

통신시스템 유지보수 운용에 관한 기술경제성 분석

정희원 이영호*, 최은영**, 이지형***, 조상섭***, 박정석***

A New Techno-Economic Analysis for Developing an Effective Maintenance Policy of Telecommunication Systems

Youngho Lee*, Eunyoung Choi**, Jeehyung Lee***, Sangsub Cho***, Jungsuk Park***

Regular Members

요 약

이 연구는 통신시스템 운용대안을 평가하는 방법론을 개발한다. 제안하는 방법론은 계층요소 분석 기법과 의사결정 분석 기법을 기반으로 개발되었고, PSTN 시스템에 적용해서 방법론의 효용을 평가한다. 운용대안 계층요소 분석은 시스템 운용 요소를 파악하고 요소 중요도를 분석하는 모형이다. 요소와 대안 사이 중요도 관계를 이용하여 대안 중요도를 구한다. 또한 의사결정 기법은 시스템 운용 비용요소를 파악하고, 비용요소별 불확실성 관계를 분석한다. 여기서 비용요소는 운용비, 유지비, 연구개발비로 나누고 비용값 변화에 따라 확률분석을 한다. 두 방법론을 적용하여 중요도와 비용을 기준으로 대안이 갖는 특성을 평가한다. 끝으로 요소 변화에 따른 민감도 분석을 수행하여 최적 대안 변화를 분석한다.

ABSTRACT

In this research, we seek to identify an effective operation management strategy of telecommunication systems. In order to develop operation management strategies, we implement a quantitative techno-economic analysis. We evaluate related issues and factors, and apply the developed method to PSTN switching systems. In the proposed techno-economic modeling, we apply a well-known factor analysis technique - analytic hierarchy process - to evaluate PSTN operation management strategies. Then, we implement a decision analysis methodology to evaluate the cost of proposed strategies. We evaluate the proposed methodology by using available real data of the PSTN system. The primary impact of this research will be realized in helping PSTN operator select the best operation management strategy of PSTN system.

1. 서론

통신 사업자가 경쟁력을 가지고 통신 서비스를 제공하기 위해서는 시장에서 제공하는 서비스의 기반 시스템 안정성을 높이면서 운용비용을 절감해야 한다. 서비스를 제공하는데 필요한 통신시스템 안정 운용은 통신장비를 관리하는 유지보수 전략과 시스템을 운용하는데 필요한 인력을 관리하는 체계를

필요로 한다. 이러한 통신장비 유지보수 전략과 인력관리 체계는 통신시스템의 안정성과 운용비용의 효율성을 결정한다. 교환망 운용비용은 크게 인건비, 전력사용비, 유지보수비로 구분한다. 이 가운데 인건비가 약 70%로 비중을 크게 차지하며 유지보수비와 전력사용비가 17%와 13.4%를 차지한다. 하지만, 구조조정에 의해 인건비는 감소하지만 장비운용과 교체에 따른 유지보수비는 증가하는 추세이다¹⁰⁾.

* 고려대학교 산업시스템정보공학과 (yhlee@korea.ac.kr), ** (주)한국시엔에이 정보통신기술연구소 (eychoi@cna.co.kr),

*** 한국전자통신연구원

논문번호 : 020059-0205, 접수일자 : 2002년 2월 5일

※ 본 연구는 2001년도 한국전자통신연구원의 위탁과제로 수행되었습니다.

따라서 통신시스템 운용비용을 최소로 하기 위해 유지보수비를 줄이면서 시스템 안정성을 보장하는 운용대안을 선택해야 한다.

이 연구는 통신시스템을 운용할 때 고려해야 하는 관리요소가 갖는 특성을 분석하고 요소별 중요도와 영향도를 고려해서 운용 대안을 분석하는 기술경제성 모형을 개발한다. 운용대안 결정을 위해서는 여러 운용대안을 정량적으로 평가할 수 있는 새로운 방법론이 필요하다. 대안을 평가하는 새로운 방법론이 필요한 이유는 통신기술 발전으로 인한 통신시장 환경 변화에 적응하는 통신 시스템 운용정책이 필요하기 때문이다. 통신시장의 추세를 보면 통신 수요가 음성서비스에서 데이터 서비스로 이동하면서 음성 트래픽 증가는 매년 5%로 미미한데 비해 데이터 트래픽은 매년 300% 이상 급격히 증가하고 있다⁴⁾. 이러한 통신시장 변화는 시스템 유지관리 분야 아웃소싱과 인력 재배치 같은 새로운 운용 대안을 필요로 한다.

최적 운용대안을 선택하기 위해 계층요소 분석 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 과 의사결정 분석 (Decision Risk Analysis, DRA) 을 이용해 정량적인 방법으로 운용대안을 분석하는 방법론을 개발한다. 방법론은 통신시장 환경 변화에 적응하는 통신 시스템 운용대안을 선택하는 기준을 제시한다. AHP는 시스템 운용 전문가의 경험과 직관을 분석해 여러 운용대안의 상대 중요도를 구한다. 반면에 DRA는 운용대안별 비용요소가 가지는 불확실성 특성을 반영한 확률 분석을 통해 대안운용 비용을 제시하고 대안선택에 따른 위험도를 알려준다. 개발한 모형을 PSTN 시스템을 운용하는 문제에 적용해 운용 대안을 평가할 수 있는 기준을 제시한다.

이 논문에서 운용대안을 평가하는 새로운 프로세스는 그림 1과 같다. 그림 1을 설명하면, 먼저 분석 대상인 통신 시스템 운용 대안을 설정한다. AHP 분석에서 통신 시스템 운용요소 추출 모듈은 통신 시스템 운용이라는 개념적 문제를 정량적 방법으로 접근하기 위해 운용요소를 추출한다. 추출한 요소는 통신 시스템 운용을 표현할 수 있어야 하며 각 요소는 서로 독립이어야 한다. 추출한 요소가 시스템 운용에 영향을 주는 정도는 쌍대비교를 이용하여 구하고 대안이 갖는 중요도 값은 요소 중요도 값과 대안과의 관계를 이용해 구한다. 최적 대안의 민감

도 분석은 운용 요소 중요도 값의 변화에 따라 최적 운용 대안이 어떻게 변하는지 파악한다. 반면에 DRA 분석은 요소가 갖는 비용 요소의 특성 변화를 확률분석 한다. 이를 위해 먼저 시스템 운용비용을 구성하는 비용요소를 나눈 뒤 요소별 영향 관계와 대안과의 관계를 파악해 영향도를 작성한다. 그리고 비용 요소별 비용값과 불확실성 정보를 입력하여 대안별 운용비용과 위험도를 계산한다. 마지막으로 AHP 분석과 DRA 분석을 통해 운용대안의 중요도와 운용비용을 기준으로 대안을 평가한다.

