

정보통신표준화 전략계획수립을 위한 표준화 대상분야의 우선순위 결정에 관한 연구

- Prioritization of Telecommunication Technologies for
Strategic Standardization in Korea -

구경철*

Koo, Kyoung Cheol

박기식*

Park, Ki Shik

임채연**

Lim, Che-Yeon

서의호**

Suh, Eui Ho

Abstract

This paper focuses on the method of setting priorities for telecommunications standardization work areas (SWAs) and standardization work items (SWIs), detailed sub-areas of each SWA. It is based on prioritization of SWAs to make a strategic plan that usually includes prioritization, resource allocation and standardization schedules for each SWA in telecommunications field. We applied the simple Delphi technique and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to the prioritization process. We also introduce 0-1 integer programming for resource allocation using the AHP result.

We present analyzed results according to the proposed process. The result of this study will be useful input for telecommunications standardization policy making and practical implementation.

1. 서 론

최근 국제정보통신표준화를 이끌어 가는 두가지 큰 동적요인(Dynamic factor)은 전기통신 기술과 전기통신환경이라고 일컬어지고 있다. 이러한 두 요인들은 상호 긴밀하게 연계되어 있으면서 급속히 변화하기고 때문에 예측하기가 매우 어려운 동적요인인 것이다[1], [14].

전기통신분야는 급속한 기술혁신과 GII/NII(Global/National Information Infrastructure)의 출현으로 구현된 제품 및 서비스간의 상호운용성을 보장하는 정보통신표준화가 시장의 선점 및 첨단기술개발 주도권 확보를 위한 효과적이고 실질적인 수단으로 대두되고 있다. 또한 이로 인하여 새로운 표준개발에 대한 필요성이 점점 더 증대하게 되었으며, 관련 기술의 복잡성과 상호융합성의 증대로 인하여 최근에 발행되거나 개발중인 표준은 기존의 것보다 양적으로나 질적으로 복잡, 상세해지고 있다.

* 한국전자통신연구소 정보통신표준연구센터

** 포항공과대학 산업공학과

따라서, 세계 각 표준화기구에서 추진해야될 표준화분야(SWAs:Satndardization Work Areas)와 표준화항목 (SWIs: Standardization Work Items)은 지속적으로 증가하고 있으며, 이로 인하여 각 기구들은 방대하고 복잡한 표준화 관련 과제를 관리하기 위해 새로운 표준화과제 관리 방법론 개발 및 표준화전략수립을 전략적으로 추진하고 있다.

그러나 정보통신표준화분야에 대해 각 기구가 모든 분야를 다루기에는 너무 소모적인 작업이므로 발전된 기술에 의해 주도되는 표준화(Technology-driven)보다는 시장요구(Market Needs)를 반영한 표준화(Market-driven Standardization)활동을 함으로써 한정된 자원을 효율적으로 이용하고, 타 기관과의 협력증진을 통한 효과적인 표준화활동에 주력하고 있다. 이는 모든 기술이 동등한 우선순위를 가지고 있는 것이 아니며, 또한 진보하고 있는 모든 기술이 표준화가 될 필요도 없다는 것을 의미한다. 즉, 시장요구/사용자요구를 반영한 표준화과제를 선정하고, 우선순위가 높은 기술을 근간으로 하여 표준화를 추진해야 함을 의미하는 것이라 할 수 있다.

이와 같은 급속한 환경변화와 기술혁신은 세계 주요 선진국들로 하여금 정보통신표준화분야를 전략부문으로 선정하게끔 하였고, 각 표준화기구들은 그들의 표준화작업을 효율화하기 위해 전략수립체계의 정립, 평가 및 표준화과제의 우선순위 선정 등 표준화 과제계획 수립과 작업방법 개선에 많은 노력을 기울이고 있다[1].

본 연구에서는 이러한 추세에 대응하고 보다 효율적인 정보통신표준화 추진을 위한 하나의 방안으로 국내 정보통신표준화 대상의 우선순위 결정을 근간으로 하는 합리적인 표준화 전략 계획수립을 위해 종합적인 우선순위 결정절차를 제시하였다. 또한, 이를 적용하여 수행한 국내 전문가 그룹을 대상으로한 조사분석결과와 0-1정수계획법을 이용한 자원할당 및 표준화과제 선정모형을 소개한다.

제시하는 종합분석절차는 Khorramshahgo[17], [18]의 방법론에 기초한 모형으로 세부적인 기법으로는 다기준의사결정과정(Multi-Criteria Decision Making Process)의 한 종류인 계층적 분석과정(AHP:Analytic Hierarchy Process) 및 기술예측기법의 하나인 구조화된 수정델파이기법이 사용되었다.

2. 정보통신표준화 전략계획수립을 위한 우선순위결정 방법론

2.1 구조화된 수정델파이기법

델파이기법은 하나의 문제에 대해 관련된 전문가들의 독립적인 의견을 수집하고 요약하여 그 결과를 전문가들에게 피이드백시키는 반복적인 절차로써 일반적인 합의(consesus of opinion)를 도출하는 방법이다. 이 기법은 전문가의 의견을 수렴하기 위한 구조적 절차이며, 특징으로는 (1)익명성(anonymity), (2)피드백(feedback), (3)통계적 그룹평가(statistical group response) 등을 들 수 있으나 일반적인 합의에 도달할 때까지 시간이 많이 소요된다는 단점이 있다[7], [17], [18].

본 연구에서는 이러한 단점을 해소하고 모형구조 설정에 보다 효율적으로 적용하기 위하여 사전조사를 통해 도출된 기본적인 사항을 전문가에게 구조적으로 제시하는 수정 델파이기법을 사용하였다. 이는 평가기준(수준)과 표준화대상(대안)을 전문가들로 부터 추천을 받되, 브레인스토밍, 문헌조사 등을 통해 사전조사한 평가기준 및 표준화 대상을 예시하여 전문가들로 하여금 평가토록 하고 이를 연구조사팀이 적정수준으로 그룹화하는 방법이다. 즉, 명확한 자료를 제시하여 전문가들의 부담과 설문조사 횟수를 줄임으로써 효율을 극대화할 수 있는 수정된 델파이 기법이다[24].

2.2 그룹의사결정과정으로서의 AHP

계층적 분석과정은 문제가 복잡하고, 판단기준이 복수이면서 때로는 의사결정자간에 갈등이 내포된 문제를 풀기 위한 기법이라고 할 수 있다 [25]-[30]. 이는 전반적인 문제를 계층화하여 단순화시키는 합리적 방법이나, 각 단계별로 여러 이해 당사자들이 평가하는 과정을 거쳐야 하기 때문에 대규모의 쌍비교가 발생될 소지가 있다. 수많은 쌍비교를 통한 신뢰성 있는 평가의 도출은 쌍비교 데이터가 완벽하게 쌍비교행렬로 구성되어질 때에만 가능하며, 실제의 경우 평가 과정에서 의사결정자의 판단이 완전하지 못해 상대적 중요도를 측정하기 위한 쌍비교 데이터가 누락될 수 있다. 특히 정보통신 분야는 매우 광범위한 기술분야로서 한 의사결정자가 정보통신 전 분야를 비교할 수 없는 경우가 적지않기 때문에 최악의 경우 엘파이기법을 통해 얻은 데이터가 쓸모없게 될 가능성성을 배제하기 어렵다.

