

전력사업분야의 중장기 기술과제 선정 기법

이준승¹ · 김종수² · 허선²

¹한국전력공사/ ²한양대학교 산업공학과

A Methodology for Selecting Long-Range Technology Alternatives in the Electric Power Industry

June-Seung Lee¹ · Jong-Soo Kim² · Sun Hur²

In this paper, we apply AHP method to select long range technology alternatives for KEPCO. The input data was gathered by the questionnaire surveys answered by experts. The effectiveness and validity of the method were tested by comparing the results with those of the current selection procedure. We show that the proposed method can outperform the current method and can be applied to the real decision making process of the electric power company.

1. 서론

한전의 기술개발 투자규모는 지난 5년간 연평균 21.3%씩 증가해 왔으며, '97년도 실적기준으로 매출액 대비 2.7%인 3,342억 원에 달한다. 한전의 기술개발 추진 방향은 사업 수행상 필수적인 핵심기술은 자체기술개발을 통해 확보하고, 기타 관련기술은 외부기관이 기술개발을 하도록 지원하여 그 성과를 회수함으로써 전력기술의 균형 발전을 도모하는 것이다(한재민, 한두음, 1997). 현재 진행되고 있는 한전의 기술개발사업은 크게 세 가지 종류로 구분된다. 첫째, 전체 투자규모의 약 40%를 차지하는 '연구개발사업'은 국가선도기술개발(G-7) 과제를 포함한 한전의 전력연구원을 중심으로 추진하는 자체 기술개발을 의미한다. 둘째, 역시 40%에 달하는 '기술개발지원사업'은 중전기기 개발, 에너지절약, 중소기업 지원 등 정부 시책과 관련 법령에 따른 전력기술 관련 지원사업이다. 셋째, 20%에 해당하는 '기반조성사업'은 사내 인력개발 및 전산 프로그램의 개발 등 회사 기술개발 인프라 구축을 위한 사업을 말한다.

한전의 기술개발 전략 수립과정은 환경분석 단계에서 출발한다. 이러한 환경분석은 중장기 기술예측조사 자료, 사업부서 기술수요조사 자료, 국가기술정책 동향, 정부·산학연 역할분담 구도 등 기술환경 분석자료 및 경영환경 분석자료 등을 토대로 이루어진다. 다음 단계에는 기술분야별 기술개발의 비전 수립 및 목표 설정 등을 통하여 기술개발 기본방향을 수립하는 것이다. 그 다음으로 가용한 자금규모와 인력규모 등을 고려하여 설정된 비전과 목표 달성을 위한 구체적인 기술

과제를 발굴하는 일이다. 이렇게 발굴된 기술과제 중에서 최종적으로 개발할 기술을 선정하게 된다. 이러한 기술과제 선정과정은 회사 내 부서간의 의견 차이와 이해가 대립되어 장시간이 소요되고 합의에 어려움이 따르게 되므로 현재보다 객관적이고 효율적인 기술과제 선정기법이 요구되고 있다.

이러한 요구를 반영하여 본 연구에서는 보다 객관적이고 효율적인 기술과제 선정을 가능케 하는 기술과제 선정기법을 제시하고자 한다. 또한 제시된 방법의 타당성 검증을 위하여 실제자료를 이용한 결과를 도출하고 이를 분석한다.

2. 중장기 기술과제 선정기법

2.1 기술분야와 기술개발과제

현재 한전에서는 전력공급 안정, 지구환경 보전, 원가절감, 경영효율, 고객감동, 서비스 혁신을 기준으로 기술개발의 범주를 <표 1>에 있는 것처럼 아홉 개로 크게 구분하고 있다.

표 1. 아홉 개의 기술분야

· 원자력이용 분야	· 부하관리 분야
· 수화력이용 분야	· 정보통신이용 분야
· 전력전송 분야	· 수용가중심 분야
· 지구환경보호 분야	· 기초응용 분야
· 설비 운영향상 분야	

한편, 각 기술분야에는 장기적으로 확보해야 할 총 86개의 단위 기술개발과제들이 속하여 있다(한재민, 한두음, 1996). 예를 들어, 원자력이용 분야라는 기술분야에는 표준원전 핵심설계 및 개량기술이라는 단위 기술개발과제를 비롯한 총 16개의 단위 기술개발과제가 있다.

