

정책목표와 연계한 전략적 R&D 투자재원배분 및 연구과제 선정방안연구*

서창교** · 박정우***

A strategic R&D resource allocation and project selection based
on R&D policy and objectives*

Chang-Kyo Suh** · Jung-Woo Park***

■ Abstract ■

We propose a strategic R&D resource allocation and project selection model based on national R&D policy and objectives. First, contributions to R&D policy and objectives for each R&D area are evaluated by using analytical hierarchy process (AHP). Second, fuzzy Delphi are proposed to estimate R&D budget for each R&D area. Then, a project selection grid is also introduced to implement two-phased evaluation for R&D project selection. We also discuss how to improve the consistency in AHP and how to reduce the pairwise comparison in AHP. The proposed model enables the decision makers to allocate R&D budget, and to evaluate and select the R&D proposals based on both the contribution to national R&D policy and objectives, and the size of each R&D area concurrently.

1. 서 론

통신과 컴퓨터의 결합에 의해 탄생한 정보통신 산업은 초고속정보통신망을 기반으로 광대역, 디지털, 쌍방향을 특징으로 하는 멀티미디어산업으로의

재편기를 맞고있다. 멀티미디어산업은 문자, 음성, 음악, 그래픽, 사진, 애니메이션, 영상 등의 다양한 정보형태가 통합되어, 통신망을 통해 대량의 정보를 초고속으로 생성, 전달, 처리가 가능하도록 빠른 속도로 발전하여, 궁극적으로는 언제나, 어디에

* 본 연구를 지원해 주신, 정보통신연구관리단에 감사드립니다.

** 경북대학교 경영학부

*** 정보통신진흥원

서나, 누구나 자신이 원하는 정보를 값싸고 손쉽게 획득할 수 있게 해줄 것이다. 정보통신분야의 이러한 기술개발은 사회 전분야에 막대한 영향을 미쳐 개인의 생활양식을 변화시키고 나아가 사회구성원들간의 역할과 관계에 대한 새로운 시각을 제시하는 한편, 재화와 용역의 거래를 재래식 시장을 통해서는 물론 통신망을 통해서도 가능한 전자상거래의 시대로 발전시켰다.

정보통신산업의 세계적인 흐름은 기술보호주의의 심화, 정보통신 시장개방 압력의 증대, 정보통신사업의 경쟁 또는 자유화의 진전 등으로 요약된다. 따라서 미래의 지식정보산업시대에 필요한 필수첨단기술들은 더이상 선진국으로부터의 기술이전을 통해서 획득이 불가능해졌으므로 세계각국이 자국의 이익을 위해서는 무한경쟁을 펼치게되는 21세기에 자국의 산업경쟁력을 높이고, 자국민의 삶의 질을 향상시키기 위해 자국이 필요한 첨단 정보통신기술은 자국민의 손으로 스스로 개발하여야 한다. 이를 위해 정부에서는 정보통신 기술개발을 위해 전기통신기본법을 비롯한 각종 정보통신 연구개발 관련 법규를 제정하여 미래를 준비하는 한편, 국내 정보통신산업의 매출액대비 기술개발 투자를 92년의 4% 수준에서 97년에는 7% 수준으로 제고하여 부족한 정보통신 연구재원의 확충을 위해 노력하고 있다[6].

연구개발에 대한 지속적인 투자는 선진국도 예외는 아니어서 한 조사에 의하면, 경기침체에도 불구하고 산업체, 정부, 대학 및 비영리연구기관의 80%이상이 연구개발 투자계획을 전년도 수준 또는 그 이상으로 계획하고 있으며, 약 16.5%만이 전년도 수준보다 축소할 예정인 것으로 조사되었다 [26]. 조사에 응한 대부분의 응답자들은 세계시장의 경쟁 속에서 현재의 시장점유율과 매출이익을 포함하는 국제경쟁력을 유지하기 위해서는 연구개발에 대한 지속적인 노력을 경주해야 한다고 지적하였다.

연구개발 투자와 관련된 또 다른 관심은 연구개발재원의 절대액을 확대하기 위해 지속적으로 노

력하는 한편 기획보된 투자재원의 효율적배분이 무엇보다 중요하다는 것이다. 특히 민간부문이 단기간의 투자효과의 달성이 가능한 수익성위주로 연구개발을 진행하는 반면에 국가가 주도하는 국책과제를 위한 연구개발 지원의 경우는 다소 위험성이 있더라도 장기적이고 전략적인 분야에 대한 정책적 배려를 통해 민간부문의 연구개발 활동을 측면에서 지원하여야 한다.