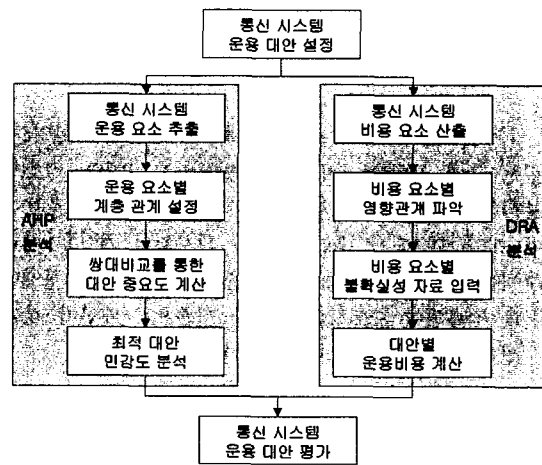


그림 1. 연구 방법론

AHP를 이용해 설비 유지관리 문제를 해결한 연구로는 Bevilacqua and Braglia (2000) 이 있다. 이 연구는 이탈리아 정유 회사가 새 공장을 세울 때 다양한 장비에 맞는 유지전략을 선택하는 방법을 제시한다. 이 연구는 유지관리 대안을 선택할 때 장비에 영향을 주는 요소의 중요도를 AHP를 이용해 계산한다. AHP를 적용하면 운용유지에 영향을 주는 다양한 요소를 계층으로 나눠 분석할 수 있다. 또한 전문가의 경험과 주관적 의견을 수용해서 중요한 요소의 개수를 정해서 결과의 신뢰성을 높일 수 있다. AHP 분석 단계는 다음과 같다. AHP는 문제를 정의하고 목표를 세우면서 시작한 뒤 복잡하고 분명치 않은 요소를 상부 구조와 하위 구조로 나눈다. 계층별 중요도 관계는 일대일 쌍대비교 (pairwise comparison) 표를 통해 계산한다. 표에서 입력한 값을 이용해 고유값 (eigen vector) 을 추출하면 요소별 중요도를 알 수 있다. 마지막으로 일관성 평가를 통해 중요도 값의 신뢰성을 평가한다. 요소의 중요도 변화가 최적 대안 선택에 주는 영향을

고려한 민감도 분석은 계층별 요소 분석의 단점인 척도의 경직성을 보완한다.

AHP를 이용한 의사결정 방법 연구는 Yang and Huang (2000) 이 있다. 이 연구는 정보시스템 가운데 어떤 분야를 아웃소싱 해야 하는지 결정하는 문제를 다룬다. 아웃소싱 분야를 결정하는 요소는 경영, 전략, 기술, 경제성, 품질이 있다. 경영 요소는 경영 부서와 정보시스템을 운용하는 부서 관계에 중요한 영향을 준다. 전략 요소는 회사가 핵심 경쟁력에 집중하게 하고 나머지 부분은 아웃소싱을 하여 전체 경쟁력을 향상시키는 역할을 한다. 또한 회사 인력이 최신기술을 습득하기가 어렵기 때문에 아웃소싱을 통해 중요한 기술 부분 정보를 얻을 수 있다. 정보시스템 개발비용과 유지비용 평가는 경제성 요소를 이용한다. 품질 요소는 아웃소싱을 했을 때 얻을 수 있는 품질 개선을 반영한다.

Yang and Huang (2000) 은 정보시스템을 아웃소싱 할 때 고려하는 세 가지 대안을 평가한다. 첫째는 정보시스템 기기를 담당하는 대안이고, 둘째는 소프트웨어를 포함한 정보시스템 전 분야를 관리하는 대안이다. 마지막 대안은 기존 시스템을 개선해 새로운 시스템을 개발하는 대안이다. 대안 분석 방법은 쌍대비교를 이용하여 정보시스템을 구성하는 요소와 아웃소싱 대안사이 관계를 평가한다. 이 연구는 AHP를 이용하여 정보시스템 운용에 필요한 아웃소싱을 대안을 결정하는 방법론을 제시하고 평가했다는 의미를 갖는다. 하지만 대안 결정에 따른 비용 효과를 분석할 수 있는 방법을 제시하지 못했다.

대안 선택에 대한 비용을 분석한 연구는 Lee, Lim, and Kim (2000) 이 있다. Lee, Lim, and Kim (2000) 은 기술 경제성 모형을 이용하여 초고속 망 모델링 문제를 해결했다. 초고속 망 구축 문제는 장비 투자 시기와 서비스 수요 예측에 따라 총비용을 최소로 하는 대안을 선택한다. 또한 수요 변화와 장비가격, 이자율 변화에 따른 불확실성 요소를 고려해 최적 투자 대안을 선택한다. 이러한 비용분석 모형은 대안 선택을 할 때 감당해야 하는 비용을 미리 알려줘 의사결정자가 갖는 불확실성을 줄여주며 대안 선택 자료로 이용할 수 있다.

이 논문은 통신시스템 운용대안을 평가할 때 AHP 분석을 통해서 전문가의 경험을 반영하고,

DRA 분석을 통해 대안 운용비용을 정량적으로 평가한다. 개발한 방법론은 Bevilacqua and Braglia (2000) 과 Yang and Huang (2000) 연구처럼 AHP 분석을 통해 대안의 중요도를 분석할 뿐만 아니라 DRA 분석을 이용해 대안 선택에 따른 비용분석을 시행한다. 두 가지 분석방법을 이용한 대안 평가는 의사 결정자가 대안을 선택할 때 감당해야 하는 불확실성을 줄인다.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 교환망 운용대안을 장단점을 중심으로 비교하고, III장은 대안 중요도 평가를 위한 AHP를 설명한다. IV장과 V장은 AHP를 이용한 PSTN 교환망 분석 사례를 제시하며, VI장에서는 PSTN 교환망 운용비용 분석에 대해 다룬 뒤 VII장에서 결론을 맺는다.

II. 운용대안 장단점 분석

운용대안을 분석하는 기존 방법은 대안이 갖는 장단점을 정성적으로 분석하는 것이다. 이 방법을 이용해서 PSTN 교환망 운용 대안인 현재제 유지(업무조정), 외부위탁, 사내기업화, 자회사설립을 분석하면 다음과 같다.

현재제 유지 대안은 현재 PSTN 업무에 ATM 업무를 포함하여 교환분야 업무영역을 확대하는 방안이다. 이 대안은 교환기술 노하우를 활용할 수 있고, 우수한 교환기술 인력의 이탈방지와 ATM 운용기술의 조기 안정화, 향후 음성과 데이터 망의 통합에 유리하다. 하지만 부서간 업무조정 협의가 필요하며 교환망 운용 인력 이탈을 막을 수 있는 확실한 대안은 아니다.