2.2 기술과제 선정

본 연구에서 제시하는 선정기법은 <그림 1>과 같이 3단계로 이루어져 있다. 첫째, AHP 기법(Saaty, 1994)을 이용하여 아홉 개 기술분야의 상대적 중요도를 평가하고 이를 이용하여 각 기술분야의 가중치를 결정한다. 둘째, AHP 기법을 활용하여 개별 기술개발과제 자체의 중요도를 정하고, 정해진 중요도와 해당 기술개발과제가 소속된 기술분야의 가중치를 곱하여 기술개발과제의 최종 우선순위값을 결정한다. 이때 기술개발과제의 중요도 및 기술분야별 상대적 중요도는 전문가들에 대한 설문조사를 기준으로 결정된다. 셋째, 기술개발과제의 최종 우선순위값과 중장기 기술개발 투자배분 기본방침 등을 입력자료로 하여 기술과제선정을 위한 수리계획 모형을 수립하고 그 결과를 이용하여 최종적으로 투자할 기술과제를 선정하게 된다.

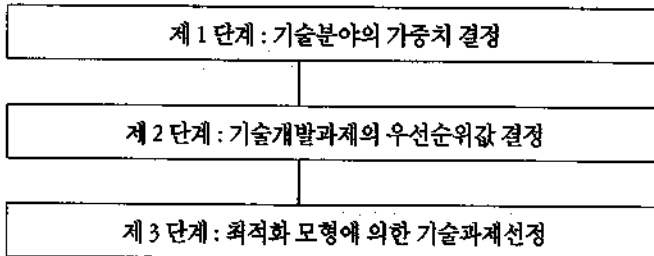


그림 1. 선정기법의 절차.

2.3 기술분야의 가중치 결정

아홉 개 기술분야에 대한 상대적 중요도는 설문지를 통한 기초자료를 기준으로 결정하였다. 이를 위하여 전력공급안정, 지구환경보전, 원가절감, 경영효율화, 고객감동, 서비스 혁신의 여섯 가지 평가기준에 대하여 각 기술분야가 얼마나 중요한가를 쌍대비교하고 이를 가중치로 환산하였다.

2.4 기술개발과제의 우선순위값 선정 기준

기술개발과제의 우선순위 평가기준은 일본, 캐나다 등 해외 전력회사의 기술개발 평가기준(Anyas-weiss, 1996; Onishi, 1996; Shuji, 1996)과 현재 운영중인 회사의 연구과제 선정 평가기준(한재민, 한두음, 1997)을 참조하여 ① 경영정책과 연계성, ② 사회적 필요성, ③ 사업 적용성, ④ 기술획득 경쟁력, ⑤ 기술 파급효과, ⑥ 경제성의 여섯 가지 항목으로 확정하였다. 이들 여섯 가지의 평가기준이 동일한 비중을 가진다고 보기 어

려우므로 AHP 기법을 이용한 설문조사결과와 분석을 통하여 각 평가기준들의 상대적 중요도를 나타내는 가중치를 먼저 구하였다.

그리고 전문가들에게 각 기술분야별로 해당기술분야 내의 과제들만을 대상으로 위에서 언급한 여섯 가지 평가기준 각각에 대하여 5점 척도(수, 우, 미, 양, 가)로 평점을 매기도록 하였다. 이렇게 구해진 각 평가기준에 대한 가중평점(평점에 해당 평가기준의 가중치를 곱한 값)의 합에 해당과제가 속한 기술분야의 가중치를 곱하여 기술개발과제의 최종적인 우선순위값으로 하였다. 이와 같이 같은 기술분야 내의 과제들끼리만 비교하여 평점을 매긴 이유는 전체 기술분야를 망라한 과제들을 한꺼번에 평가할 경우에는 쌍대비교의 숫자가 지나치게 많아져서 정확한 값을 구하기가 어렵다고 판단되기 때문이다.