본 연구는 부족한 연구개발재원의 효과적이고 효율적인 배분을 위해 정보통신분야의 정책과 연계한 전략적 투자재원 배분방안과 연구과제 선정 방안을 제안하고자 한다. 이를 위해서 2장에서는 정보통신 연구개발관리와 자원배분을 검토하고, 3장에서는 연구개발 자원배분의 의의를 정리하였으며, 정책목표와 연계한 연구개발 투자재원의 배분과 연구개발 과제선정은 4장과 5장에 서술하였고, 6장에 결론으로 앞으로의 연구방향을 제시하였다.

2. 정보통신 연구개발관리와 자원배분

정보통신기술개발 전략에 따른 관련 기술의 연구개발관리는 국가 및 산업체의 경쟁력강화를 제고하는 역할을 할 뿐만 아니라, 그에 따른 개인의 사회, 문화 생활에 편의성을 증대하는 효과를 가져온다. 또한 통신시장 개방에 따른 외국 정보통신산업의 무분별한 침투에 대응하고, 개발전략을 토대로 제품 및 서비스를 취사선택할 수 있는 기술적 기반을 제공하기도 한다. 따라서, 정보통신분야는 그 특성상 국내외 관련 활동에 광범위한 파급효과를 미치게 되므로 전략적 연구개발관리를 통한 추진체계, 상호협조체계 등을 확립함으로써 보다 효율적이고 유기적인 관계를 정립할 수 있으며, 이에 대한 전략적인 투자는 곧바로 미래 국가정보통신 사업 및 산업을 발전시키는 지름길이 된다.

정보통신 연구개발사업은 선진국에 비해 부족한 연구개발재원의 확대와 한정된 국내 정보통신분야 연구개발자원 활용의 극대화를 목표로 부족한 연구재원의 확보를 위해 꾸준히 노력하는 동시에, 국

가의 중요한 하부구조역할을 하는 정보통신산업의 국제경쟁력 강화와 세계화, 정보화의 국제 조류속에서 향후 국가기본 구조로서의 역할을 수행하게 될 초고속정보통신망 구축과 운영, 정보사회 구현에 필요한 필수적인 정보통신기술의 진흥을 위한 기본지침서 작성 등 국가 전체로서의 일관성과 통일성을 기하면서 국가경쟁력 향상방안의 입증으로 추진되고 있다[5]. 1996년을 예로 들면, 총연구개발 재원규모는 약 2080억원을 기금출연과 사업자출연으로 마련하여 국책기술개발 72과제와 정책연구 32과제를 선정지원하였다[6].

정보통신의 6대 기본기술인 정보통신망기술, 통신기술, 전파방송기술, 정보기술, 반도체 및 부품기술, 기초/기반기술을 포함하여 S/W 기술, 방송매체기술 및 전송기술, 정보통신 기기 및 부품기술, PC등의 컴퓨터 관련기술의 개발과 관련된 정보통신 연구개발사업의 목적은 다음과 같다[6]. 첫째, 국내외 정보통신기술 환경변화와 기술발전에 대한 종합적인 전망을 통해 정보통신기술 정책방향을 정립한다. 둘째, 국가사회 정보화 촉진 및 정보통신산업의 육성, 발전을 위한 정보통신 핵심기술 중점연구개발 과제를 도출하고 나아가 정보통신 기술진흥을 위한 기반조성 및 제도혁신 방안을 제시한다. 셋째, 21세기 기술패권주의에 의한 국제질서 재편성과정에서의 기술예속화 현상을 탈피하고 G7 수준의 정보통신기술력을 확보함으로써 고도정보사회를 빠른시기에 이루하고 국가차원의 정보통신 기술정책의 일관성을 유지한다. 끝으로, 정보통신 연구개발에 있어서 불필요한 중복기술투자를 방지함으로써 산.학.연.관의 전문가들의 의견수렴을 통해 공감대를 형성하고 유기적인 연구협력체계를 구축하여 정보통신 연구개발의 국가적 효과를 극대화한다.

정부가 추진하는 방대한 정보통신 관련 연구개발 과제의 지원은 제한된 예산범위 내에서 국가경쟁력을 확보하기 위해서는 영리성 기업의 입장에서 보면 상업적 성공가능성이 낫더라도 장기적이고 전략적으로 중요한 기술에 대한 과감한 투자를

통하여 이를 획득하는 것이 중요하다. 그러나, 개발해야 할 과제를 공고하거나 예산을 할당할 때 어떤 분야에 얼마만큼의 예산을 배정하는 것이 전략적으로 바람직한가 하는 문제는 연구개발관리자의 오랜 숙제로 남아있다.

