

<應用論文>

운용보전 투자결정 지원모델의 개발

박순달\* · 양병학\* · 심현택\* · 정호연\* · 조영현\*\* · 김태호\*\*

A Study on the Development of the Decision Support Model  
Investment for the in the Operation and Maintenance  
in Telecommunications

Abstract

The purpose of this study is to develop the decision support model for the investment in the operation and maintenance in telecommunication networks.

First, we analyze the relation between the cost of quality and the quality of service, and then establish and analysis tool of the investment alternatives for the improvement of the quality of service. This study will offer a decision tool to enhance an efficiency of the operation and maintenance for telecommunication facilities, and will contribute to shaping a policy of network performance management.

1. 서 론

전기통신에 있어서 서비스 품질(Quality of Service)이란 전기통신 서비스를 사용하는 사람이 느끼는 만족감의 정도로 표시되는 하나의 총체적인 개념이다. 이러한 서비스 품질을 대표하

는 값이 서비스 품질지수이며, 이 지수로써 전체 통신망의 성능을 평가 분석할 수 있고, 또한 각 현업국의 운용보전 실적을 파악할 수 있다.

본 연구의 목적은 이러한 서비스 품질의 목표치가 설정되었을때 그 서비스 품질의 목표를 달성하기 위해서 어느 정도의 예방보전 활동이 필

\* 서울대학교 산업공학과

\*\* 한국전기통신공사 사업지원단

요하며, 또 그러한 예방보전 활동을 수행하는데 얼마만큼의 비용투자가 이루어져야 하는지를 정보시스템을 통해 분석하는 운용보전 투자결정 지원모델을 개발하는 것이다.

이러한 운용보전 투자결정 지원모델의 개발을 위해서 우선 통신공사에서 사용하고 있는 비용을 품질비용의 개념에 따라 분류하여 비용과 서비스 품질과의 관계를 분석해야 하고, 투자결정 지원모델을 각 성과관리 항목별로 모듈화 함으로써 성과관리 항목별로 투자 대안에 의한 지수 예측모형과 비용 예측모형을 제시하여야 한다.

### 2. 서비스 품질과 비용

서비스 품질은 서비스 사용자가 느끼는 만족감의 정도를 결정짓는 여러 성능요소들의 총체적인 효과에 의해 분석되어야 한다. 또한 운용보전 성과관리는 사용자에게 만족을 주고 운용자에게는 항구적으로 원하는 수준의 서비스 성능을 보유하도록 유도하는 방향으로 추진되어야

한다.

이러한 개념에 입각하여 서비스 수명주기 (Service Life Cycle)의 접근방법에 따라 성과관리의 대상범위를 서비스의 가설단계와 운용단계 및 과금단계로 설정하여 성과관리 항목의 선정기준인 정량성, 측정성, 객관성, 목적성, 일치성, 경제성에 따라 성과관리 항목을 선정하였다.

선정된 성과관리 항목의 계층적 구조는 그림 1과 같다.

품질비용은 이러한 서비스 품질을 확보하고 유지하는데 투자되는 제반 품질에 관련된 비용을 말하며, 제한된 예산으로 어떤 비용항목에 투자해야 원하는 수준의 품질을 얻을수 있나를 알기 위해 품질비용 분석이 필요하다.

이러한 제반 품질비용은 준비비용, 평가비용, 장애비용으로 분류될 수 있다. 준비비용은 품질생성비용이라고도 하며, 운용보전 활동의 기획 및 품질관리 시스템의 도입, 유지에 참여하는 요원들의 교육비 등과 관련된 비용을 말하고 평가