2.5 중점기술 선정을 위한 최적화 모형

한정된 연구개발비를 투자하여 가장 효율적으로 기술개발을 추진하기 위해서는 과제의 중요도, 연도별 가용투자액, 사업부문별 가용투자액을 종합적으로 고려하여 개발할 과제들을 선정하여야 한다. 여기서 사업부문이란 한전의 사업단을 기준으로 한 수·화력, 원자력, 전력계통, 에너지·환경의 네 부문을 의미한다. 연구개발비에 대한 조건은 첫째, 연도별 연구개발비 총액규모가 해당 연도의 가용투자액을 초과할 수 없다는 것과 둘째, 각 연도별로 사업부문별 총 연구개발비가 미리 정해진 해당 사업부문의 가용투자액을 초과할 수 없다는 두 가지로 분류될 수 있다.

이러한 제한조건들을 만족하면서 연구개발의 효과를 극대화하는 모형을 아래와 같이 수립하였다.

우선 기호정의를 하면,

인덱스

- i : 기술분야 ($i = 1, 2, \dots, 9$)
- j : 기술개발과제 ($j = 1, 2, \dots, 86$)
- k : 사업부문 ($k = 1, 2, \dots, 5$)
- t : 연도 ($t = 1999, 2000, \dots, 2010$)

입력변수

- w_{ij} : i 기술분야의 j 기술개발과제의 우선순위값
- C_{ijt} : i 기술분야의 j 기술개발과제의 t 연도의 예상소요비용
- B_t : t 연도의 총 가용 기술개발 투자비
- b_{kt} : t 연도의 사업부문 k 에 가용한 기술개발 투자비
- a_{ijk} : i 기술분야의 j 기술개발과제가 k 사업부문에 속하는지를 표시하는 입력변수로, 그렇다면 1, 아니면 0으로 입력한다.
- δ_{ijt} : i 기술분야의 j 기술개발과제가 t 사업연도까지 수행되도록 입안되었는지를 표시하는 입력변수로, 그렇다면 1, 아니면 0으로 입력한다.

결정변수

x_{ij} : i 기술분야의 j 기술개발과제가 채택되면 1, 아니면 0으로 결정되는 이진결정변수를 나타낸다.

수립된 모형은 아래 IP 1과 같다.

$$IP 1 : \text{Max} \quad \sum_i \sum_j b_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_i \sum_j c_{it} \delta_{it} x_{ij} \leq B_t \quad \forall t \quad (2)$$

$$\sum_i \sum_j c_{ik} a_{ik} \delta_{ik} x_{ij} \leq b_k \quad \forall k, t \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \quad (4)$$

제약식 (2)는 연도별로 기술개발과제에 투입가능한 연구개발비 총액에 관한 제약식이고, 제약식 (3)은 사업부문별 연구개발비에 관한 제약식이다. (2)와 (3)식에서 δ_{it} 는 결정변수가 아닌 입력변수로, t 년도에 i 기술분야의 j 기술개발과제가 수행되도록 입안되어 있으면 1의 값이 입력되어 제약이 걸리게 되고 그렇지 않다면 0의 값으로 입력되어 해당연도에는 영향을 미치지 않게 된다. 이와 유사하게 (3)식에서는 i 기술분야의 j 기술개발과제가 k 사업부문에 속하는가를 미리 입력하여 해당사업부문에 속하는 과제들만을 대상으로 사업부문별 연구개발비 제약을 걸어주게 된다. 목적식 (1)은 선정되는 개발과제의 우선순위값들의 합을 최대화하는 것이다.

위 모형의 특징 중 하나는 총 계획기간 (여기서는 1999년부터 2010년까지) 도중에 종료되도록 계획된 과제들도 고려할 수 있다는 점이다. 즉, δ_{it} 값을 미리 입력함으로써 과제의 총 수행기간에 관계없이 모형에 포함시킬 수 있도록 되어 있다. 다만 현재모형은 개별과제의 개시시기 및 종료시기, 사업부문별 연구개발비, 연도별 연구개발비 총액까지를 결정할 수 있도록 되어 있지는 않다. 이러한 기능은 위 모형을 수정함으로써 쉽게 포함시킬 수 있으나, 모형의 크기가 대폭 늘어나게 되므로 실제적용시의 상황을 고려하여 확장여부를 결정해야 할 것이다.