국책연구개발사업의 평가시스템이 추구해야 하는 방향으로는 다음 두 가지를 지적하고 있다[1]. 첫째, 공통애로성, 기반성, 공공성, 파급효과 등의 일반적 특성과 연구개발의 위험도와 관련된 기술적/상업적 성공가능성 등 다양한 요인의 고려가 요구되어 지며, 연구개발사업에 관련된 이해당사자들이 다양하고, 동시에 이들의 요구가 상충되는 경우가 많이 발생하므로 가능하면 이를 모두 포함할 수 있는 다원화된 평가기준(multi-criteria)의 적용이 필요하다. 둘째, 국가연구개발사업은 정부지출금을 이용하므로 민간기업에서와 같은 최고경영자의 독단적인 판단에 의한 연구과제 선정 및 평가가 적합하지 않으며, 평가결과의 활용측면에서도 평가의 공정성과 객관성은 매우 필요한 전제조건이므로 객관성과 공정성의 확보가 필요하다.

특히, 정보통신기술과 관련된 국책 연구개발관리에 있어서는 다음과 같은 특징들을 고려하여야 한다[2]. 첫째, 일반적으로 많이 사용되고 있는 연구개발 과제관리는 기업의 이윤의 극대화 또는 연구개발 투자효율성 극대화와 같은 1차적 목표를 위해서 많이 이루어지고 있다. 그러나, 전략적 정보통신기술분야로서 국가정책목표에 대한 연구개발 관리는 국민생활향상 및 국제경쟁력 강화 등과 같은 요인도 고려하여 범국가적 차원에서 이루어져야 하므로 선정을 포함한 일련의 과정자체가 매우 복잡한 종종구조를 갖는다. 둘째, 정보통신기술 분야는 이를 둘러싼 환경변화와 자체 기술혁신이 급속하게 일어나므로 정보통신관련 핵심 연구개발 대상과제의 결정 및 투자배분 문제는 단순히 기술분야에만 국한되는 것이 아니라, 기술외적 변수와 미래의 기술까지 예측해야하는 매우 복잡한 환경을 균형으로 평가 및 자원배분 결정이 이루어져야 한다. 셋째, 전략적으로 확인된 기술 대상분야에

대한 우선순위의 결정은 우리나라 정보통신기술의 새로운 연구개발 방향을 제시함과 동시에, 미래의 정보통신정책 및 관련 연구개발 계획도 영향을 받게된다.

따라서, 본 연구의 목적인 정부차원의 정보통신 연구개발사업을 효율적으로 추진하기 위한 전략적이고 장기적인 정책요소의 고려는 물론, 연구분야별 연구개발 지원배분과 개별 연구개발 과제선정이 연계되는 통합된 모형을 설정하기 위해서는 우리나라의 기술환경적 특성을 고려하여 첫째, 새로운 모형에서는 정량적인 요소들은 물론, 정성적인 요소들을 함께 고려될 수 있어야 하며, 둘째, 모형들이 점점 복잡화되면서 적용가능성이 떨어지고 있으므로, 새로운 모형에서는 무엇보다도 적용가능성이 중요시 되어야 하며, 셋째, 모형을 통하여 도출된 우선순위선정 결과가 연구개발 지원등의 배분지침이 될 수 있어야 한다는 점에 주의하여야 한다.

본 연구에서 제안된 모형은 적용이 간단하면서도 정량적인 요소는 물론 정성적인 요소의 평가가 뛰어난 계층분석과정을 사용하는 동시에 집단의사 결정을 지원하는 텔파이를 활용하여 <표 2-1>과 같이 진행된다.

<표 2-1> 연구개발 지원배분 및 과제선정 모형

<1 단계 : 지원배분>	
1.1	연구분야별 정책요소 기여도 평가(4.1 참고)
1.2	연구분야별 소요예산 예측(4.2 참고)
1.3	정책기여도를 반영한 투자재원 배분(4.3 참고)
<2 단계 : 과제선정>	
2.1	투자안별 선호도 평가(5.1 참고)
2.2	선호도와 효율성에 의한 1차 투자안 선정(5.2.1 참고)
2.3	정수계획법에 의한 2차 투자안 선정(5.2.2 참고)

1 단계 지원배분에서는 어떤 연구분야에 어느 정도의 예산을 배정하여야 하는 가를 결정한다. 소요 예산이 부족할 경우에 중요한 특정 연구분야에 중점투자를 하면, 다른 연구분야는 연구재원의 부족으로 고사하게 된다. 아울러, 중요한 연구분야라고 하여 반드시 가장 많은 연구재원이 소요되는 것

은 아니다. 따라서 연구분야별 재원의 배분은 각 연구분야의 균형적 발전을 도모하여야 하는 국책과제의 특성을 고려하여, 각 연구분야의 소요예산을 예측한 후에 이를 연구분야별 정책기여도를 감안하여 조정하는 과정을 거쳐, 연구분야별 투자예산을 확정하게 된다.