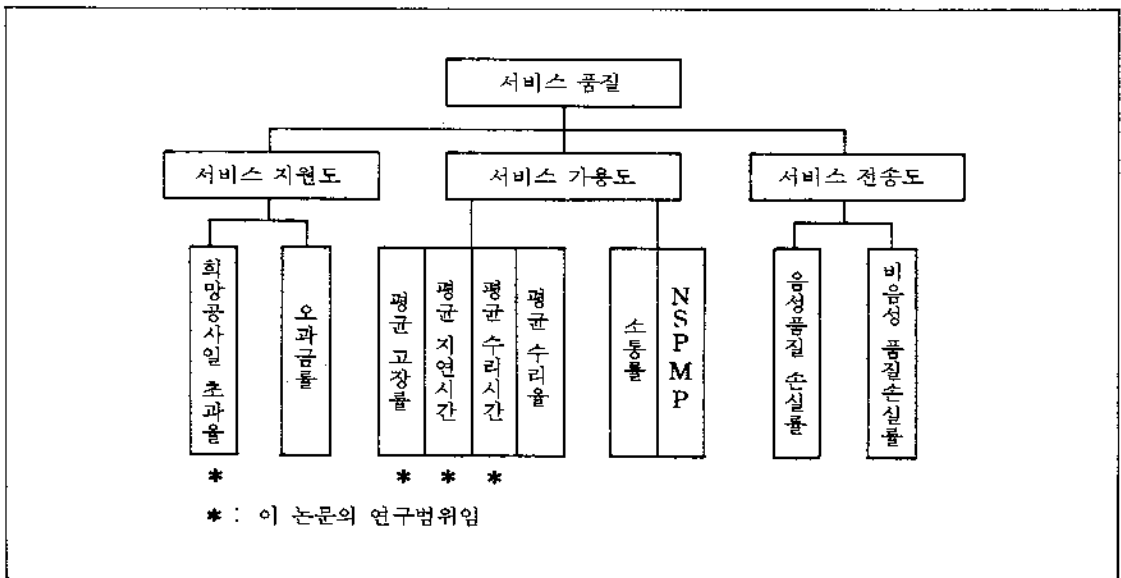


그림 1 성과관리 계층구조

비용은 품질기준과 성과기준에 일치하는가를 측정, 평가, 검사하는 활동에 관련된 비용을 말하며, 장애비용은 시스템이나 선로시설의 고장으로 야기되는 제반비용을 말한다. 이러한 준비비용, 평가비용과 장애비용의 내용은 다음과 같다.

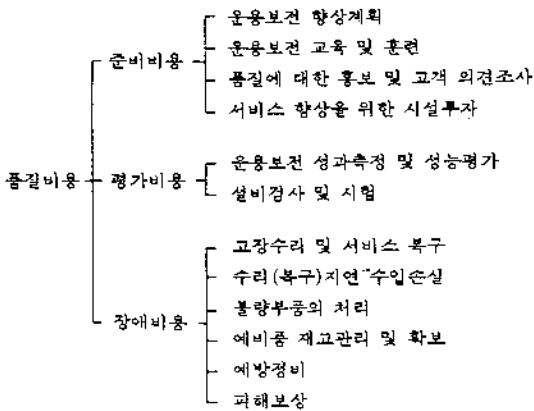


그림 2. 품질비용의 계층적 구조

서비스 품질과 품질비용(Cost of Quality)과의 관계는 품질비용을 회선수로 나눈 회선당 품질비용(COQC)과 장애비용을 회선수로 나눈 회선당 장애비용(FCC)을 정의하여 다음과 같이 품질비용 효과성을 통해 파악할 수 있다.

$$\text{절대적 품질비용 효과성} = \frac{\text{COQ}}{\text{QOS}}$$

(Absolute Cost/Effectiveness)

$$\text{상대적 품질비용 효과성} = \frac{\text{COQC}}{\text{QOS}}$$

(Relative Cost/Effectiveness)

상대적 품질비용 효과성은 COQC/QOS 식으로 산출되기 때문에 적은 값일수록 투자에 대한 효율성(Effectiveness)이 좋은 것으로 평가될 수 있다.

### 3. 평균 고장률

평균 고장률이란 가입자의 고장신고로부터 구해진 가입자 고장률을 말하며, 총 고장 건수를 총 가입자수로 나누어서 구한다. 평균 고장률 모델의 개발과정은 그림 3과 같다.

선로를 구성하고 있는 주요 시설로는 모국의 교환기, 자국의 교환기, MDF, 케이블(가공, 지하), 접속점(가공, 지하), 옥외선, 단자함, 옥내설비(가입자 보호기, 옥내선, 콘센트), 모자국간의 중계 케이블(가공 및 지하)과 접속점 등이 있다. 선로모형은 이러한 시설들의 다양한 조합으로 이루어지는데 크게 모(자)국으로부터 가입자로 이어지는 접속모형 1과 모국과 자국 사이의 중계 접속모형인 접속모형 2로 분류할 수 있다. 이들 접속모형은 그림 4와 같다.

고장은 선로를 구성하는 있는 이들 시설에서 대부분 발생되기 때문에 고장률을 추정하기 위해서는 한 가입자 회선이 거치는 각 시설의 수(회선당 시설수)를 추정해야 한다. 따라서 모형 1, 2에 나타나 있는 지하(가공) 케이블의 접속점수, 단자함, 옥외선, 옥내설비 등의 시설수를 추정해야 하는데 접속점을 제외한 시설의 총수는 시설현황 기록카드로부터 알수 있으므로 여기서는 각 케이블의 접속점수를 추정하면 된다.

케이블의 회선당 접속점수를 계산하는 기본 개념은 케이블의 총 회선연장을 총 회선수로 나누어 케이블 회선당 평균거리를 구하고, 이 값을 다시 접속점간의 평균거리로 나누어 케이블의 회선당 접속점수를 구하는 것이다. 그러나 실제 모자국에 가입된 가입자수가 각 모자국별로 모두 다르기 때문에 이들 가입자수를 가중치로 하여 선형모형에 반영시켜 주어야 모국이나 자국 관할의 총 접속점수를 구할수 있다.