3. 모형의 적용 및 해석

3.1 입력자료의 획득

본 연구에서는 설문조사를 위해 아홉 개 기술분야에 각 세 명씩, 총 27명의 관련 사업부서 및 연구부서 담당자를 선정하였다. 이들의 인적 구성을 살펴보면, 회사의 경영현황을 잘 알고 있으면서 해당 분야의 기술과제들에 대해 전문적인 의견을 지닌 근무경력 10년 이상의 본사 각 사업부서의 R&D 담당자 (부장 및 과장급) 17명(63%) 및 연구원의 각 연구실 소속 부장급 10명(37%)이다. 설문지는 두 가지 종류로 첫 번째는 '경영목표와 연계한 기술분야의 중요도 평가' 이고, 두 번째는 '기술개발과제의 해당기술분야 내에서의 평점평가'에 관한 것이며 모두 AHP 기법을 사용하여 작성되었다.

Satty는 경험적으로 보아 일관성 비율(CR)이 0.1 이하(10% 이내)이면 타당한 것으로 보았으나 본 연구에서는 설문 문항수가 비교적 많고 응답자들이 AHP 기법에 생소함을 감안하여 일관성 비율의 기준을 다소 완화하여 0.15 이상인 설문 결과는 분석에서 제외하였다(Satty, 1994). 그 대신 일관성 비율이 0.15 이하더라도 모든 평가기준에 대해 소속 기술분야의 중요도가 항상 크다고 응답한, 소속분야 이기주의가 명백히 나타나는 설문 결과는 제외하였다. 결과적으로 1단계 설문인 '경영목표와 연계한 기술분야의 중요도 평가'의 경우에는 총 10명의 설문 결과를, 2단계 설문인 '기술개발과제의 평점평가'의 경우는 총 25명의 설문 결과를 토대로 자료를 취득하게 되었다.

3.2 결과 분석

설문지 결과의 분석은 AHP 기법용 패키지인 Expert Choice (1995)를 이용하였다. 요약한 분석결과를 소개하면 다음과 같다.

3.2.1 기술분야의 가중치 선정

네 가지 세부 경영목표의 중요도는 ① 전력공급 안정(41.0%) ② 고객감동 · 서비스혁신(23.9%) ③ 원가절감 · 경영효율(23.2%) ④ 지구환경 보전(11.9%)으로 나타났으며, 이를 기준으로 한 각 기술분야의 가중치는 아래 <표 2>와 같이 나타났다.

3.2.2 기술개발과제의 우선순위값 선정

우선 평가기준의 상대적 중요도를 계산한 결과는 ① 경제성(21%) ② 기술획득 경쟁력(19%) ③ 사업적용성(18%) ④ 기술 파급효과(16%) ⑤ 경영정책 연계성(14%) ⑥ 사회적 필요성(12%)의 순으로 나타났다. 한편, 각 분야별 3명의 전문가들로 하여금 해당분야의 기술개발과제를 상기 여섯 개 평가기준에 대해 5점 척도(수, 우, 미, 양, 가)의 평점법으로 평가하도록 하였다. 이때 여섯 개의 평가기준에 관한 AHP 기법의 일관성 비율이 2.0 이상 되는 두 명의 설문 결과는 제외하였다. 또한 각 분야별로 설문자들의 평가 성향이 상이할 수 있으므로 결과를 표준화 처리하였다. 이러한 과정을 통해 분야 내 기술개발과

표 2. 기술분야간의 중요도 평가 결과

원자력이용 분야	0.145
수화력이용 분야	0.096
전력전송 분야	0.127
지구환경보호 분야	0.090
설비 운영향상 분야	0.176
부하관리 분야	0.122
정보통신이용 분야	0.071
수용가중심 분야	0.131
기초응용 분야	0.041

3.2.2 기술개발과제의 우선순위값 선정

우선 평가기준의 상대적 중요도를 계산한 결과는 ① 경제성(21%) ② 기술획득 경쟁력(19%) ③ 사업적용성(18%) ④ 기술 파급효과(16%) ⑤ 경영정책 연계성(14%) ⑥ 사회적 필요성(12%)의 순으로 나타났다. 한편, 각 분야별 3명의 전문가들로 하여금 해당분야의 기술개발과제를 상기 여섯 개 평가기준에 대해 5점 척도(수, 우, 미, 양, 가)의 평점법으로 평가하도록 하였다. 이때 여섯 개의 평가기준에 관한 AHP 기법의 일관성 비율이 2.0 이상 되는 두 명의 설문 결과는 제외하였다. 또한 각 분야별로 설문자들의 평가 성향이 상이할 수 있으므로 결과를 표준화 처리하였다. 이러한 과정을 통해 분야 내 기술개발과