2 단계 과제선정에서는 예산범위내에서 어떤 과제를 선정할 것인가를 정하는 것이다. 이를 위해서 제안된 연구개발과제들을 계층분석과정의 스프레드쉬트 모델을 이용하여 평가한 후에, 각 과제의 선호도와 효율성을 기준으로 평가하고, 연구분야별로 예산이 허용하는 모든 과제를 선정하는 2 단계 평가를 실시하도록 한다.

3. 연구개발 지원배분의 의의

연구개발(research and development : R&D)에 대해 UNESCO는 "연구개발이라 함은 인간, 문화, 사회에 관한 지식을 포함하는 지식의 축적과 새로운 응용을 모색하고, 그 축적된 지식의 활용을 증가시키기 위하여 체계적으로 수행되는 창조적인 활동을 말한다"라고 정의하고 있다[7]. 이러한 연구개발 투자는 연구개발 자체가 갖는 성격을 반영하여 다음과 같은 특성을 갖는다[8]. 첫째, 연구개발 투자는 투자기간 중의 기업환경의 변화양상과 기업의 성장전략과 연계하여 장기적 투자전략에 입각하여 이루어져야 한다. 둘째, 연구개발 투자는 불확실한 미래에 대한 예측을 기반으로 의사결정이 이루어지므로 투자의 위험성이 크다. 셋째, 연구개발투자에 있어서 투입요소는 계량화가 가능한 반면에 산출성과를 측정하는 지표는 계량화가 곤란하여 투입과 산출의 비교가 매우 제한적이다. 넷째, 연구개발투자의 투자효과 범위는 투자주체에 대한 직접효과 이외에도 간접효과도 포함하여야 한다. 다섯째, 적기에 연구개발 투자 주체가 원하는 효과를 얻기 위해서는 축적된 누적적 실행투자가 있어야 한다.

실제로 연구개발 지원배분 및 과제선정 결정과

관련된 문제는 근본적으로 조직이 가지고 있는 인적, 물적, 자본적 자원이 유한하기 때문에 제안된 연구개발 프로젝트들을 동시에 전부 수행할 수 없다는데 기인한다. 프로젝트 평가 및 선정은 주어진 자원제약 조건하에서 조직에 대한 기여를 극대화시키는 대안들로서 개별 프로젝트를 식별, 평가하고 자원을 배분하는 것을 의미하며, 연구개발 과제 선정 및 결정은 곧 연구계획서를 토대로 한 자원배분과 불가분의 관계를 맺고 있다.

연구개발 자원배분모형과 관련된 연구는 연구개발 포트폴리오 구성을 위한 연구개발 선정모형과 병행되어 추진되어 왔으며, Liberatore[23]는 연구개발 선정모형의 중요성으로 2가지 요소를 지적하였다. 첫째, 연구개발 지출은 적정한 규모의 투자를 의미하므로 프로젝트의 선택은 현재와 미래의 재무에 중요한 영향을 미치며, 동시에 부적절한 투자는 기회비용을 초래하므로 전략목표와 계획과 연계되어 결정되어야 한다. 둘째, 연구개발 프로젝트의 수익은 본질적으로 다차원적이며 불확실할 뿐 아니라 연구개발의 조직에 대한 기여도 또한 측정이 곤란하므로 단기적이고 미시적 관점에서, 보다 장기적이고 거시적 관점에서의 연구개발 선정이 이루어져야 한다.