외부위탁 대안은 통신회사와 국내 공급업체 사이에 TDX 계열 연구개발 부문을 위탁계약 하는 형식이다. 위탁범위는 하드웨어, 소프트웨어 기능 추가 부분, 개량개선, 그리고 문제점 보완 부분이다. 이 대안은 위탁비 50억-100억 정도가 필요 하지만 빠른 시기에 시스템 안정운용을 확보하는 장점을 가진다.

사내기업화 대안은 교환기 연구개발 조직을 통신회사에서 분리하는 대안이다. 사내기업화는 교환기술 전문조직을 육성하며 기술력 조기안정화가 가능한 장점을 갖는다. 하지만, 담당 부서의 강력한 의지와 인력확보 전제가 없으면 추진이 어렵다. 설사

추진하더라도 단기적인 대책일 뿐 계속적으로 인력을 확보하기가 어렵다.

자회사설립 대안은 PSTN 교환기 부분을 통신회사 본체에서 분리한 뒤 전문회사 설립을 목적으로 한다. 이 방안은 PSTN 교환부분의 업무영역이 현재 범위에 머물러 적자사업이 될 때 불가피한 선택이다. 자회사 설립 대상은 연구개발과 유지관리 분야이다. 자회사 설립 대안은 분사 후 아웃소싱으로 안정운용 체계체계 구축이 가능하다. 하지만, 분사 과정과 범위 선정이 어렵고 전담회사의 수익모델을 정립해야 하는 등 완벽한 지원체제 구축에 많은 기간이 필요하다.

지금까지 네 가지 교환망 운용대안이 갖는 장단점에 대해 논했다. 검토결과 신규인력 확보는 현실적으로 어려우며 인력양성 기간도 최소한 5년 이상 필요하다. 따라서 단기적으로는 취약부분인 연구개발 분야를 공급업체 위탁하는 방식을 추진하며, 인력 이탈 방지를 위한 교환부분 업무조정을 병행하는 방식을 검토한다. 또한 장기적으로 교환분야 업무는 전문회사가 처리하는 자회사 설립 방안을 검토한다. 이처럼 대안별 장단점을 분석하는 방법은 대안을 평가하는 정성적 방법이며 대안 특성을 파악하는데 도움을 준다. 하지만 정량적 분석을 통해서 어느 대안이 더 우수한지 결정할 수 없기 때문에 대안을 정량적으로 분석하여 비교해야 한다.

정량적인 대안 분석 방법으로는 Bevilacqua and Braglia (2000) 에서 사용한 고장모드 치명도와 영향분석 (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis, FMECA) 이 있다. 이 방법은 대안을 평가할 수 있는 변수를 설정하고 변수별 중요도에 따라 가중치를 결정한다. 변수를 정의한 다음에는 운용대안마다 변수별 점수를 매겨 가중치를 고려한 총 점수를 계산한다. 이러한 방법은 단순한 절차를 통해 대안을 평가할 수 있는 장점이 있다. 하지만 변수별 가중치를 정하는 방법과 대안별로 변수를 기준으로 점수를 부여하는 방법은 채점자의 주관적인 요소가 크게 작용해 합리적인 방법으로 볼 수 없다. 또한 총 점수를 기준으로 대안을 평가할 경우에는 대안을 단순 비교할 수 있지만 대안이 갖는 특성을 파악하기가 어렵다.

따라서 운용대안 가운데 교환망 운용에 적합한

최적 대안을 선택하기 위해서는 대안별 중요도와 운용비용과 같은 객관적인 가치척도를 이용해 대안을 비교해야 한다. 다음은 대안을 평가하는데 필요한 계층요소 분석방법론과 의사결정 분석 방법론에 대해 알아본다.

III. 계층요소분석 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 방법론

AHP (Satty, 1980) 분석은 고려해야 하는 기준이 많고 선택 가능한 대안이 다양할 때 의사결정문제를 해결하는데 효과적이다. 또한 정량적 요소뿐만 아니라 정성적 요소를 반영할 수 있어서 전문가의 경험과 지식을 반영할 수 있다. AHP를 이용한 문제해결 절차는 다음과 같다.

단계 1: 문제 목표를 정의하고 그 목표에 영향을 주는 요소를 계층으로 세분화하여 의사결정 계층구조를 확립한다. 최상위 계층은 문제의 최종 목표를 나타내고, 다음 계층은 이러한 목표에 영향을 주는 주 요소 (primary factors) 를 표현한다. 그 다음 계층은 위 계층 요소에 영향을 주는 부 요소 (secondary factors) 를 나타낸다.

단계 2: 작성한 계층 구조를 바탕으로 계층별 쌍대비교를 실시한다. AHP의 특징은 동일한 수준에 있는 요소 사이의 중요도를 쌍대비교를 통하여 측정한다는 점이다. 중요도 척도에 따라 쌍대비교를 통하여 다음과 같은 행렬 $A = (a_{ij})$ 을 구성한다.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & w_2/w_3 & \cdots & w_2/w_n \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & 1 & \cdots & w_3/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_3 & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

이는 주 대각선 원소가 모두 1이 되는 역수행렬 (reciprocal matrix) 이다. 여기에서 w_i 와 w_j 는 i 번째 요소와 j 번째 요소의 중요도를 나타낸다. a_{ij} 는 w_i/w_j 의 추정치, $a_{ji}=1/a_{ij}$ 로 표현한다.

표 1은 단계 2에서 쌍대비교를 할 때 사용하는 중요도 비교값 예이다. 예를 들어 교환망 운용을 고려할 때 “신기능 개발” 요소가 “개량개선” 요소보다 얼마나 더 중요한가? 라는 질문을 생각해 보자. 어떤 사람은 이 질문에 “신기능 개발” 요소가 “개량개선” 요소보다 (강하게) 중요하지 않다고 답을

표 1. AHP 요소 중요도 비교값

비교 판단	설명	비교값
같은	두 요소가 상위기준에 같은 영향을 줌	1
약간	한 요소가 다른 요소보다 약간 중요함 (중요하지 않음)	3 (1/3)
강한	한 요소가 다른 요소보다 중요함 (중요하지 않음)	5 (1/5)
매우 강한	한 요소가 다른 요소보다 매우 중요함 (중요하지 않음)	7 (1/7)
절대적으로	한 요소가 다른 요소보다 절대적으로 중요함 (중요하지 않음)	9 (1/9)

할 수 있다. 이 답은 “개량개선” 요소가 “신기능 개발” 요소보다 더 중요하다는 의미와 같다. 이러한 의사결정은 쌍대비교 표에 1/5 라고 표시하는 것과 같다.

