최적대체방안 연구," 1993.
- [7] 한국통신 사업지원단, "통신설비 비용조사 분석 기술지원," 1988.
- [8] 김병근, "영국의 상호접속정책," 격주간 통신정책동향, 통신개발연구원, 제8권 10호, 1996년 6월.
- [9] 김병근, "미국 통신법 개정의 주요 내용과 통신 시장의 동향과 전망(II)," 격주간 통신정책동향, 통신개발연구원, 제8권 17호, 1996년 9월.
- [10] 한국통신, "설계기준 (TDX-10)," 1995.
- [11] 한국통신기술, "통신망계획 및 설계기법," 발표자료, 1997.
- [12] 황건, "Hatfield Model에 관한 분석," 발표자료, 1997.
- [13] 허찬영, "Benchmark Cost Proxy Model," 발표자료, 1997.



송 석 재

- 1980년 : 고려대학교 통계학과 (석사)
- 1980년 12월 : 한국전자통신연구원 책임연구원
- e-mail : sjsong@etri.re.kr



전 용 수

- 1992년 : 한양대학교 상경대학 경영학과 (학사)
- 1994년 : 한양대학교 대학원 경영학과 (석사)
- 현 재 : 한양대학교 대학원 경영학과 박사과정
- e-mail : aimhigh@mail.hitel.net



장 석 권

- 1979년 : 서울대학교 공과대학 산업공학과 (학사)
- 1981년 : 한국과학기술원 산업공학과 (석사)
- 1984년 : 한국과학기술원 경영학과 (박사)
- 1990년 : 미국 Vanderbilt 대학 교환교수
- 1984년~현재 : 한양대학교 상경대학 경영학부 교수
- e-mail : changsg@hyunpl.hanyang.ac.kr