제들간의 우선순위값을 정한 후, 이 값에 앞서 구한 해당 기술 분야의 가중치를 곱하여 각 기술개발과제별 우선순위값으로 결정하였다. 그 결과 현재 개발중인 기술과제 22개 중 절반인 11개의 과제가 우선순위 30위 이하에 위치하였다. 이것은 각 분야 담당자들의 실무적인 기술평가와 정책적인 중점기술 선정 결과와의 차이와 IMF 체제 및 경영방침의 변경 등으로 인한 경영환경 변화를 반영하고 있는 것으로 생각된다.

3.2.3 최적화 모형 및 선정 결과

총 86개 중장기 기술개발과제별 우선순위값과 과제별 예상 소요자금 및 2010년까지 투자 가능한 총 기술개발비, 사업부문별 투자 배분에 관한 기본방침을 제약조건으로 하여, 86개 변수와 120개 제약식으로 구성된 정수계획법 모형을 작성하였다. 모형의 해는 IBM compatible PC(Pentium II celeron 333 Mhz) 상에서 Lindo(professional version)(Schrage, 1997)을 이용하여 구하였다.

기존의 방법 즉, 토론·합의식으로 선정된 과제들이 <표 3>에, 그리고 제안방법에 의해 새로이 선정된 과제들이 <표 4>에 나와 있다.

표 3. 기존방법에 의한 22개 중점기술과제

기술분야	중점기술과제	우선 순위값 (가중치)	전체 순위
원자력 이용분야	원전수명 관리기술	1.450	2
	중저준위 방사물유리화기술	1.262	6
	안전해석기술	0.943	23
	표준원전 핵심설계 및 개량기술	0.812	44
	혼합 산화물연료 실용화기술	0.508	64
수화력 이용분야	발전설비 수명관리기술	0.960	20
	IGCC 설계 및 기반기술	0.883	33
전력전송 분야	765 kV 송변전 설계 및 운영기술	1.270	5
	FACTS 기술	0.635	53
지구환경 보호분야	용융탄산염형 연료전지 개발기술	0.891	31
	고효율 배기가스 정화기술	0.801	45
설비운영 향상분야	RCM 최적화기술	1.760	1
	디지털 분산제어시스템 개발기술	1.176	8
	원전제어설비 신뢰성 향상기술	1.074	12
	설비고장 예측진단 및 정비기술	0.915	25
	변전설비 운전자동화 기술	0.528	62
부하관리 분야	부하 평준화 수요관리기술	1.220	7
	경제급전 종합관리시스템 개발기술	0.854	39
정보통신 이용분야	정보통신망 통합관리기술	0.540	61
수용가 중심분야	중합배전자동화 시스템 개발기술	1.009	16
기초응용 분야	지진특성평가 및 내진해석기술	0.410	68
	초전도 응용기술	0.291	79
가 중 치 합 계		20.192	

표 4. 제안방법에 의한 22개 중점기술과제

기술분야	22위 이내의 기술과제	우선 순위값 (가중치)	전체 순위
원자력 이용분야	원전수명 관리기술	1.450	2
	원전 폐로 기술	1.305	4
	중저준위 방사물유리화기술	1.262	6
	원전 DB 체계화기술	1.131	9
	방사물 처분기술	1.117	11
	PSA 적용기술	1.030	15
	경수로용 개량연료 개발기술	0.986	17
	노심 및 원자로계통 설계요소기술	0.972	19
	삼중수소 제거기술	0.943	22
수화력 이용분야	발전설비 수명관리기술	0.960	20
전력전송 분야	765 kV 송변전 설계 및 운영기술	1.270	5
	직류송전 시스템기술	1.130	10
지구환경 보호분야	(없 음)		
설비운영 향상분야	RCM 최적화기술	1.760	1
	디지털 분산제어시스템 개발기술	1.176	8
	원전제어설비 신뢰성 향상기술	1.074	12
	노심 관리기술	0.986	18
부하관리 분야	부하 평준화 수요관리기술	1.220	7
	전원개발계획 기반기술	1.037	14
	실시간 계통해석 통합프로그램 개발	0.952	21
정보통신 이용분야	(없 음)		
수용가 중심분야	축열식 지역냉난방 시스템 개발	1.310	3
	배전계통 계획기반기술	1.061	13
	중합배전자동화 시스템 개발기술	1.009	16
기초응용 분야	(없 음)		
가 중 치 합 계		25.141	