이와 같은 상대비교 과정에 집단이 참여할 경우에는 집단적 동의를 통해 중요도를 산출할 수 있으나, 개인마다 다르게 평가 할 경우 일반적으로 기하평균 방법 (geometric mean method, GMM) 을 사용하여 중요도를 계산한다¹⁵⁾. 하지만 기하평균 방법을 이용하여 개인의 의견을 종합할 경우 파레토 최적조건 (Pareto optimality) 을 만족하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 예를 들어 모든 개인은 현재 유지 대안을 최적 대안으로 평가를 했는데, 기하평균 방법을 이용하여 의견을 종합한 결과는 최적 대안으로 사내기업화 대안이 선택될 수 있다. 이러한 경우는 기하평균을 이용한 의사 분석이 개인의 성향을 잘못 반영한 예이다. 이를 방지하기 위한 방법으로 파레토 최적조건을 만족하는지 여부는 가중 산술평균 방법 (Weighted Arithmetic Mean Method, WAMM) 을 이용하여 판단할 수 있다¹⁴⁾. 가중 산술평균을 적용한 결과는 각 대안이 갖는 중요도 값을 개인의 중요도를 고려하여 산술평균 한 값이다.

단계 3: 행렬 A의 고유값 (eigen value) n에 해당하는 고유벡터 (eigen vector) W를 구하고 이를 $\sum w_i = 1$ 이 되도록 정규화 하여 각 요소의 상대 중요도를 도출한다. 행렬 A의 상대 중요도를 나타내는 열 벡터 $W^T = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 를 곱한 결과는 $A \cdot W = n \cdot W$ 가 되고 이는 다음과 같이 특성방정식 $(A - n \cdot I)W = 0$ 로 표현한다. 이 때 행렬 A가

기수적 일관성 (cardinal consistency) 이 있다면 특성방정식의 근은 가장 큰 근만이 고유값 n을 가지며 나머지 근은 0이 된다.

단계 4: 위 방법을 이용하면 추정된 중요도 (W)와 추정된 최대 고유값 λ_{max} 를 구할 수 있다. 단일 쌍대비교에서 중요도가 일관성을 갖지 않는다면 행렬 A의 불일치 정도는 $\lambda_{max} - n$ 으로 측정한다. 이 값은 일관적인 추정치와 실제 쌍대비교 결과와의 판단상의 차이라고 할 수 있다. 일반적으로 다수의 쌍대비교를 통하여 행렬을 구성할 때 인지력의 한계 때문에 완벽한 논리적 일관성 유지가 어렵다. 이러한 한계를 보완하기 위하여 AHP는 쌍대비교에서 일관성 정도를 측정하는 도구로 다음과 같은 일관성 비율 (Consistency Ratio, CR) 을 제공한다.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \cdot \frac{1}{RI}$$

위 식에서 일관성 지수 (Consistency Index, CI) 는 고유값에서 요소 개수 n을 뺀 값을 n-1로 나눈 값이다. 무작위 지수 (Random Index, RI) 는 경험적 자료로 얻은 평균 무작위 지표로써 1에서 9까지 정수를 무작위로 추출하여 역수행렬을 작성한 뒤 이로부터 일관성 지수를 구한 것을 말한다.

단계 5: 앞에서 측정된 일관성 비율이 10% 이내 일 경우에는 행렬 A의 일관성을 신뢰할 수 있으나 만약 일관성 비율이 10% 이상일 경우에는 일관성을 신뢰할 수 없으므로 쌍대비교를 다시 시행하여 행렬 A를 다시 구성한다.

단계 6: 행렬 A의 일관성이 신뢰할만한 수준이면 이상에서 도출한 의사결정 요소의 상대적 중요도를 총합한다.

IV. 계층요소 설정

이 장에서는 3장에서 설명한 AHP 기법을 PSTN 교환망 운용 문제에 적용한 예를 다룬다. 먼저, AHP를 이용하여 교환망 안정운용 전략을 분석하기 위해서 교환망 운용을 구성하는 요소를 추출한다. 추출한 요소는 교환망 운용을 정량적으로 분석할 수 있는 세부 단위이며 교환망 운용에 영향을 주는 정도가 다르다. 이 연구에서는 교환망 운용 분석 자료를 이용하여 그림 2와 같이 추출 가능한 요소를 먼저 설정하고 다음과 같이 요소를 정의한다.

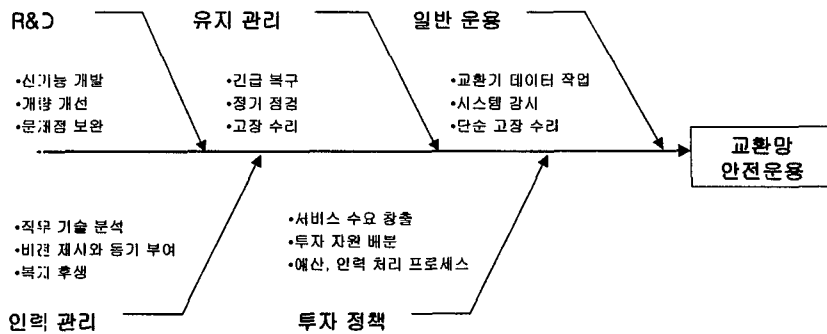


그림 2. PSTN 교환망 안전운용 요소

여기서 연구개발은 교환기 연구 관련 요소로 개발 대상에 따라 신기능 개발, 개량개선, 문제점 보완 같은 세 가지 하위요소로 나뉜다. 신기능 개발은 발신자 표시 서비스 같은 신규서비스 개발 관련 요소이다. 개량개선은 교환기 성능향상을 위한 연구관련 요소이다. 문제점 보완은 불안정한 기술을 보완하는 요소이다.

유지관리 요소는 교환망 고장사례 분석 같은 기술지원과 고급기술 확보 관련요소로 긴급복구, 정기점검, 그리고 고장수리로 나뉜다. 긴급복구는 PSTN 서비스 품질에 중대한 영향을 주는 기술 장애를 복구하는 능력을 나타낸다. 정기점검은 시스템다운 방지를 위한 교환망 정기 검사 관련 요소이고, 고장수리는 전문 기술을 이용해 복구하는 능력이다.

세번째 상위요소 일반운용은 단순 교환기 점검과 시스템 유지관리 요소로 교환기 데이터작업, 시스템 감시, 단순 고장수리 세 가지 하위요소가 있다. 교환기 데이터작업은 가입자 등록, 삭제와 같은 단순 데이터 작업 요소이며, 시스템 감시는 교환망 운용 상태 점검 관련 요소이다. 단순 고장 수리는 보드 교체와 같은 수리관련 요소이다.

인력관리는 교환망 운용 요원 관련 요소로 직무 기술 분석, 비전제시와 동기부여, 복지후생을 하위 요소로 갖는다. 직무기술 분석은 운용인력의 업무처리 프로세스 분석에 관련된 요소이다. 비전제시와 동기부여는 인력이탈 방지와 근무의욕 관련요소이며, 복지후생은 운용요원의 근무시간, 임금 관련 요소이다.