따라서, 기준들에 대한 평가의 합의를 도출하기 위해서는 세가지 방법이 가능하다 [12]. 첫째, 쌍비교 자체에 대한 합의를 도출 방법 둘째, 투표 등을 통한 과반수, 종다수의 원칙 방법 셋째, 쌍비교는 개인적으로 수행하고 그 결과를 수학적으로 종합하는 방법이 있다.

본 연구에서는 각 개인의 쌍비교값을 취합하고 기하평균을 계산하여 그룹의 쌍비교 값으로 대체하며, 만약 의견이 양분되는 등 평균이 그룹의 의사를 대변하기 어렵다고 판단될 때에는 두번째 방식으로 종다수에 의해 대표값을 취하는 방법을 적용하였다. 이때, 쌍비교행렬의 취합 방법은 의사결정자 개개인이 평가한 전계층구조(entire hierarchy)에 대해 주기준의 중요도와 각 부기준의 일관성비율(CR)의 곱의 합으로 전체 계층구조의 일관성비율(CR)을 구해 일관성이 있는 개인의 쌍비교행렬을 취합한다.

2.3 기준 연구의 고찰

본 절에서는 기존의 R&D 사업선정모형[20], [21] 보다는 현재 주요 정보통신표준화기구의 표준화대상분야 우선순위 결정방법론에 대해 고찰한다.

각 정보통신표준화기구들의 표준화전략담당기구 및 조직들을 살펴보면, ITU-T/TSAG (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector / Telecommunication Standardization Advisory Group), ETSI/PAC(European Telecommunications Standards Institute/Programme Advisory Committee), 미국전기통신위원회(T1-Committee)/T1 Strategic Planning Ad Hoc Group, 그리고 일본TTC(Telecommunications Technology Committee)는 조정위원회 및 연구기획작업반(Research & Planning WG) 등을 들 수 있다. 이와 같은 표준화 기구들의 공통적인 특징은 정보통신분야의 급속한 기술혁신 등 급변하는 환경변화에 능동적으로 대처하기 위해, 이용자 요구 혹은 시장요구 등을 적극적으로 수렴반영하면서 정보통신표준화 대상의 우선순위결정을 포함한 표준화 전략수립에 부심하고 있다는 것이다.

<표 1>은 이러한 주요 정보통신표준화기구의 우선순위결정 및 전략계획수립방법론을 요약한 것이며, 대부분의 기구들은 표준화 대상분야 및 항목에 대한 우선순위 결정을 위한 평가기준에서도 볼 수 있듯이 정보통신분야의 환경변화와 시장요구를 적절한 시기에 파악하여 표준화에 반영한다는 데 유사한 의견을 나타내고 있다. 일본의 TTC가 타 표준화항목과의 관련성으로서 병목현상을 고려하고 있는 것은 특기할만한 점이며, ETSI는 비교적 구체적인 평가기준으로서 표준화 시점, 관련 시장의 크기, 기술적 측면, 그리고 사용자 편의 등을 고루 채택하고 있다.

조사항목에 있어서는 공통적으로 표준화 현황 내지는 표준제정현황과 대상 표준화 항목의 중요도 또는 우선순위를 들고 있으며, 일본 TTC가 표준화 자원의 측면과 적합성시험의 필요

성을 조사하고 있는 것은 타기관에 비하여 보다 현실적인 접근을 하고 있음을 시사하고 있다.

하지만, 각 기구의 우선순위 결정 방법을 살펴보면 아직까지 대부분의 기관이 설문조사와 텔파이의 변형 형태를 벗어나지 못하고 있음을 보여 주고 있다. 즉, 본 연구에서 시도하고자 하는 여러 표준화 대상에 대하여 전문가들이 서로 다른 평가의견을 제시했을 경우에 이를 어떻게 종합화할 것인가에 관하여는 분명한 해답을 제시하고 있지 못하다.

<표 1> 주요 표준화기구의 전략계획수립을 위한 방법론

표준화기구 담당조직	방법론	조사항목	평가기준
ITU-T/TSAG	Simple Questionnaire (TSAG: Top Down, SG:Bottom Up)	(1) 친고번호 (2) 표준화진 행정현황(Status): 신규(N), 개정(R) (3) 해당과제(Question) (4) 연구반(SG) (5) 표준화시기 (6) 우선순위(3점 척도) (7) Number of Page (8) 연락반(Liaison) (9) 주제(Subject) (10) 표준화분야, 표준화영역(Area, Domain)	1. Megatrend in Telecommunication (Market Oriented): Top Down Approach 2. 각 해당 분야의 전문가의 전문지식 및 경험에 따른 평가기준(SG-Base): Bottom Up Approach
ETSI/PAC	Modified Delphi(Dry Test)	(1) 표준화진 행정현황 (2) 예상 표준화시기(Target Date) (3) 표준화 과제에 대한 조치(Action) (4) 우선순위(3점 척도)	확인된 세부 SWA에 대해 1. 제품/서비스 출하의 적시성 2. 예상 시장크기 (Market Volume) 3. 기술의 가용성(Availability) 4. 사용자 편의
TTCouncil/SPC	Complicated Modified Delphi	(1) 우선순위 5단계평가 (2) 표준제정시기 (3) 해당 표준화분야에 대한 유의사항 (4) 관련 요소기술 (5) 통신사업자의 서비스동향 (6) 자원의 5단계평가 (7) 적합성시험의 필요성 (8) 중요도, 제정시기, 자원평가의 선택에 대한 비교	1. 관련된 다른 표준화항목의 영향고려 (특히 병목현상 고려) 2. 해당 항목에 대한 서비스의 사회적, 경제적 영향
한국통신기술협회(ITA)	Simple Questionnaire	국내 정보통신표준화 실태 (1) 주력 정보통신분야 (2) 표준화 대상 항목별 평가 - 시급성 평가 - 표준제정시기 - 시장보급 예상시기 - 현재 투입 인력유무 - 추가 표준화 항목 (3) 향후 주력 정보통신분야 (4) 표준화 인지도	응답자 개인의 주관적 판단

이러한 각 표준화기구의 우선순위 결정방법들에 대한 검토결과를 종합해 보면, 대부분 기구들이 우선순위 결정 자체, 또는 기본 원칙이나 환경적 요인의 고려 등을 하여 나름대로 정보통신표준화 전략수립에 부심하고 있으나, 아직까지는 결정방법 등에 대한 연구가 제대로 이루어지지 못하고 있다. 즉, 사례 검토의 결과 대부분이 다음과 같은 문제점을 안고 있다.