가입자수를 가중치로 고려한 케이블 회선당

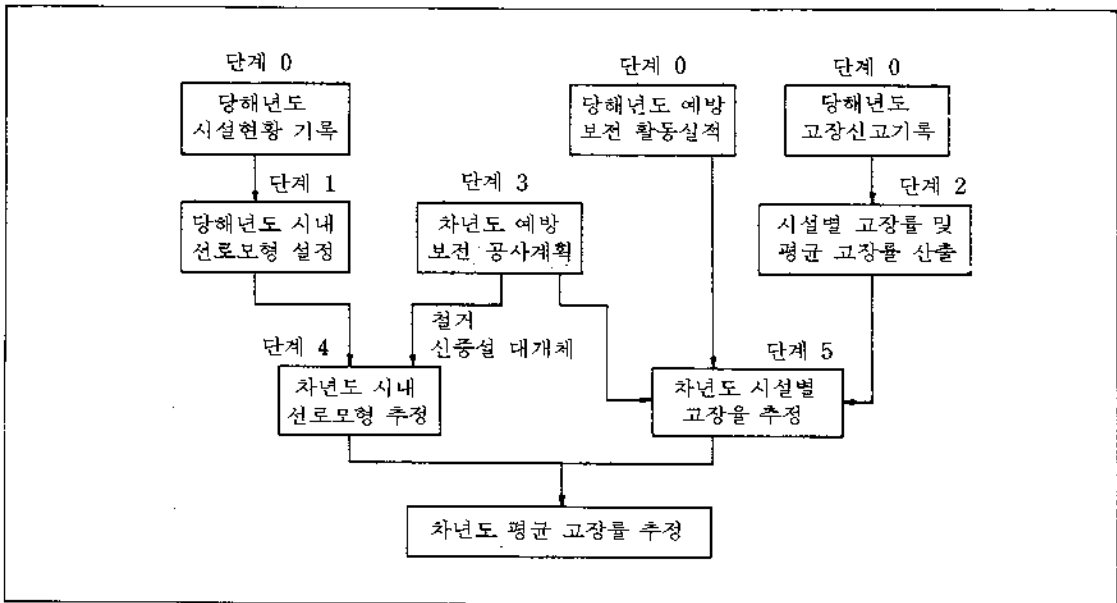


그림 3. 평균 고장률 모델의 개발

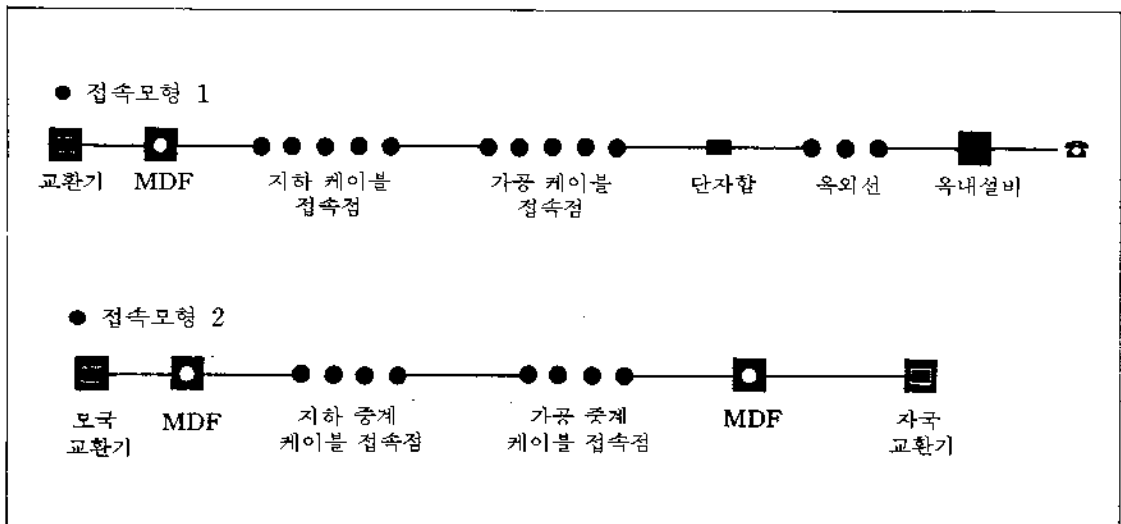


그림 4. 선로모형

접속점수의 계산은 모자국간의 중계선로인 경우에 다음식과 같이 회선당 평균거리 AIL 을 구하

고, 이 값을 케이블의 접속점간 평균거리로 나누어 케이블의 회선당 접속점수를 구한다.

$$AIL = \frac{\sum [i \text{ 자국의 가입자수} \times i \text{ 자국까지의 지하(가공) 케이블 길이}]}{\sum i \text{ 자국의 가입자수}}$$

단, AIL : 모자국간 지하(가공) 케이블의 회선당 평균거리

모자국간 중계선로와 마찬가지로 자국 선로에 대해서도 각 자국의 상대적인 차이를 선로모형에 반영할 필요가 있다. 따라서 다음식과 같이

$$RCL = \frac{\sum(i \text{ 자국의 총회선수} \times i \text{ 자국의 케이블의 회선당 평균 거리})}{\sum i \text{ 자국의 총회선수}}$$

단, RCL : 자국의 회선당 평균거리

지하(가공) 케이블의 접속점의 총수는 지하(가공) 케이블의 총 연장을 지하(가공) 접속점간의 평균거리로 나누어 구할 수 있다.