마지막 상위요소인 투자정책은 교환망 관련 투자에 관한 요소로 투자 대상과 목적에 따라 서비스

수요창출, 투자자원 배분, 예산 인력처리 프로세스 세 가지 하위요소를 갖는다. 서비스 수요창출은 새로운 서비스 개발 관련 부분에 투자하는 요소를 나타내며, 투자자원 배분은 투자 효율을 높일 수 있는 자원 배분 방법론에 관한 요소이다. 예산 인력처리 프로세스는 예산 편성과 인력관리 전반에 거친 작업관련 요소이다.

추출한 요소는 분석 대상인 교환기 안전운용을 모두 표현해야 하며 서로 공통된 부분이 있으면 안 된다. 이 조건을 만족하면서 분석 대상으로 결정한 분석 요소와 교환망 운용대안 관계는 그림 3과 같다. 상위요소는 교환망 안전운용을 구성하는 단위로 연구개발, 유지관리, 일반운용, 인력관리로 구성한다. 상위요소는 하위요소를 세 개씩 갖는다. 계층으로 구분한 요소가 교환망 안전운용에 영향을 주는 상대 중요도는 쌍대비교를 통해 구한다.

V. AHP 분석

요소별 계층 구조를 정의한 뒤에는 요소 중요도 평가를 위해 전문가를 대상으로 한 설문 조사를 시행한다. 이 연구는 교환망 운용을 구성하는 요소의 상대 중요도를 구하기 위해 교환망 운용 담당자를 대상으로 설문조사를 실시했다. 설문은 두 차례에 걸쳐 진행했으며 24개 유효 표본을 구했다. 설문결과를 연구에 반영하기 위해서는 표본마다 시행하는 17개의 쌍대비교 행렬이 일관성 비율 검사를 통과해야 한다. 이번 분석에서는 일관성 비율을 0.15로 했을 경우 자료 당 15-17개 일관성 검사를 통과한 6개 설문을 가지고 요소 중요도 분석을 시행했다. 설문자료는 상용프로그램인 Expert Choice 2000^[12]을 이용해 분석했다.

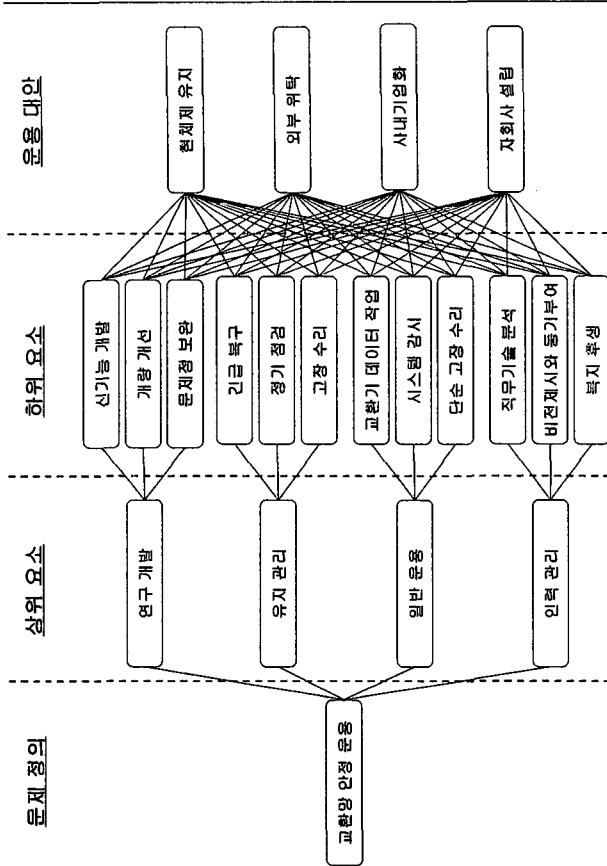


그림 3. 교환망 안정운용을 구성하는 요소 계층

설문에서 얻은 6개 설문자료의 쌍대비교 표 대표 값은 기하평균 방법을 이용한다. 모든 쌍대비교 표를 가지고 Expert Choice를 이용해 설문을 분석한 결과는 그림 4와 같다. 먼저 쌍대비교를 통해 교환망 운용에 영향을 주는 요소의 상대 중요도를 구한다. 다음으로는 상위요소마다 갖고 있는 하위요소의 상대 중요도를 구한다. 마지막으로 하위요소를 기준으로 한 운용대안 상대 중요도를 구한다.

다음으로 요소의 상대 중요도와 요소를 기준으로 한 대안의 상대 중요도를 이용하여 운용대안의 상

대 중요도를 구했다. 하위 요소의 중요도는 다음과 같이 계산한다. 예를 들어 대안 중요도분석 결과 상위요소에서는 연구개발 요소 중요도가 0.325이고, 하위요소에서는 문제점 보완 요소 중요도를 $0.325 \times 0.397 = 0.13$ 로 계산한다. 분석결과 교환망 운용을 위한 최적 대안은 현체제 유지 대안으로 중요도가 0.408이다.

다음으로 기하평균을 이용해 분석한 결과가 파레토 최적조건을 만족하는지 알아보기 위해 가중 산술평균 방법을 통해 운용대안의 중요도를 분석한다. 표 2는 설문 자료별 중요도 결과와 기하평균과 가중 산술평균을 이용해 분석한 결과를 보인다.

표 2를 보면 기하평균을 이용해 분석한 최적 운용대안과 가중 산술평균을 이용해 분석한 최적 운용대안이 현체제 유지로 같다. 따라서 기하평균을 이용해 분석한 결과가 파레토 최적조건을 만족한다고 말할 수 있다. 여기서 가중 산술평균을 적용할 때는 설문 자료의 가중치가 모두 같다고 가정했다.

이처럼 AHP를 이용해서 교환망 운용 대안 중요도를 분석했다. 하지만 AHP 방법은 쌍대비교를 시행할 때 비율척도를 이용한 상대 비교를 하기 때문에 새로운 평가 기준을 추가, 삭제하거나 요소 구성이 변할 경우 최적 대안이 바뀌는 현상이 발생할 수 있다. 이 연구는 이 문제를 해결하기 위해 요소 중요도 변화에 따른 최적 대안 변화를 살펴보는 민감도 분석을 시행했다.