- i) 기술표준화 대상 평가기준의 주관성과 애매성
- ii) 우선순위 결정방법의 미확립(특히 여러 응답결과의 종합화 과정의 미흡)
- iii) 정보통신표준화 대상 분류체계의 불명확성

따라서 이러한 검토분석된 문제점 및 한계들을 극복하고, 또 다른 한편으로는 우리나라의 정보통신 환경에 적합한 기술표준화 대상의 우선순위 결정을 위해서는 보다 합리적이면서 적용가능성이 높은 새로운 모형의 개발이 시급히 요청되고 있다.

3. 정보통신표준화 전략계획수립을 위한 우선순위 결정절차

본 연구에서 제안하는 종합적 절차 크게 다음과 같은 7단계의 절차로 이루어진다.

단계 1 : 엘파이 설문조사 및 AHP기법 적용을 위한 조사연구팀(Monitor Team) 구성

단계 2 : 엘파이 조사연구 및 AHP의 쌍비교 행렬을 작성하게 될 각 분야의 전문가 그룹 선정

단계 3 : 정보통신표준화 분야 및 항목(SWAs/SWIs)/평가기준(Criteria) 선정

- (1) 국가 차원에서의 전략적 핵심 표준화분야 및 관련 항목에 대한 리스트를 도출한다.
이때 각 분야에 대한 각종 통계치와 표준의 제개정시기 및 자원의 필요정도, 표준화 시 유의사항 등을 함께 도출할 수도 있다.
- (2) 도출된 각 전략적 정보통신분야(SWA) 및 관련 표준화 항목(SWI)에 대해 요약정리하여 재설문조사를 행한 후 최종적인 리스트를 작성한다. 이는 AHP기법에서의 최하위 수준에 해당하는 우선순위결정 대안이 된다.
- (3) AHP기법에서 가장 중요한 계층구조를 구성하기 위해 모든 관련 요인 - 각 분야에 대한 경제적, 경제외적 요인, 제약조건(constraints), 외부효과(externality), 정량적(tangible) 및 정성적(intangible)요인 등-분석을 통해 각종 평가기준 및 속성(attribute) 등을 도출한다. 계층구조 분석은 AHP에 있어서 결과의 신뢰성이 가장 결정적인 영향을 미치므로 주의깊게 처리하여야 하고 사전 조사를 통한 모의 검정(pilot test)을 행하는 것이 좋다.

단계 4 : 단계 3을 이용하여 계층적분석과정을 위한 계층구조 확정.

단계 5 : 도출된 핵심 정보통신분야 및 관련항목에 대한 표준화 우선순위결정

- (1) 평가기준에 대한 상대적 쌍비교 수행
- (2) SWA에 대한 상대적 쌍비교 수행
- (3) 다음의 방법을 이용하여 SWI의 차상위 평가기준의 실행등급(performance rating) 가중치 결정

각 평가기준을 쌍비교가 아닌 Likart의 5점척도를 적용하여 5단계(중요하지 않음:1점, 보통:3점, 중요함:5점, 각 사이값:2,4점)의 실행등급으로 기준을 평가하게 했고, 같은 방법으로 표준화항목도 평가토록 하였다. 이는 본 연구에서 다루는 의사결정문제가 그룹 의사결정이기 때문에 가능하며, 다음 식과 같이 정규화가 가능하다.

PR1	PR2	PR3	PR4	PR5
PW1	PW2	PW3	PW4	PW5
f_1	f_2	f_3	f_4	f_5

$$\text{실행등급의 가중치}(PW_i) = PR_i \text{에 표시한 총 듯수}(f_i) / \text{전체 표시듯수의 합}(\sum f_i)$$

PR_i : 의사결정자가 차상위기준에 대하여 선택한 실행등급

PW : 실행등급의 가중치

f_i : i 실행등급에 표시된 총 듯수

- (4) SWI에 대한 절대평가(Absolute Mode) 수행

단계 6 : 도출된 결과에 대한 타당성 검정

단계 7 : 기타 전략계획수립을 위한 방법론적용(정보통신표준화 자원 할당, 표준화 수준측정 등)

이상에서 제시된 우선순위결정 절차를 주기적으로 적용함으로써 다양한 통신방식에 대해

우선적으로 표준화를 행해야 하는 표준화 대상항목의 도출, 적절한 표준설정, 그에 대한 우선순위 및 중요도결정, 표준의 제개정시기, 표준화 과제와 전망제시 등을 포함하는 가이드라인을 수립하여 정보통신표준화 활동의 활성화 및 효율화를 도모할 수 있고 인적, 물적자원의 확보에 집중적인 노력과 적절한 배분을 통해 시장수요에 따라 중요도가 높은 통신 분야부터 중점적으로 표준화를 추진해 나갈 수 있다.

4. 정보통신표준화대상 우선순위결정 및 분석결과

4.1 분석설계 개요

본 장에서는 제시된 절차에 따라 의사결정모형수립과정 및 결과를 분석한다. <표 2>는 제시된 우선순위결정절차를 수행하기 전의 조사설계내용을 나타내고 있다. 본 연구에서는 제시된 절차의 타당성 검정을 위해 시험조사[1]를 수행한 바 있으며 여기서는 실규모조사의 결과만을 분석한다.

<표 2> 설문조사 기본설계

조사분류 설계항목	시험조사	실규모조사	비고
조사대상	한국전자통신연구소 연구원	국내정보통신관련 전문가 (학계, 연구계, 산업계, 정부)	AHP 특성상 수집된 모든 자료가 유의하지는 않다.(분석대상 인원만 기술)
	분석대상 연인원 72 명 (1 차 25/2 차 47)	분석대상 연인원 102 명 (1 차 22/2 차 80)	
조사방법	구조화된 멜파이 설문지에 의한 개별면접법 및 전화검정법(2회)	구조화된 멜파이 설문지에 의한 우편 설문지 반송법 2회 (설문 내용에 대한 사항은 전화검정을 실시)	
표본추출 방법	유의적추출법 (Purposive sampling)	유의적추출법 (Purposive sampling)	
분석 및 조사기간	3 개월	4 개월	
분석 방법	AHP 스프레드쉬트 모델	AHP 및 AHP 등급평가모델	
조사내용	평가기준 확인/평가 SWA 확인 및 우선순위평가	평가기준 확인/평가 SWA/SWI 확인 및 우선순위평가	

4.2 국내 전문가 그룹을 대상으로한 실규모조사

4.2.1 조사 방법

국내 전문가 그룹을 대상으로 한 조사 역시 시험조사와 같이 총 2회에 걸친 멜파이조사에 의해 수행되었다.