한 가입자 회선이 거치는 각 시설의 수를 추정하였으므로 이제 당해년도 고장률을 산출할 수 있다. 당해년도 고장률은 각 국의 고장신고 건수를 해당국의 가입자수로 나눈 모(자)국별 평균 고장률과 각 시설의 총 고장 건수를 총 가입자수와 회선당 시설수의 곱으로 나눈 시설별 고장률의 두 종류로 산출할 수 있다.

차년도의 고장률은 차년도 예방보전 활동에 의한 시설수의 변화를 반영하는 차년도 시내 선로모형을 추정하여 차년도 예방보전 공사계획의 신증설 및 철거계획에 의하여 변경되는 부분을 이용, 상기의 절차를 거쳐 추정할 수 있다.

여기서 예방보전 활동의 수준을 나타내는 값으로 예방보전 활동이 행해진 각 시설의 수를 각 시설의 총수로 나눈 값을 시설별 예방보전률로 정의하면 당해년도와 차년도의 시설별 예방보전률 비와 차년도의 시설별 고장률과의 관계를 파악할 수 있어 예방보전 활동을 효과적으로 수행할 수 있다.

차년도의 평균 고장률은 앞에서 추정된 차년도의 각 시설별 고장률로부터 다음의 식과 같이 계산된다.

$$\text{차년도의 평균 고장률} = \frac{\sum(\text{차년도의 회선당 시설수} \times \text{차년도의 시설별 고}$$

각 자국의 총 회선수에 대해 가중 평균하여 자국의 회선당 평균거리 RCL 을 구하고, 이를 접속점간 평균거리로 나누면 자국이 회선당 평균 접속점 수를 구할수 있다.

장률)

#### 4. 평균 수리시간

평균 수리시간은 수리시간의 총합을 총 고장건수로 나눈 값이다. 여기서, 수리시간이란 수리요원이 고장 위치에 도착한 수리 개시시점에서 수리 완료시점까지의 시간을 의미한다. 수리시간은 작업자의 숙련도, 보수장비, 시설의 환경 등에 영향을 받으므로 일관성을 갖기가 매우 어렵다. 따라서, 본 모델에서는 각 현업국의 평균 수리시간에 대한 일관된 분석을 위해 “전기통신공사 표준품셈”에 준한 기준 평균 수리시간 산출모형을 정의한다. 평균 수리시간 모델의 개발과정은 그림 5와 같다.

시설별/수리내역별 기준 수리시간 산출모형은 표준품셈으로부터 시설의 종류에 대한 할증률을 가산한 산출방식에 의해 제시된 것이며, 자세한 내용은 참고문헌[1]의 부록 B를 참조한다. 이는 시설별 기준 평균 수리시간을 산출하는데 이용된다.

당해년도 시설별 평균 수리시간은 당해년도 고장신고 기록으로부터 시설별 수리시간의 총합을 시설별 총 고장건수로 나누어 구할 수 있다.

또한 시설별 기준 평균 수리시간은 해당 시설의 당해년도 수리내역별 총 고장건수로 가중 평균하여 다음과 같이 얻을수 있다.