민감도 분석은 요소별 중요도가 얼마만큼 변할 때 최적 대안이 어떻게 달라지는지 분석하는 방법이다. 선택한 대안이 요소 중요도 변화에 민감하다면 그 대안은 불안한 대안이기 때문에 의사결정을

표 2. 기하평균 (GMM) 과 가중 산술평균 (WAMM) 을 이용해 분석한 결과

운용대안	설문 자료별 대안 중요도 결과						그룹 결과	
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	GMM	WAMM
현체제 유지	0.18	0.29	0.39	0.47	0.59	0.36	0.41	0.38
사내기업화	0.25	0.36	0.22	0.27	0.16	0.25	0.25	0.25
자회사설립	0.24	0.22	0.15	0.18	0.13	0.25	0.19	0.20
외부위탁	0.34	0.13	0.23	0.08	0.12	0.14	0.15	0.17

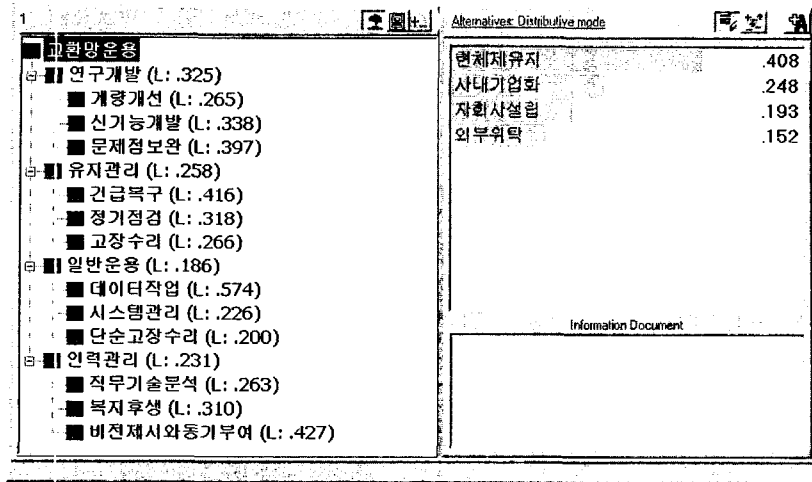


그림 4. AHP 분석 결과

할 때 달라진 대안도 같이 고려해야 한다. 또한 최적 대안선택 변화에 영향을 주는 요소는 그 특성을 더 정확하게 파악해야 한다. 설문 자료를 이용한 민감도 분석 결과는 그림 5와 표 3과 같다. 그림 5 (a)는 AHP 민감도 분석을 위한 화면으로 그림 왼쪽에 있는 요소 중요도 변화에 따른 대안 중요도 변화를 오른쪽에 나타낸다. 그림 5 (b)를 보면 연구개발 중요도가 88.5%로 변할 때 현체제 유지 대안과 사내기업화 대안 중요도가 27.2%로 같음을 알 수 있다. 그림 5 (c)는 현재 연구개발 요소 중요도가 32.5% 임을 보이고, 연구개발 요소 중요도가 88.5% 이상으로 증가하면 최적 대안이 현체제유지에서 사내기업화로 변함을 보인다.

표 3은 하위요소의 중요도 변화에 따른 민감도 분석 결과를 보인다. 문제점 보완 요소의 상대 중요도 변화에 따라 최적 대안이 가장 자주 바뀐다. 문제점 보완 요소의 현재 중요도는 0.13이지만 중요도가 0.56을 넘으면 최적 대안이 사내기업화로 변한다. 또한 중요도가 0.61을 넘으면 최적 대안은 자회사설립으로 바뀌며, 0.68을 넘으면 최적 대안이 외부위탁으로 바뀔 수 있다. 또한 8개 하위요소는 중요도가 변화와 상관없이 현체제 유지 대안이 최적임을 보인다.

AHP 분석과 민감도 결과를 통해 설문에 응답한 사람이 교환망을 운영하는 문제를 어떻게 생각하는지 알 수 있었다. 민감도 분석결과 최적대안으로 선택된 현체제 유지 대안은 대체적으로 요소의 중요도

변화에 영향을 적게 받았다. 이를 통해 설문에 응답한 집단이 교환망 운영을 담당하는 조직의 변화에 수동적인 태도를 취할 것이라고 생각할 수 있다.

지금까지 AHP를 이용해서 교환망 운용대안의 상대 중요도를 분석했다. 상대 중요도는 교환망 운영을 담당하는 전문가의 의견을 계량적으로 표현한 값이다. 반면에 의사결정 방법론은 대안 선택에 따르는 가치 척도 값을 계산한다. 이는 분석대안 종류와 개수에 관계없이 대안이 갖는 객관적인 특성을 평가한다.

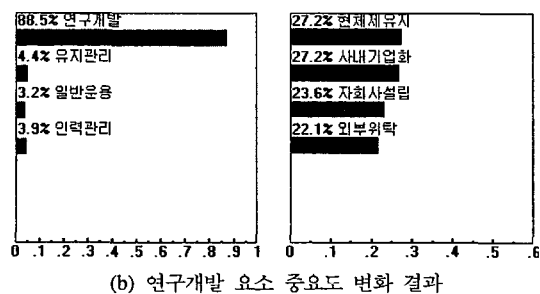
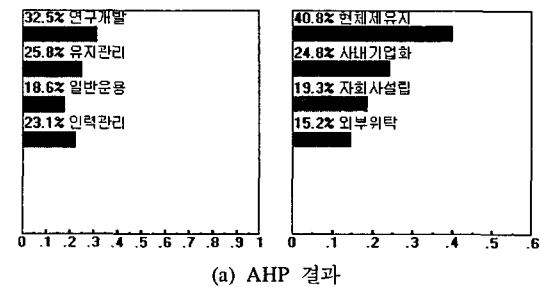
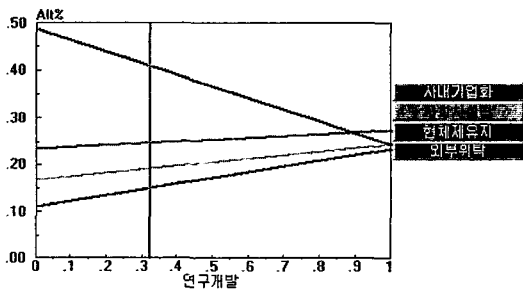


표 3. AHP 민감도 분석 결과

하위요소 (상대 중요도)	민감도 분석 결과 (숫자 사이 값이 민감도 분석에 따른 최적 대안을 표시)
신기능 개발 (0.09)	0.01 < 현재제유지 < 0.46 < 사내기업화 < 0.54 < 외부위탁 < 0.99
개량개선 (0.11)	0.01 < 현재제유지 < 0.51 < 사내기업화 < 0.58 < 외부위탁 < 0.99
문제점보완 (0.13)	0.01 < 현재제유지 < 0.56 < 사내기업화 < 0.61 < 자회사설립 < 0.68 < 외부위탁 < 0.99
긴급복구 (0.11)	0.01 < 현재제유지 < 0.99
정기점검 (0.08)	0.01 < 현재제유지 < 0.99
고장수리 (0.07)	0.01 < 현재제유지 < 0.99
데이터작업 (0.11)	0.01 < 현재제유지 < 0.99
시스템관리 (0.04)	0.01 < 현재제유지 < 0.99
단순고장수리 (0.04)	0.01 < 현재제유지 < 0.99
직무기술분석 (0.06)	0.01 < 현재제유지 < 0.64 < 사내기업화 < 0.99
비전제시와 동기부여 (0.07)	0.01 < 현재제유지 < 0.99
복지후생 (0.10)	0.01 < 현재제유지 < 0.99



(c) gradient를 이용한 민감도 변화 분석

그림 5. 민감도 분석 결과 예

VI. 의사결정 분석 방법론

의사결정 분석 기법은 의사결정에 필요한 개념, 방법론, 분석 도구들을 체계 있게 구성하여 문제 발견부터 최종 전략안 작성까지 과정들을 수행할 수 있도록 만든 방법론이다. 의사결정 분석은 의사결정자가 당면한 문제점을 명확하게 한 다음 이를 바탕으로 타당한 전략안을 작성한다. 다음으로 전략안에 영향을 미치는 불확실성 변수의 변화 범위를 여러 전문가의 도움을 받아 구한다. 이 결과를 바탕으로 전략안의 위험과 수익을 민감도 분석을 통해 발견한다.