전문가 그룹의 선정을 위한 주요 자료원은 표준화 관련 회의 특히 한국통신기술협회(TTA), 개방형컴퓨터통신연구회(OSIA : Open Systems Interconnection Association)등에서 활동하고 있는 전문가들을 대상으로 웹덤 샘플을 도출하였다. 이는 전술한 표준화관련 주체-정부관련자, 학계, 산업계, 연구계-를 모집단으로 조사를 실시되었다고 볼 수 있다.

4.2.2 모델 수립

● SWA 및 SWI의 확인

표준화 대상 선정은 정보통신 표준화동향이 집중되고 있는 한국전자통신연구소 정보통신 표준연구센터(ETRI/PEC:Electronics and Telecommunications Research Institute / Protocol

Engineering Center)에서 추진중인 과제, 전기통신표준화 자문반(TSAG)에서 선정한 7대 핵심분야, 미국전기통신위원회(T1-Committee) 7대 핵심분야, 국제표준화 협력회의(GSC:Global Standards Collaboration) 7대 핵심분야, 전기통신표준화 자문반(TSAG)에서 분류한 표준화 분야 분류기준, 국제전기통신연합(ITU)의 분류기준 등을 분석·종합하여 <표 3>과 같이 13개 표준화 분야를 새롭게 선정하였다.

<표 3> 정보통신표준화대상분야(SWA) 및 최종 우선순위

No	SWA	Rank(Priority)	
		Pilot Test	Full Scale Survey
SWA 1	ISDN(Integrated Services Digital Network)	4	6
SWA 2	Frame Mode/Frame Relay	10	13
SWA 3	Mobility Services(Future Public Land Mobile Telecommunication System 포함)	1	3
SWA 4	Data Network & Applications	5	7
SWA 5	Audio Visual and Multimedia	3	2
SWA 6	B-ISDN/SDH/ATM(Broadband Integrated Services Digital Network/Synchronous Digital Hierarchy/Asynchronous Transfer Mode)	2	1
SWA 7	IN(Intelligent Network)	6	9
SWA 8	TMN(Telecommunication Management Network)	11	10
SWA 9	HSN(High Speed Network)	8	4
SWA10	N/W, Security	12	8
SWA11	Satellite/Digital	7	5
SWA12	QoS/NP(Quality of Service/Network Performance)	13	12
SWA13	Signaling System No.7/Interconnection	9	11

실제 정보통신 표준화 대상은 수십개의 분야(SWA)와 각 분야마다 또다시 수십개의 세부 표준화 항목으로 구성되어 있으며 이는 상호밀접한 연관관계를 가지고 있기 때문에 명확한 기술분류가 매우 어렵다. 정보통신 분야를 하나의 체계로 분류하는 것 자체가 하나의 연구주제가 될 만큼 복잡하였으나, 그러한 분류체계가 확정되어 있거나 권위있는 분류체계가 존재하지 않아 본 시험조사에의 어려움으로 작용했다. 물론 분류체계가 확정되어 있더라도 표준화가 필요한 분야를 찾는 작업은 별개로 실행되어야 할 것이다.

● 평가기준의 확인

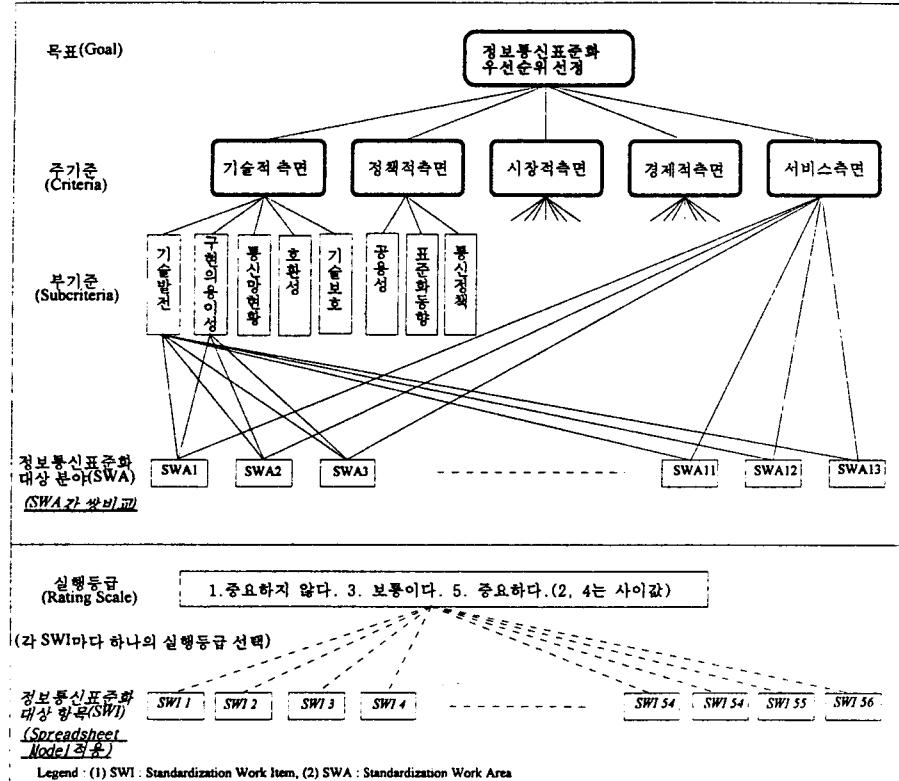
평가기준은 총 91개가 도출되었으며, <표 4>는 선정된 주기준과 그룹화된 부기준을 나타낸다. 한편, 최종적으로 표준화 항목(SWI)은 196개 중 56개가 결정되었고 선정된 표준화항목은 <표 5>와 같다.

● AHP를 위한 계층구조화

1차 엘파이 설문조사 결과를 바탕으로 정보통신 표준화 우선순위 의사결정 구조를 계층적 분석과정 구조도로 도식화하면 (그림 1)과 같다.

<표 4> 엘파이결과에 의한 평가기준 선정결과

주기준(대표개념으로 집단화)	부기준
기술적 측면	기술발전, 구현의 용이성, 통신방현황, 기술보호, 호환성
정책적측면	공용성, 표준화 동향, 통신정책
시장적 측면	주기준과 동일개념
경제적 측면	주기준과 동일개념
서비스 측면	주기준과 동일개념



(그림 1) 정보통신 표준화 의사결정 구조의 계층화

의사결정계층구조를 보면 최종목표는 정보통신 표준화 우선순위 결정이고, 표준화 대상을 평가하기 위한 주기준은 기술적 측면, 정책적 측면, 시장적 측면, 경제적 측면, 그리고 서비스 측면으로 나누어진다. 기술적 측면의 부기준에는 기술발전, 구현의 용이성, 통신망 현황, 기술 보호, 호환성이, 정책적 측면의 부기준은 공용성, 표준화동향, 통신정책으로 나누어져 있다. 각 부기준에는 5단계의 평가단계를 두어 이들의 가중치를 구하고, 이들로 부터 각 표준화 항목 (SWI)의 중요도를 평가하여 5단계 평가단계 중 하나를 선택하도록 한다.