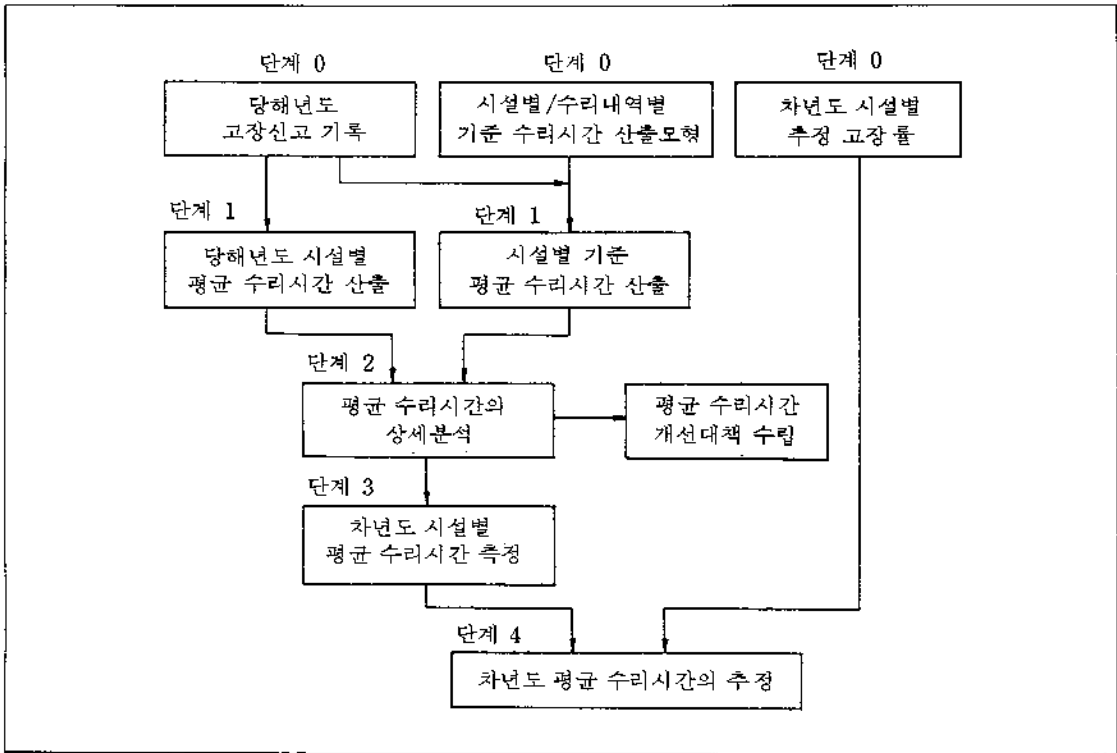


그림 5. 평균 수리시간 모델의 개발과정

$$\text{시설별 기준 평균 수리시간} = \frac{\sum (\text{각 수리내역별 기준 수리시간} \times \text{수리내역별 고장건수})}{\text{해당 시설의 총 고장건수}}$$

차년도 평균 수리시간은 당해년도 시설별 평균 수리시간에 차년도의 추정 고장건수를 가중치로 평균하여 추정한다. 즉,

$$\text{차년도 추정 평균 수리시간} = \frac{\sum (\text{시설별 평균 수리시간} \times \text{시설별 추정 고장건수})}{\text{차년도 추정 총 고장건수}}$$

단, 시설별 추정 고장건수 = 시설별 추정 고장률 × 회선당 시설수 × 총 가입자수

### 5. 평균 지연시간

평균 지연시간이란 시설의 고장이 신고되어 접수가 된 시간부터 수배를 받은 현장요원이 출

동하여 고장난 시설에 도착하기까지의 수리 지연시간의 총합을 총 고장건수로 나눈 값이다. 수리 지연시간은 다시 관리 지연시간과 이동 지연시간으로 구분된다.

관리 지연시간은 고장이 접수된 뒤 시험요원이 고장여부를 확인한 후 통제요원이 수리요원을 수배하게 되기까지의 지연시간을 의미하고,

이동 지연시간은 수배를 받은 현장 요원이 출동하여 고장 발생위치에 도착하는데까지 걸리는 지연시간을 의미한다. 평균 지연시간 모델의 개발과정은 그림 6과 같다.

관리 지연시간은 야간에 고장신고가 접수되면 수리작업이 다음날 주간에 실시되므로 09시부터 18시까지를 관리 지연시간의 주간 예측모형, 18시부터 다음날 09시까지를 야간 예측모형으로 하여 관리 지연시간을 예측한다. 관리 지연시간의 주간 예측모형에서 관리지연에 유의한 영향을 미치는 변수로서 고장신고 건수, 시험 요원수 등이 있으며, 이때 관리 지연시간은  $MDT_1 = f$  (고장신고 건수, 시험요원당 시험 처리건수)와 같은 함수가 되며, 회귀분석에 의하여 예측할 수 있다.

관리 지연시간의 야간 예측모형에서는 야간에 발생하는 고장은 접수만 되고, 수리는 다음날에 수행되므로 접수시간대별로 접수 건수를 고려하여 야간 대기시간의 평균치를 구하고, 여기에 주간 예측모형에 의한 관리 지연시간을 첨가하여야 한다. 결국 야간 예측모형에 의한 관리 지연시간은  $MDT_2 = NDT + MDT_1$ 와 같은 함수가 될 것이다. 이때 NDT는 다음과 같이 구할수 있

다.

$$NDT = \sum_{i=1}^{24} (NQT_i \times FN_i) / \sum_{i=1}^{24} FN_i$$

단,  $NQT_i$ : 접수시간별 야간 대기시간

$FN_i$ : 접수시간별 고장발생 건수

주야간을 통합한 예측에는 주야간 고장발생 비율을 가중치로 하여 구할수 있으며, 그때의 관리 지연시간 MDT는 다음과 같다.

$$MDT = A1 \times MDT_1 + A2 \times MDT_2$$

단,  $A1 = \sum_{i=1}^9 FN_i / \sum_{i=1}^{24} FN_i$ ,

$A2 = \sum_{i=10}^{24} FN_i / \sum_{i=1}^{24} FN_i$

이동 지연시간은 수배를 받은 유지보수 요원이 현장에까지 도착하는데 걸리는 시간을 의미한다. 이동 지연시간을 예측하기 위해서 중회귀 분석과 상관관계 분석기법을 이용한다. 선정된 독립변수는 다음과 같다.