의사결정 분석을 위해서는 먼저 영향도를 작성한다. 영향도는 의사결정 요소로 교환망 운용대안이 있고, 불확실성 요소는 각 대안별 운용비용, 유지비용, 연구개발 비용이 있다. 이를 그림 6과 같이 표

현한다.

운용대안별 비용 분석을 위해서 요소별 비용 자료와 불확실성 자료를 입력한다. 분석을 할 때는 먼저 운용대안을 선택한 뒤 요소별 비용과 불확실성 자료를 입력한다. 분석에 사용한 비용자료와 불확실성 자료는 표 4, 5와 같다. 표 4를 보면 대안 특성 별로 비용 요소값이 다르다. 따라서, 비용 요소를 나누어 분석을 하면 대안별 특성을 고려한 분석을 할 수 있는 장점이 있다. 표 5는 비용요소별 불확실성 자료이다. 불확실성 자료는 요소별 비용 변동 확률과 단위 비율당 비용 변화값이 있다.

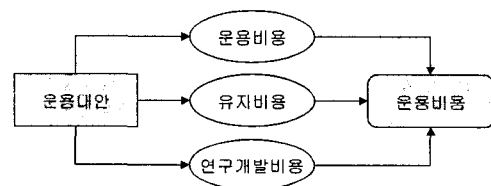


그림 6. 의사결정 분석 영향도

표 4. 운용대안별 비용 자료 (단위: 백만원)

(가) 현재제 유지 대안 비용		
운용비	유지비	연구개발비
364,318	36,381	72,892
(나) 사내기업화 대안 비용		
운용비	유지비	연구개발비
109,295	10,914	21,867

(다) 자회사 설립 대안 비용

운용비	유지비	연구개발비
145,727	14,552	29,156

(라) 외부위탁 대안 비용

운용비	유지비	연구개발비
364,318	36,381	7,289

표 5. 운용대안별 요소 불확실성 자료

(가) 현체제 유지비용 불확실성 자료

비용 요소	감소 확률	유지 확률	증가 확률	변동폭 (원/0.01)
운용비	0.30	0.40	0.60	500,000,000
유지비	0.30	0.40	0.60	500,000,000
연구개발비	0.30	0.20	0.80	300,000,000

(나) 사내기업화 비용 불확실성 자료

비용 요소	감소 확률	유지 확률	증가 확률	변동폭 (원/0.01)
운용비	0.00	0.20	0.80	700,000,000
유지비	0.00	0.40	0.60	700,000,000
연구개발비	0.00	1.00	0.00	700,000,000

(다) 자회사 설립 비용 불확실성 자료

비용 요소	감소 확률	유지 확률	증가 확률	변동폭 (원/0.01)
운용비	0.00	0.20	0.80	700,000,000
유지비	0.00	0.40	0.60	700,000,000
연구개발비	0.00	1.00	0.00	700,000,000

(라) 외부위탁 비용 불확실성 자료

비용 요소	감소 확률	유지 확률	증가 확률	변동폭 (원/0.01)
운용비	0.00	0.20	0.80	700,000,000
유지비	0.00	0.40	0.60	700,000,000
연구개발비	0.00	1.00	0.00	700,000,000

위에서 살펴본 영향도, 비용자료, 불확실성 자료 예를 가지고 교환망 운용대안 비용을 확률 분석한 결과는 그림 7과 같다. 분석 결과 현체제 유지 대안 비용이 약 5,288억으로 가장 크다. 반대로 사내 기업화 대안은 비용이 약 2,121억으로 가장 작다. 이처럼 최소비용 대안과 최대비용 대안 비용이 차이가 두 배가 넘는다. 이는 비용 분석 결과를 고려한 운용 대안 평가가 중요함을 나타낸다.

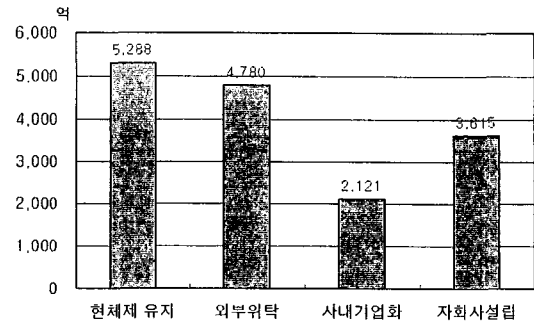


그림 7. 비용 분석 결과 예

개발한 방법론을 PSTN 교환망 운용에 적용한 대안 분석 결과를 정리하면 다음과 같다. 대안은 AHP로 분석한 상대 중요도와 DRA로 분석한 운용 비용에 따라 그림 8과 같이 위치한다. 그림 8에서 외부위탁 대안은 운용비용이 크고 상대 중요도가 작은 대안이다. 자회사 설립과 사내 기업화 대안은 운용비용은 작고 상대 중요도도 작은 대안이다. 마지막으로 현체제 유지 대안은 상대 중요도와 대안 운용비용 모두 크다. 그림 9는 대안의 상대중요도 변화에 따른 대안 위치 변화를 보인다. 여기서 사용한 대안별 중요도는 사내기업화 대안을 가장 중요하게 평가한 결과값을 이용한 것이다. 이 설문자의 경우에는 사내기업화 대안의 상대중요도를 36%로 제일 높게 평가했고, 현체제유지 대안을 29%, 자회사설립 대안은 22%, 외부위탁 대안을 13%로 평가했다. 그림 9를 기준으로 대안을 평가하면 운용비용이 작고 상대 중요도가 높은 사내기업화 대안을 최적대안으로 선택할 수 있다. 이처럼 그림 8, 9와 같은 방식으로 대안 상대 중요도 변화나 비용 변화를 보기 쉽게 표현할 수 있다.

그림 8에서 의사결정자가 선호하는 대안은 상대 중요도가 크고 운용비용이 낮은 대안이다. 하지만 분석 결과 위 조건을 만족하는 대안은 없다. 이 경우 의사 결정자는 다음과 같은 방법을 통해 문제를 해결할 수 있다. 대안을 선택할 때 운용비용이 중요 기준이면 자회사 설립이나 사내기업화 대안을 선택하고, 이 조건에서 상대 중요도를 높이는 상세 전략을 추구해야 한다. 또한 대안이 가지는 장점을 혼합한 형태의 새 대안을 만들 수도 있다. 예를 들어 비용이 낮은 자회사설립 대안과 사내기업화 대안의 장점과 중요도가 큰 현체제유지 대안의 장점을 이용한 새 대안을 만들 수 있다.