● AHP 및 등급평가모델을 이용한 SWA, SWI 우선순위 결정

1차 엘파이 설문에 의해 표준화 대상과 평가기준을 선정하고, 의사결정 모델을 결정하였다. 2차 엘파이 설문지는 총 3부로 구성되어 있으며 구체적인 내용은 다음과 같다. 1부에서 계층적 분석과정의 의사결정 구조에 따라 5단계의 주기준과 8개의 부기준에 대해서는 쌍비교를 수행하도록 했다. 2부에서는 각 기준별로 13개 SWA에 대해서 쌍비교를 하도록 했고, 3부에서는 기술적 측면의 부기준과 정책적 측면의 부기준, 그리고 시장적, 경제적, 서비스 측면에 대해 5점 척도로 나눈 실행등급에 의해 평가하도록 한 후, 각 기준별로 SWI를 평가하도록 하였다. 유의할 점은 정보통신분야 자체의 광범위성으로 인해 하나의 SWA에 연관되는 SWI는 또 다른 SWA와도 매우 밀접한 연관관계가 있기 때문에 계층적분류로 집단화(Clustering)가 어렵다. 따라서 본 연구에서는 SWA와 SWI의 우선순위를 따로 평가하였다. 한편, SWI에 대해서는 그 수가 쌍비교하기에는 대규모이기 때문에 스프레드쉬트모델을 그대로 적용하였다.

<표 5> 표준화 항목(SWI) 및 우선순위

No	표준화 항목	우선순위	No	표준화 항목	우선순위
1	Narrowband ISDN(Protocol,Sercices)	55	29	Data Link Layer : Frame Relay LAN, WAN	28
2	Internetworking(ISDN with FMBS,V&X Services Terminals	56	30	Network Layer	28
3	Terminal Equipment	54	31	Transport Layer	32
4	ISDN user-network interface data link layer(Q.920, Q.921)	40	32	Multimedia	21
5	Frame mode bearer services(Q.922)	40	33	Digital TV	9
6	ISDN user-network interface layer 3(Q.930,931)	18	34	Video Compression	6
7	Signalling System No.7 ISDN user Part(ISUP)(Q.76x-series)	40	35	SDH(Synchronous Digital Hierarchy)	40
8	ISDN Protocol Reference Model	33	36	ATM(Asynchronous Transfer Mode) service	3
9	ISDN Terminal Adaptor Framework	28	37	ATM	5
10	Signalling	40	38	ATM over Radio	40
11	Interfaces	37	39	ATM, AAL	34
12	Router	36	40	SDH and B-ISDN/ATM NNIs	25
13	Personal Communications	11	41	B-ISDN Adaptation Layer overview(Q.SAAL.0)	27
14	Personal Communications Framework	16	42	B-ISDN Meta-Signalling Protocol(Q.1420)	28
15	Personal Communications Services set 1	15	43	B-ISDN user-network interface layer 3 protocol (Capability Set 1)(Q.93B.1)	35
16	Personal Communications Services set 2	1	44	B-ISDN user-network interface layer 3 protocol (Capability Set 2)(Q.93B.2)	40
17	CDMA(Code Division Multiple Access)	12	45	B-ISDN user-network interface layer 3 protocol (Capability Set 3)(Q.93B.3)	40
18	Wireless PCS(Personal Communication Services)	13	46	B-ISDN Protocol Reference Model and its application	26
19	Network Interworking	8	47	B-ISDN functional architecture	24
20	Data Communication Networks	10	48	B-ISDN Connection Types	23
21	X.25(2Mbits/s)	40	49	X. and Q. interface	40
22	Internetworking(ISDN with FMBS,V&X Series Terminals)	40	50	Protocols	40
23	Interworking of Public and Private PDNs	2	51	Protocols and Messages	22
24	Modem	39	52	Network Management of B-ISDN Networks	4
25	G4 FAX	38	53	Standardized Information Exchange Between Administration	40
26	LAN(Local Area Network)	20	54	Interface architecture	14
27	WAN(Wide Area Network)	19	55	TMN(Telecommunication Management Network) Management Functions	40
28	Physical Layer : Frame Relay LAN, WAN	7	56	Future Public Land Mobile Telecommunication System (FPLMTS)	17

4.2.3 결과분석

● 평가기준의 중요도 및 표준화분야(SWA) 평가분석

상비교 평가 결과로 나타난 기준에 대한 중요도는 <표 6>에서 보듯이 학계, 산업계, 연구계에서는 기술적 측면을 가장 중요하게 판단하였고, 정부는 시장적 측면을 중요하다고 하였다. 시장적측면의 우선순위가 산업계측에서 높게 나타나지 않은 이유는 정보통신표준화라는 대체보다는 단기적인 기술개발에 더 중요성을 부여하고 있기 때문인 것으로 풀이되며, 오히려 정부측에서 높은 이유는 최근 초고속정보통신망구축계획의 발표, 경제 국제화 계획등에서 산업체의 정보통신표준화활동에 적극 참여할 수 있도록 유도하는 계획을 세우고 있기 때문인 것으로 풀이된다. 기술적 측면에 대한 부기준의 중요도는 4개 그룹이 공통적으로 호환성을 가장 중요시하였고, 정책적 측면에 대한 중요도는 4개 그룹의 의견이 각기 달랐다.

표준화분야(SWA)의 우선순위를 보면 학계에서는 SWA6(B-ISDN/SDH/ATM)을 1위로 선정하였고, 이어서 SWA5(AV & Multimedia), SWA9(High Speed Network)순이었다. 산업계의 1위는 SWA5(AV & Multimedia)이고, 이어서 SWA6(B-ISDN/SDH/ATM), SWA3(Mobility Services)이었다. 연구계에서는 SWA3 (Mobility Services)이 1위이고, 이어서 SWA5(AV & Multimedia), SWA6(B-ISDN/SDH/ATM)순이었다. 정부에서는 SWA5(AV & Multimedia)가 1위였고, SWA6(B-ISDN/SDH/ATM), SWA3(Mobility Services)이 2위와 3위를 차지하였다(표 3참조). 종합적으로는 1위 SWA6(B-ISDN/SDH/ATM), 2위 SWA5(AV & Multimedia), 3위 SWA3(Mobility Services)순으로 나타났다.