- 총 가입자수(1,000명) :  $X_1$
- 가입자 밀도(총 가입자수/수용구역 면적) :  $X_2$
- 교환시설 회선총수(1,000회선, 기계식, 전자식 총합) :  $X_3$

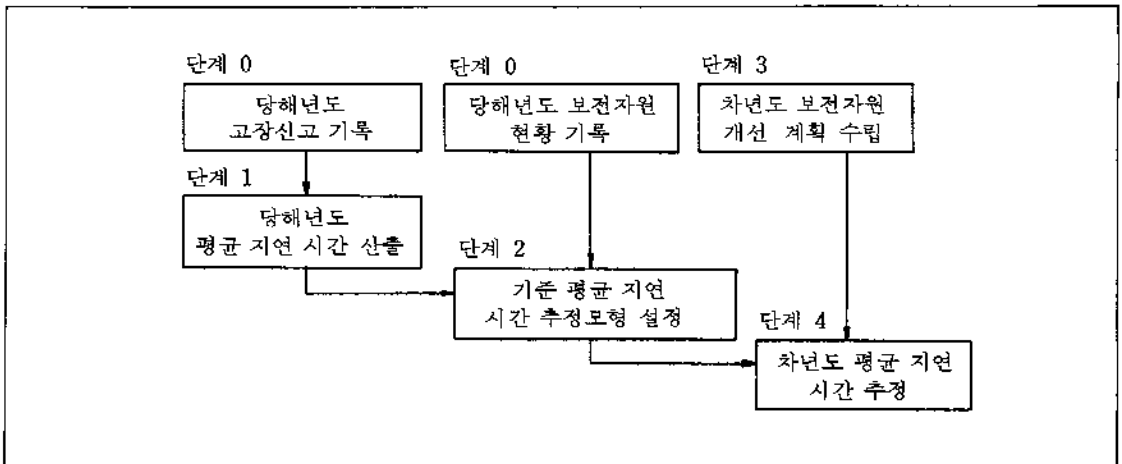


그림 6. 평균 지연시간 모델의 개발과정

선로 총연장(1,000km, 지하(가공) : $X_4$ 케이블, 옥외선 총합)	
선로 지하화율(지하 케이블 총연장/ : $X_5$ 선로 총연장)	
케이블 점유비율(케이블 총연장/선 : $X_6$ 로 총연장)	
유지보수 직원수(명) : $X_7$	
현장요원당 가입자수(총 가입자수/ : $X_8$ 현장요원수)	
현장요원당 선로연장(선로 총연장/ : $X_9$ 현장요원수)	
차년도 시설별 고장률 : $X_{10}$	
수용구역 면적(km <sup>2</sup> ) : $X_{11}$	
차량당 수용구역 면적(수용구역 면 : $X_{12}$ 적/유지보수 전용차량수)	
오토바이당 면적(수용구역 면적/유 : $X_{13}$ 지보수 전용 오토바이수)	
현장요원당 면적(수용구역 면적/현 : $X_{14}$ 장요원수)	
전주 총수(1,000개) : $X_{15}$	

이동 지연시간과 위의 독립변수들과의 함수적인 관계를 회귀분석으로 규명하면 이동 지연시간을 TDT 로 하였을 경우

$$\begin{aligned} \text{TDT} &= f(X_1, X_2, \dots, X_{15}) \\ &= \beta_0 + \beta_1 X_1^{a1} + \beta_2 X_2^{a2} + \dots + \beta_{14} X_{14}^{a14} + \beta_{15} X^{a15} \end{aligned}$$

와 같은 함수가 생성될 것이다.

설정된 기준 평균 지연시간 추정 모형은 매년 각 현업국의 자료를 수합하여 관리지연과 이동 지연 예측모형을 확정한다. 각 현업국은 이 예측모형을 기준으로 보건자원 개선계획에 의해서 차년도의 평균 지연시간을 추정할 수 있다.

## 6. 희망 공사일시 초과율

희망 공사일시 초과율이란 가입자가 요구한 총 가설공사 건수중에서 가입자가 희망한 개통 일시를 넘긴 총 초과공사 건수가 차지하는 비율을 뜻한다.

초과 공사건수는 일일 기준으로 계산하므로 초과율의 추정을 위해서 차년도의 추정 가설공사 건수를 일일로 환산해야 한다. 차년도의 추정 가설공사 건수는 당해년도의 가설공사 실적과 차년도의 추정 평균 가입자수로 추정할 수 있으며, 이는 주말이나 이사철 등의 계절적 요인을 고려해야 한다. 또한 일일 초과 공사건수를 추정하기 위해 현업국의 투입 인력을 일일 가용 공사 건수로 환산하는 것이 필요하며, 차년도의 추정 초과 공사건수는 차년도의 추정 가용공사 건수와 추정 가설공사 건수의 차이로 계산한다. 이러한 희망 공사일시 초과율 모델의 개발과정은 그림 7과 같다.