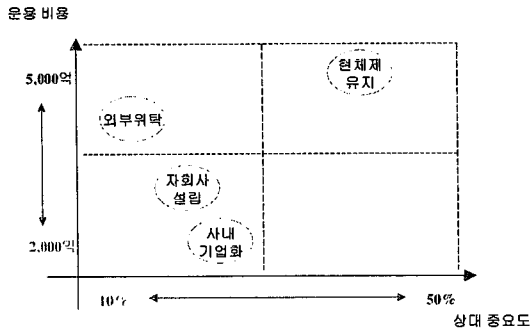


그림 8. 계층요소 분석과 의사결정 분석 결과

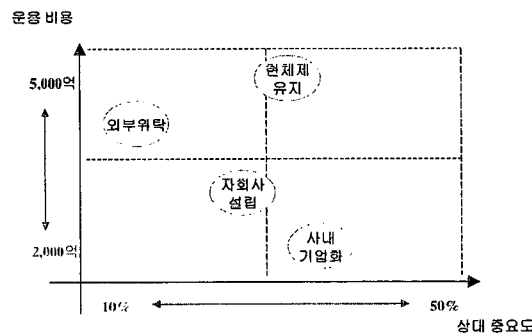


그림 9. 사내기업화 상대 중요도가 증가한 경우

VII. 결론

이 연구는 계층요소 분석과 의사결정 분석 방법론을 이용하여 통신 시스템 운용 대안 평가 방법에 대해 연구했다. 두 접근방법론은 운용 대안을 평가하는 면에서 다음과 같은 특성을 갖는다. 계층요소 분석은 교환망 운용을 목적으로 하는 운용대안별 상대 중요도를 계산한다. 상대 중요도는 교환망 운용을 담당하는 전문가의 주관적 의견을 개량적으로 표현한 값이다. 이 경우 대안별 중요도는 분석 대안 종류와 개수에 영향을 받는다. 반면에 의사결정 방법론은 대안 선택에 따르는 가치 척도 값을 계산한다. 이는 분석대안 종류와 개수에 관계없이 대안이 갖는 객관적인 특성을 평가한다.

이 연구의 발전 방향으로 최적 운용대안 진화 방안을 들 수 있다. 통신시스템 환경 변화와 기술발전 같은 외부 효과가 시스템 운용 대안에 영향을 주기 때문에 결정한 운용대안이 항상 최적대안은 아니다. 따라서 분석기간을 나누어 분석하면 외부환경 변화에 적합한 운용대안을 선택할 수 있다. 이러한 최적

대안 진화는 시장환경 변화에 미리 대응할 수 있는 운용대안 진화 방향을 제시해서 유연한 대안 설정을 도와준다.

참고 문헌

- [1] 김성훈, 이석일, "전화교환망 기술의 진화 전략," 정보통신연구, 제14권 제1호, 2000. 3.
- [2] 나완배 외, "기업전략개발과 위험분석," 도서출판 한송, 1996.
- [3] 서두수, 백송기, 이성근, "국내 운용중인 Circuit Switching 시스템의 고도화 개발," 정보통신연구, 제14권 제2호, 2000. 6.
- [4] 윤상호, 김현수, 서양원, 이성근, "Voice/Data Convergence를 위한 교환망 발전 방향," 정보통신연구, 제14권 제2호, 2000. 6.
- [5] 이영호, 정해승, 노장래, "가입자망 기술경제성 평가에 관한 새로운 방법론 연구," 한국통신학회 논문지, Vol. 25, No. 2A, pp. 306-316, 2000.
- [6] 정보통신정책연구원, "주요 통신시스템별 요금지수 개발에 관한 연구," 2000.12.
- [7] 정성문, 이영재, "교환시설 집중운용 관리기술 개발," 정보통신연구, 제14권 제2호, 2000. 6.
- [8] 초고속 사업 계획 수립 전담반, "초고속 사업 계획안," 1998
- [9] ETRI, "국내의 PSTN 사업과 교환기 안정운용 현황 분석," 2001.
- [10] ETRI, "교환망 안전운용방안 검토안," 2001. 4.
- [11] Expert Choice, "Expert Choice 2000: Quick Start Guide and Tutorials," Expert Choice, Inc., 2001.
- [12] Bevilacqua M., M. Braglia, "The Analytic Hierarchy Process Applied to Maintenance Strategy Selection," Reliability Engineering & System Safety, 70, 71-83, 2000.
- [13] Lee Y., I. Lim, and J. Kim, "A new techno-economic modeling of high-speed networks for the Internet," INFORMS National Meeting, San Antonio, TX, U.S.A. November 5-8, pp. 51, 2000.
- [14] Ramanathan R. and L. S. Ganesh, "Grouping preference aggregation methods employed in AHP: An evaluation and an intrinsic process for deriving members' weightages," European Journal of Operational Research, 79, 249-265,

1994.

- [15] Satty T. L., "The Analytic Hierarchy Process,"
MaGraw-Hill, 1980.
- [16] Thuesen, G. J., W. J. Fabrycky, 김영휘, 김성식,
김성인, 김승권 역, 경제성 공학 제 8판, 청문각,
1994.
- [17] Yang C., J. Huang, A decision model for IS
outsourcing, International Journal of Informa-
tion Management, 20, 225-239, 2000.

이 영 호(Youngho Lee)

정회원



1984년 2월 : 서울대학교
산업공학과 졸업
1986년 2월 : 서울대학교
산업공학과 석사
1992년 9월 : Virginia Tech.,
USA 산업공학과 박사

1992. 9. ~1997. 2. : 미국 U S WEST Advanced
Technologies, Distinguished Member
Technical Staff

1997. 3. ~현재 : 고려대학교 산업시스템정보공학과
부교수

<주관심 분야> 통신경영, 통신시스템, 금융공학, 수
리최적화

최 은 영(Eunyoung Choi)



1999년 2월 : 고려대학교 산업
시스템정보공학과 졸업
2002년 2월 : 고려대학교 산업
시스템정보공학과 석사
2002년 2월~현재 :
(주)한국시엔에이
정보통신 기술연구소

<주관심 분야> 통신경영, 금융공학, 시스템 최적화

이 지 형(Jeephyung Lee)

한국전자통신연구원 정보통신경영연구소 책임연구원

조 삼 섭(Sangsub Cho)

한국전자통신연구원 정보통신경영연구소 책임연구원

박 정 석(Jungsuk Park)

한국전자통신연구원 정보통신경영연구소 책임연구원