동일한 의사결정문제를 두고 여러 그룹이 동시에 평가할 때, 평가결과는 각 그룹이 가지는 해당문제에 대한 가치관을 반영한다. 정보통신 표준화 우선순위 선정결과에 대해, 각 그룹의 우선순위를 배열하였을 경우 Spearman[4]의 서열상관계수(spearman rank order correlation coefficient)를 사용하여 각 그룹의 차이가 있는지를 검토할 수 있다. 서열상관계수는 순위가 매겨진 두 집합간의 상관관계를 나타내는 것으로 한 그룹의 순위가 다른 그룹과 동일하면 1의 값을 갖고, 역순의 순위를 가지면 -1의 값을 가진다. 서열상관계수를 구하는 공식과 가설은 다음과 같다.

$$r_s = \frac{6 \times \sum (X_1 - X_2)^2}{N(N^2 - 1)}$$

여기서,

r_s : Spearman의 rank correlation coefficient

N : 순위의 수

H_0 : 상관계수(ρ) = 0, 즉 각 그룹간의 우선순위평가는 상관관계가 전혀 없다.

H_a : 상관계수(ρ) > 0, 즉 각 그룹간의 우선순위평가는 상관관계가 있다.

학계, 산업계, 연구계 및 정부의 우선순위는 조금씩 차이가 있었으나 적어도 역순의 방향은 아닌 것으로 나타났다. <표 7>에서 네 그룹 사이의 평가에 대한 서열상관계수를 계산해 놓았으며 표에서 보면, r_s 값들[4]이 모두 $r_s(\alpha, n) = r_s(0.005, 13) = 0.6429$ 보다 큰값을 가짐으로 인해 그룹간의 우선순위는 강한 상관관계를 가진다고 할 수 있다. 즉 거의 동일한 평가를 하고 있다고 볼 수 있다. 그러나 실제 이와 같은 결과는 각 그룹간 의견이 크게 다르지는 않다고는 하지만, 표에서도 알수 있듯이 학계와 연구계는 거의 상관계수가 +1에 가까운 수치를 보임으로 가장 큰 상관관계를 가지고 있고, 학계와 산업체가 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 이는 순

수기술연구를 수행하는 학계와 연구계는 거의 의견이 일치됨을 의미하며, 이외는 달리 이익추구를 목적으로 하는 기업체와는 의견차이가 있다는 것을 의미한다.

전체적으로 그룹간의 우선순위평가에 있어서 상호 독립적인 평가가 도출되지 않은 이유는 정보통신분야가 최근 초고속정보통신망계획발표, 국가 기간전산망의 확대 실시, 이동통신서비스의 증가, 정보공유로 인한 국민전체적인 생활향상등 그 중요성이 인식때문인 것으로 풀이된다.

한편, 시험조사 결과와 실규모조사결과(종합)에 있어서 우선순위평가는 서열상관계수가 0.80로 연계성(association)이 있는 것으로 나타났다.

<표 6> 평가기준의 중요도

중요도	학계	산업계	연구계	정부	종합
기술발전	7.8%	5.7%	5.4%	2.9%	5.4%
구현의 용이	4.3%	3.7%	2.3%	2.9%	3.1%
통신망현황	5.9%	3.3%	3.9%	2.0%	3.9%
기술보호	3.9%	2.8%	3.0%	0.8%	2.8%
호환성	9.2%	9.1%	6.9%	4.4%	7.9%
기술적 측면	31.1%	24.6%	21.5%	12.9%	23.0%
공용성	4.5%	8.5%	6.3%	6.8%	6.7%
표준화동향	6.1%	7.7%	6.9%	5.4%	7.0%
통신정책	3.0%	3.5%	5.8%	12.1%	4.4%
정책적 측면	13.7%	19.7%	19.0%	24.3%	18.1%
시장적 측면	17.4%	16.2%	20.2%	35.8%	19.5%
경제적 측면	17.2%	20.4%	12.9%	13.9%	16.5%
서비스 측면	20.6%	19.2%	26.3%	13.0%	22.9%
합계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

<표 7> 그룹별 우선순위 및 서열상관계수를 이용한 각 그룹의 우선순위 결과 비교

표준화분야	순위				$(X_1 - X_2)^2$					
	학계(U)	산업(I)	연구(R)	정부(G)	U:I	U:R	U:G	I:R	I:G	R:G
SWA1	6	5	5	8	1	1	4	0	9	9
SWA2	13	8	13	12	25	0	1	25	16	1
SWA3	4	3	1	3	1	9	1	4	0	4
SWA4	9	7	7	5	4	4	16	0	4	4
SWA5	2	1	2	1	1	0	1	1	0	1
SWA6	1	2	3	2	1	4	1	1	0	1
SWA7	8	12	11	11	16	9	9	1	1	0
SWA8	10	10	9	10	0	1	0	1	0	1
SWA9	3	6	4	4	9	1	1	4	4	0
SWA10	7	9	8	7	4	1	0	1	4	1
SWA11	5	4	6	6	1	1	1	4	4	0
SWA12	12	11	12	9	1	0	9	1	4	9
SWA13	11	13	10	13	4	1	4	9	0	9
Spearman's rank correlation					0.81	0.91	0.87	0.86	0.87	0.89

● 표준화항목(SWI) 평가결과

산출된 우선순위는 SWI16 (Personal Communications Services set 2)이 1위를 차지했고, 이어서 SWI23 (Interworking of Public and Private PDNs), SWI36(ATM Service)이 2위와 3위를 기록하였다. 자세한 사항은 <표 5>를 참조하기 바란다.

이상에서의 제시된 우선순위설정절차에 따라 실규모조사의 결과를 보였다. 제시된 우선순위에 대한 분석결과는 하나의 표준화 지침으로 쓰일 수 있으므로 시행착오로 인한 기회손실을 반감시킬 수 있을 것이다.

5. 정보통신표준화 자원할당을 위한 정수계획 모형

정보통신표준화를 위한 자원의 형태는 일반적으로 재원에 의존하는 형태의 프로젝트 소요자원과는 성격이 다르다고 할 수 있다. 즉, 표준화관련 자원은 자금 뿐만아니라, 시간, 인적자원의 중요성이 크게 영향을 미친다고 할 수 있다. 특히, 정보통신표준화 관련 기술의 급속한 발전과 환경변화에 따라 최신정보수집의 원천이 표준화회의에서 이루어진다는 점을 감안 할 때 인적자원인 표준화전문가(special rapporteur)들을 육성하는 것이 가장 큰 과제이다. 또한 관련 기술의 조기개발을 위한 기초기반 연구에 투자되는 자금이 확보되어야 한다. 이러한 표준화를 위한 자원배분과 관련된 문제는 해당 조직이 가지고 있는 인적, 물적, 자본적 자원 제약때문에 선정된 모든 분야를 동시에 전부 수행하지 못하는 데 기인한다.

본 논문에서는 일반적으로 자원할당 문제에 많이 사용되어지는 0-1정수계획모형(IP Model)을 제시한다. 기존의 모형[20], [21]과 다른 점은 기존의 목적함수(object function)가 선정된 표준화 프로젝트에 대한 우선도(priority)를 최대화하는 것과는 달리 주어진 자원에 대한 효율적인 배분을 위해 각 표준화 분야에 투자될 연구개발자원 배분비율(R&D resource allocation ratio)의 합을 최대화하여 주어진 자원의 이용률(utilization)을 최대화하는 것이다.