차년도의 추정 연간 가설공사 건수를 차년도의 일일 가설공사 건수로 환산하기 위해서 먼저 한해의 총 가설공사 건수중에서 그날 발생한 가설공사 건수가 차지하는 비율을 일일 공사 지수로 다음과 같이 정의하자.

$$I_{t+1}(k) = \frac{\sum_{j=1}^{365} N(k, j)}{\sum_{i=1}^{365} \sum_{j=1}^{365} N(i, j)}$$

단,  $N(i, j)$  : j년도의 i일의 가설공사 건수

$I_{t+1}(k)$  : t+1 연도의 k일의 일일 공사 지수

이때 차년도의 일일 가설 공사건수의 추정은 차년도의 추정 연간 가설공사 건수에 일일 공사 지수를 곱해서 구할 수 있다.



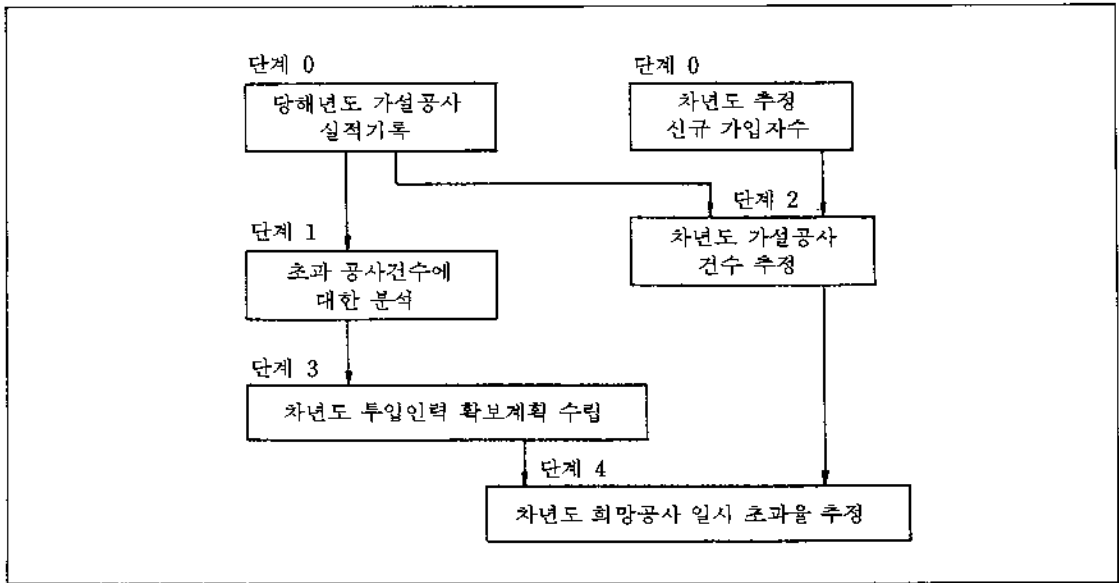


그림 7. 희망 공사일시 초과율 모델의 개발과정

차년도 연 평균 가입자수의 추정은 과거의 연 평균 가입자수의 자료로부터 지수평활법 등의 예측기법을 이용하여 추정한다.

또한 차년도 연간 이전 가설공사 건수의 추정

은 어느 한해의 연간 이전 가설공사 건수가 그해의 연 평균 가입자수에 비례한다고 가정하여 다음과 같이 구한다.

차년도 추정 연간 이전 가설공사 건수

$$= \frac{\text{차년도 추정 연 평균 가입자수}}{\text{당해년도 연 평균 가입자수}} \times \text{당해년도 연간 이전 가설공사 건수}$$

따라서 차년도의 일일 가설공사 건수는 차년도 추정 연간 신규 가설공사 건수에 차년도 추정 연간 이전 가설공사 건수를 더한 차년도 추정 연간 가설공사 건수에 일일 공사 지수를 곱하여 구할수 있다.

일일 초과 공사건수를 구하기 위해서 차년도의 일일 가설공사 건수를 추정했으면 다음으로 일일 가용공사 건수를 알아야 한다. 1인당 일일 가용공사 건수 NI는 일일 작업시간인 8시간을 평균 이동시간에 평균 가설시간을 더한 평균 가

설공사 시간으로 나눈 것이 된다. 따라서 가용공사 건수의 추정치는 해당 현업국이 인력투입 계획별 투입인력 규모에 따라 결정된다. 즉

$$\text{추정 일일 가용공사 건수} = \text{투입인력} \times \text{NI}$$

로 구해진다.