기존의 방법으로 선정된 22개 중점기술과제의 가중치의 합은 20.192이나, 본 연구에서 제안한 기법으로 선정된 우선순위 22위 이내의 새로운 중점기술과제의 가중치의 합은 25.141로서 약 25% $(25.141 - 20.192) \times 100 / 20.192 = 24.5\%$ 의 가중치 증가를 나타내었다. 기존 방법에서 포함되었던 세 가지 기술 분야의 과제들이 모두 채택되지 않았는데 이 과제들은 우선순위 값이 낮은데다가 예상 소요금액도 크므로 그 분야에 할당되는 투자비가 제약요소로 함께 작용하여 탈락한 것으로 나타났다. 실험결과를 요약해 보면 제안방법은 한정된 기술개발지원을 가장 효율적으로 활용하는 장기계획을 수립하는 매우 우수한 방법이라 결론지을 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 전력사업분야에서 한정된 기술개발 자원으로 각 사업부서의 필요를 충족시키면서 미래의 경영환경에서 생

존·성장하기 위한 중장기 기술개발과제의 선정기법을 제시하였다. 즉, 계층분석기법(AHP)을 사용하여 경영목표와 연계한 기술분야의 중요도 및 분야별 기술개발과제의 상대적 중요도를 각 사업부서 및 연구부서가 평가하도록 하여 객관적인 결과를 도출하였고, 정수계획법 모형을 이용하여 연도별 사용가능한 기술개발비 총액과 사업부문별로 배분가능한 액수를 제약조건으로 기술개발의 효과를 극대화하는 최적화 모형을 제시하였다.

제시된 최적화 모형은 과제의 선정뿐만 아니라 과제발굴시의 예산, 기간, 시작 및 완료시점 결정, 기술개발비 및 사업부문별 기술개발비의 책정, 선정에 탈락한 과제의 계획 수정 등 매우 다양한 기술개발관련 작업들에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

추후 연구로는 과제의 선정과 예산책정을 동시에 고려하면서, 시작 및 완료시점이 상이한 과제들까지를 고려할 수 있는 모형으로의 확장연구 및 보다 객관적인 우선순위값 선정을 위

한 연구가 필요하다고 생각된다.

참고문헌

- 한계민, 한두음(1997), 연구개발 업무편람, 한국전력공사, 69-70.
 (1996), 2010년을 향한 전력기술발전계획, 한국전력공사.
 Anyas-weiss, M. (1996), How to Assess R&D Value and Measure Its Return on Investments, *IERE R&D Workshop*, Ontario-Hydro, Canada.
 Expert Choice, Inc. (1995), *Expert Choice Software, Professional Version 9.0*.
 Onishi, H. (1996), How to Achieve Appropriate Balance Between R&D Contributions to Operations and to Strategic Objectives, *IERE R&D Workshop*, Tokyo Electric Power Co., Japan.
 Saaty, T. L. (1994), *The Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*, 6, AHP Series, RWS Publication, PA.
 Schrage, L. E. (1997), *Optimization Modeling with LINDO*, Brooks/Cole Publishing.
 Shuji Shiota (1996), The Current State of Research Theme Evaluation at Kansai Electric Power Co., *IERE R&D Workshop*, Kansai Electric Power Co. Inc., Japan.

이준승

한양대학교 산업공학과 석사

현재: 한국전력 과장으로 프랑스 파견 근무중

김종수

한양대학교 산업공학과 학사

University of California, Berkeley 석사

University of California, Berkeley 박사

현재: 한양대학교 산업공학과 부교수

관심분야: OR, 시스템 최적화, 금융 경제 예측

허선

서울대학교 산업공학과 학사

서울대학교 산업공학과 석사

Texas A&M University 산업공학과 박사

현재: 한양대학교 산업공학과 조교수

관심분야: 대기이론, 정보통신시스템, SCM