IP 모형은 다음 식과 같으며 여기에는 실제 여러가지 제약식을 반영할 수 도있다.

$$\begin{aligned} &\text{Maximize} \sum_j a_j x_j \\ &\text{S. T. } \sum_j c_j x_j \leq R \\ &\quad x_j = 0, 1 \text{ for all } j \end{aligned}$$

여기서

$x_j = 1$, SWA_j의 관련 프로젝트수행시

= 0, 그렇지않은 경우

a_j : SWA_j수행시 R&D 자원배분비율 = $\sqrt{r_j \times p_j}$

r_j : 프로젝트 수행 비용율(cost ratio) = $\frac{c_j}{\sum_j c_j}$

j : 관련 SWA의 인덱스

p_j : SWA_j의 우선순위

R : 총가용자원

c_j : SWA_j 표준화비용

● 목적함수의 의미

우선순위결과를 이용한 표준화분야 자원배분은 해당분야의 상대적 중요도와 각 분야별 표준화소요자원규모의 상대적 비율이라는 두요소로 결정할 수 있다. 즉 어떤 분야는 기술적으로

매우 중요하지만 소요자원(표준화비용)은 적거나 많은 경우, 반면 다른 분야는 중요도가 다소 떨어지지만 표준화비용이 적거나 많이 드는 경우 등이 있다. 따라서 효율적인 자원배분을 통한 전략적 표준화활동을 위해서는 표준화분야의 중요도와 소요자원의 규모를 동시에 고려해야 한다. 기존의 경우 즉, 우선도만 고려할 경우는 단순히 각 분야의 중요도만을 기준으로 자원을 할당함으로써 유휴자원(idle resource)이 발생할 수 있으며 이는 기회비용(opportunity cost)을 초래하게 된다. 따라서 본 연구에서 제안하는 모형은 이러한 기회비용을 최소화하면서 동시에 각 R&D분야의 중요도도 고려한 모형이라 할 수 있다.

● 수치예제

본 수치예제는 시험보사[3]의 SWA우선순위결과를 참고하여 제시된 자원할당모형에 대한 타당성 및 효율성을 검토한다.

<표 8>은 자원할당 문제에서 가장 간단한 우선순위/비용분석(priority/cost analysis)[4]의 결과를 나타낸다. <표 9>는 제시된 IP 모형과 기존 것과의 우선순위/비용분석 결과를 비교한 것이다. 본 IP모형에 대한 수치예제는 임의로 추출된 3개의 (1) $R= 1,500$, (2) $R= 2,175$, (3) $R=3,450$ 자원수준에 대해 HyperLindo LP패키지를 이용하여 해를 도출하였다. <표 9>에서 보면 주어진 자원의 활용도(utilization)가 제시된 모형이 각 경우에 있어서 높으며 (3)의 경우는 3가지 자원에 대해 같은 결과가 나왔다. 따라서 제시된 모형은 기존의 모형에서 기회비용을 최소화할 수 있는 방안을 제시해 줄 수 있을 것이다.

<표 8> 우선순위/비용분석

표준화 분야(SWA)*	11	4	3	12	5	6	10	1	7	9	13	8	2
우선순위(p_j)**	7.3	8.3	8.9	6.8	8.6	8.6	6.9	8.4	7.5	7.3	7.2	7.1	7.1
표준화 비용(c_j)	200	250	300	250	340	360	320	420	400	400	460	450	500
Priority/cost**	37	33	30	27	25	24	22	20	19	18	16	16	14
누적비용	200	450	750	1000	1340	1700	2020	2440	2840	3240	3700	4150	4650

* : 우선순위/비용 순위 배열 , ** : 100분율 환산수치

<표 9> R&D 자원할당 의사결정결과 및 자원활용도

	가용자원(Available Resource)					
	$R = 1,500$		$R = 2,175$		$R = 3,450$	
	Selected SWA	자원활용도 (Utilization)	Selected SWA	자원활용도 (Utilization)	Selected SWA	자원활용도 (Utilization)
제안모형	3, 4, 5, 6, 12	100%	3, 4, 5, 6, 7, 10, 11	100%	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13	100%
Liberatore 모형	3, 4, 5, 6, 11	97%	1, 3, 4, 5, 6, 11, 12	97%	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13	100%
우선순위/ 비용분석	3, 4, 5, 11, 12	89%	3, 4, 5, 6, 10, 1, 12	92%	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13	99%

6. 결론 및 향후연구계획

본 연구에서는 급변하고 있는 정보통신환경 및 기술 추세에 대응하고 보다 효율적인 표준화의 추진을 위한 하나의 방안으로 주요 표준화 기구 및 선진국의 우선순위 결정 및 전략수립 방법론에 대응하여 한국의 표준화 계획수립에 있어서 정보통신표준화 대상의 우선순위 결정을 근간으로 한 보다 합리적인 표준화 전략계획계획을 위한 종합적인 접근법을 제시하였다. 또한 제시된 접근법에 따라 시험조사(Pilot Test)결과 및 국내 전문가들을 대상으로 실규모조사 분

석결과를 소개하였다. 본 고에서 제시되는 결과는 외국의 표준화기구과 같이 매우 상세한 세부 표준화 항목(SWI)에 대한 우선순위 까지는 도출하지 못하였으나, 현재 국내에서 가장 시급한 표준화 분야 및 항목의 확인과 그 우선도 도출에 중점을 두었고, 실제 자원할당, 표준화수준예측, 표준화 일정계획 등을 포함하는 종합적인 전략계획은 향후 수행해야 할 과제라 할 수 있다.

본 연구의 제한점은 다음과 같으며 이 또한 앞으로 해결해야 될 과제로 남아있다.

(1) 관련 분야의 세부 기술분야가 갖는 전문성과 인한 복잡한 설문서로 인하여 관련 전문가의 전반적인 응답도출이 어려웠다.

(2) 정보통신 표준화대상분야 분류체계의 미확립과 용어의 불명확성으로 인하여 조사의 정확성에 상당한 문제점을 내포하고 있다.

(3) 장기간의 조사소요시간이 소요는 되었는 바, 이는 향후 온라인 데이터베이스, 전자메일을 이용한 컴퓨터통신을 통해 효율화 시키는 방안이 강구되어야 할 것으로 보인다.

기존의 정보통신표준화 계획은 그것이 국가 전반에 미치는 지대한 영향에도 불구하고, 대부분이 경험과 직관에 의존하여 수립되거나, 국제 표준화 기구의 계획을 단순히 수용하는 수준이었음을 감안할 때, 제시된 방법론은 계획 초기단계의 기초분석틀로서 국내 실정에 적합한 보다 합리적이고 타당성있는 접근법을 제공해 줄 수 있을 것이다.