따라서 차년도의 추정 일일 초과공사 건수를 다음과 같이 계산한다.

$$\text{추정 일일 초과공사 건수} = \text{MAX}\{\text{추정 일일 가설공사 건수} - \text{추정 일일 가용공사 건수}, 0\}$$

그리고 추정 일일 초과공사 건수를 모두 합하면 이 값이 바로 그 해의 추정 총 초과공사 건수가 된다.

이러한 식으로부터 희망공사 일시 초과율은 다음과 같이 추정된다.

$$\text{차년도의 추정 희망공사 일시 초과율} = \frac{\text{차년도의 추정 총 초과공사 건수}}{\text{차년도 추정 총 가설공사 건수}} \times 100$$

## 7. 결 론

본 연구는 서비스 품질 지수를 개선시키는 투자 대안을 분석하기 위해 서비스 품질비용을 분석하고 성과관리 항목으로 선정된 평균 고장률, 평균 수리시간, 평균 지연시간, 희망 공사일시 초과율에 대한 각각의 차년도 예측모형을 추정함으로써 효율적인 운용보존 비용투자가 이루어질 수 있는 투자결정 지원모형을 개발하는 것이다.

이를 위해 당해년도의 시설현황 기록과 고장신고 기록으로부터 당해년도의 선로모형과 고장률을 산출하고 차년도의 예방보존 공사계획으로부터 차년도의 선로모형을 추정, 이로부터 차년도의 평균 고장률을 예측하였다.

평균 수리시간은 당해년도 고장신고 기록으로부터 산출된 시설별 평균 수리시간과 차년도 시설별 고장률에 의해 계산되었다. 평균 지연시간은 당해년도 고장신고 기록으로부터 구한 평균 지연시간과 보전자원 현황기록의 기본 자료를 이용하여 설정된 예측모형인 회귀분석을 근거로 추정하였다. 희망 공사일시 초과율은 당해년도의 가설공사 실적과 차년도의 추정 평균 가입자수의 예측을 통해 차년도의 가설공사 건수를 추정하고 이를 다시 일일 가설공사 건수로 환산하여 차년도의 추정 가용 공사건수와 비교하여 예측하였다.

결국 이러한 성과관리 항목의 예측모형을 통해 서비스 품질지수를 예측하고 성과관리 항목의 수준을 개선시킬 투자 대안에 관련된 총 투자비용을 산출할 수 있어 의사결정자가 체계적으로 사업계획의 대안들을 평가 분석할 수 있게 된다.

## 참고문헌

- [1] 서비스 품질향상을 위한 운용보전 투자결정 지원모형의 개발, 서울대학교 생산기술연구소, 1989.
- [2] 통신망 운용보전 성과관리의 체계화를 위한 서비스 품질지수 설정 및 평가모형에 관한 연구, 서울대학교 생산기술연구소, 1988.
- [3] 강석호, 공업경제론, 박영사, 1984.
- [4] 박경수, 공업경제학, 탐 출판사, 1977.
- [5] 박순달, 선형계획법 및 그 관련분야, 대영사, 1987.
- [6] 박순달, OR(경영과학) - 이론과 전산연습 -, 대영사, 1988.
- [7] 임두순, 전기통신 정책결정 모형에 관한 연구 - 시설투자의 효율성 분석을 중심으로 - 한양대학교 박사학위 논문, 1986.
- [8] 유한성, 공공경제학, 박영사, 1986.
- [9] 정종암, 중급회계, 법문사, 1986.
- [10] 한국전기통신공사 경영기획실, 민영화 1차년도 예산편성 의식개혁에 의한 1989년도 부문 예산별 세부 편성지침, 1988. 7
- [11] 한국전기통신공사 사업지원단, 전기통신 투자자원 최적 배분모형 기초연구, 1987. 12
- [12] 한국전자통신연구소, 전기통신 사업의 효율적 투자계획 수립을 위한 자원의 최적화 연구, 1988. 12
- [13] 한국전자통신연구소, 세계의 전기통신 현황, 1989. 3
- [14] Brigham, Eugene F., Fundamentals

of Financial Management, The Dryden Press, 1980

[15] Anttila, J. and P. Hamalanen, Reliability Standards and Specifications for Telecommunication System, pp.1089-1094, 1982.

[16] Mosch, R., Quality of Telephone Service, Electrical Communications, Vol. 55, No. 2, pp.146-152, 1980.

[17] Allocation of Reliability in the Design of a Communication by the Marginal Cost Method, Bell Communication Reserch, 1987.

[18] Engineering Design Handbook, Part

III: Reliability Prediction, Department of the Army Head-quarters United States Army Material Command, 1976.

[19] Engineering Design Handbook, Part IV: Reliability Prediction, Department of the Army Head-quarters United States Army Material Command, 1976.

[20] Measuring Cost of Quality in the Development Process, AT&T Bell Lab., 1987.

[21] The Cost of Poor Quality for Selected Operation Telephone Company Products, Bell Communications Research, 1985.