또한, 이러한 방법론은 전략계획에 필요한 많은 변수들을 어떻게 발견하고 이를 어떻게 정량화하는 문제에 해답을 제시하고자 한 것이다. 뿐만아니라 제시된 방법론의 용용을 통해서 보다 정성적인 판단자료들을 과학적이고 합리적으로 계량화함으로써 정보통신에 관련한 이해당사자의 합의를 도출 할 수 있을 것으로 보인다.

끝으로, 장기적으로 제시된 모형에 입각하여 표준화 자원할당 문제, 계량적인 국내 표준화 수준측정 및 예측 등을 도출할 수 있는 방법론을 개발하고, 이에 따라 실효성이 있는 정보통신 표준화 전략계획수립을 수립하는 것은 향후 과제라고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 박기식, 구경철, 임채연, 서의호, 정보통신표준화분야 우선순위결정을 위한 방법론 연구, 경영과학, 11권, 3호, (1994). pp. 129-151.
- [2] 구경철, 송기평, 주요기구의 정보통신표준화분야 우선순위 결정을 위한 접근방법 분석, 한국통신학회 하계종합학술대회, pp. 801-808, 1995.7.
- [3] 구경철, 박기식, 송기평, 임채연, 정보통신표준화 전략계획수립을 위한 방법론 연구, 한국경영과학회/대한산업공학회 95춘계공동학술대회 논문집, pp. 847-864, 1995.4.
- [4] 송문섭, 박창순, 비모수 통계학개론, 자유아카데미, 1989.
- [5] Chang-Kyo Suh, Eui-Ho Suh, and Kwang-Churn Baek, The Prioritizing Telecommunication Technologies for Long-range R&D Planning to the Year 2006, *IEEE transactions on engineering management*, Vol 41, No.3, pp.264-275, August 1994.
- [6] Committee T1, *Committee T1-Telecommunications Five-Year Strategic Plan*, Washington DC, Committee T1, pp. 3-14, 1993.
- [7] Donald L.P. and Q.N. Harper, *Forecasting Series*, Harvard University, Harvard Business Review, pp. 16-30, 1971.

- [8] Dyer, R.F. and E.H, Forman, Group Decision Support with the Analytic Hierarchy Process, *Decision Support Systems*, Vol. 8, pp. 99-124, 1992.
- [9] Dyer, J. S., P. C. Fishburn, R. E. Steuer, J. Wallenius and S. Zions, Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: The Next Ten Years, *Management Science*, Vol. 38, No. 5, pp. 645-654., 1992.
- [10] ETSI, First PAC Annual Report to TA, *ETSI/Technical Assembly 18 Documents 34(1993)*, ETSI, pp.3-57, 1993.
- [11] Forman, E. H., Satty, T.L., Forman, M., Satty, J., Whitaker, R. and Ruffing, F., *Expert Choice*, Decision Support Software, McLean, VA, pp. 1-283., 1986.
- [12] Harker, P.T., Incomplete Pairwise Comparisons in the Analytic Hierarchy Process, *Mathematical Modeling*, Vol. 9, No. 11, pp. 837-848., 1987.
- [13] Harker, P.T., The Art and Science of Decision Making : the Analytic Hierarchy Process, in *The Analytic Hierarchy Process, Application and Studies*(eds. Golden,B.L., Wasil.E.A. and Harker,P.T), Springer-Verlag, pp. 59-67, 1989.
- [14] Irmer, T., Shaping Future Telecommunications: The Challenge of Global Standardization, *IEEE Communication Magazine*, Vol. 32, pp. 20-28, 1994.
- [15] Islei, G. Lockett, B. Cox and M. Stratford, A Decision Support System Using Judgmental Modeling: A Case of R&D in the Pharmaceutical Industry, *IEEE transaction on Engineering Management*, Vol. 38, No. 3, pp. 202-209, 1991.
- [16] ITU-T/TSAG, Work Programs of Other Regional and International Bodies, *TSAG/TD/60-E(1994)*, ITU-T/TSAG, pp. 1-10., 1994.
- [17] Khorramshahgol, R. and R.S., Moustakis, Delphic Hierarchy Process(DHP) : A Methodology for Priority Setting Derived from the Delphi Method and Analytical Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, Vol. 37, pp. 347-354., 1988.
- [18] Khorramshahgol, R., H. Azani and Y. Gousty, An Integrated Approach to Project Evaluation and Selection, *IEEE transaction on Engineering Management*, Vol. 35, No. 4, pp. 265-270, 1988.
- [19] King. W.R., Key Issues in Telecommunications Planning, *Information and Management*, Vol. 17, pp. 255-265, 1989.
- [20] Liberatore, M.J., A Decision Support Approach for R&D Project Selection, in *The Analytic Hierarchy Process: Application and Studies*(eds. Golden,B.L., Wasil.E.A. and Harker,P.T), Springer-Verlag, pp. 82-100, 1989.
- [21] Liberatore, M.J., An Extension of the Analytic Hierarchy Process for Industrial R&D Project Selection and Resource Allocation, *IEEE transaction on Engineering Management*, Vol. EM-34, No. 1, pp. 12-18, 1987.
- [22] Martino J. P., Technological Forecasting for Decision making, *Elsevier*, New York, pp. 18-64, , 1978
- [23] Parasad, S. and N. Somasekhara, The Analytic Process for Choice of Technology - An Application, *Technical Forecasting and Social Change*, Vol. 38, pp. 151-158, 1990.
- [24] Rowe, G. Wright and F. Bolger, Delphi- a Reevaluation of Research and Theory, *Technical Forecasting and Social Change*, Vol. 39, pp. 235-251, 1991.
- [25] Saaty, T.L. and K.P., Kearns, *Analytic Planning - The Organization of Systems*, Pittsburgh, RWS Publication, pp. 133-178, 1985.

- [26] Saaty, T.L., How to Make a Decision : Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operation Research*, Vol. 48, pp.9-26. , 1990.
- [27] Saaty, T.L., Group Decision Making and the AHP, in *The Analytic Hierarchy Process, Application and Studies(eds. Golden,B.L., Wasil.E.A. and Harker,P.T)*. Springer-Verlag, , pp. 59-67, 1989.
- [28] Saaty, T.L., Priority Setting in Complex Problems, *IEEE transaction on Engineering Management*, Vol. EM-30, No. 3, pp. 140-155, 1983.
- [29] Satty, T.L., *Decision Making for Leaders*, Pittsburgh, RWS Publication, pp. 93-121, 1990.
- [30] Satty, T.L., Multicriteria Decision Making , Pittsburgh, RWS Publication, 1990.
- [31] Telecommunication Technology Council, Basic Policy for Telecommunications Standardization towards Perspective of Advanced Telecommunications and Information Society, Japan, pp. 265-309, 1991.