연구개발 자원배분을 위한 모형으로는 의사결정 이론과 경영과학이론의 학문적 진보에 따라 서열모형, 평점모형, 경제성모형, 포트폴리오모형, 위험분석 및 의사결정모형, 조직적 의사결정모형 등 수 많은 모형들이 연구자들에 의해 제안되어 왔다. 일례로 Cetron et al.[14]이 1959년에서 1967년까지 제안된 30개의 자원배분 논문을 분석한 것을 시작으로, Baker[16]는 17개의 제안된 모형을 비교 분석하였으며, Hall and Nauda[17]는 1959년에서 1988년사이에 제안된 57편의 논문을 조사하여 분류 발표하였다. 그러나, 이들 모형들의 분류법 또한 연구자의 관점에 따라 서로 상이하며, 연구과제 선정 및 평가모형들이 나름대로의 장단점을 가지고 있으므로, 각 조직의 실정에 맞는 평가기법을 정하기 위해서는 첫째, 관련된 입력자료의 계량화 정도,

둘째, 과제들간의 상호의존성,셋째, 고려해야 할 목표의 수,넷째, 위험에 대한 중요도 등을 고려하여 결정하여야 한다[1].

실제로 Liberatore and Titus[22]가 Fortune지 500대 기업 중 29개 회사의 40명을 대상으로 행한 개인면담조사와 Lee et al.[21]이 행한 국내 73개 연구기관을 대상으로 한 연구개발 과제선정 모형의 실태조사에 의하면, 정교한 수리적 모형보다는 접점표와 평점모형이 과제선정 및 자원배분모형으로 비교적 널리 사용되고 있으며, 연구개발과제관리, 특히 복수과제의 계획과 관리를 위한 의사결정 지원시스템의 개발 필요성을 역설하고 있다. 또한 이들은 첫째, 제안된 모형들이 너무 복잡하고, 둘째, 복잡한 모형의 실행에 필요한 기초자료가 부족하며, 셋째, 모형 자체가 가지는 가정이 제한되어 있고, 넷째, 연구개발관리자들의 모형에 대한 이해가 부족할 때 해당 모형의 실용성이 현저히 감소함을 지적하고 있다. 즉, 제안된 많은 모형들이 연구개발이 가지고 있는 과제들의 다양성과 해당 조직체의 평가기준의 특성을 적절히 반영할 수 있을 정도의 범용성을 가지고 있지 못할 뿐 아니라 기업의 전략이나 평가자의 경험과 지식을 의사결정과정에 반영하기 위한 적절한 방안 또한 제시하지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 평가모형의 범용성과 의사결정자의 참여성을 제고할 수 있는 멜파이법과 계층분석 과정을 이용한 투자재원배분과 과제선정 모형을 제안하고자 하며, 이러한 모형은 선행연구[11, 15, 27, 28]의 확장으로 다수의 의사결정자가 참가하는 평가위원회와 같은 집단의사결정(group decision making)에 의한 과제선정 및 평가활동을 지원할 수 있다.

4. 정책목표와 연계한 연구개발 투자 재원의 배분

4.1 연구분야별·정책요소 기여도 평가

연구개발과제의 평가 및 선정 시 정책목표를 연계

시키기 위해서는 무엇보다 체계적인 중장기 계획에 입각한 정보통신 연구개발사업의 뚜렷한 목적이나 미션의 설정이 무엇보다도 중요하다[1, 2]. 뚜렷한 목적이나 분명한 미션이 설정이 되어있지 않을 경우, 장기적이고 투자의 위험성이 높은 정보통신연구개발사업은 효율적/효과적 자원배분이 불가능해지는 방만한 운용의 늪에 빠지기 쉽기 때문이다. 본 연구에서는 정보통신정책을 기준으로 정보통신의 6대 기술(정보통신망기술, 통신기술, 전파방송기술, 정보기술, 반도체 및 부품기술, 기초/기반기술)과 기타기술(S/W 기술, 방송매체기술 및 전송기술, 정보통신 기기 및 부품기술, PC등의 컴퓨터기술) 분야에 대한 정책요소 기여도의 평가모형을 사용하였다.

정보통신정책방향의 주요정책[4]은 다음 7가지로

즉, (1) 초고속정보통신기반 구축(선도시험망구축, 시범운영, 민간참여 유도), (2) 국가사업의 정보화촉진(공공정보화, 지역정보화, 산업정보화, 제도의 정비), (3) 정보통신산업의 전략적 육성(멀티미디어산업, 소프트웨어산업, 데이터베이스산업, 기기산업), (4) 정보통신사업의 경쟁촉진(시외전화사업의 경쟁, 민영화, 요금제도 개선), (5) 전파, 전송 신매체의 보급확대(우주통신개발시대 진입, 종합유선방송의 활성, 영상 및 방송기술 전문연구소 설립, 전파이용의 활성), (6) 정보통신 산업기반 강화(핵심기술 개발, 정보통신전문인력 양성, 표준화, 중소기업지원), (7) 정보통신산업의 해외진출 지원(동북아 거점화 정책, 정부간 협력, WTO의 대응, 국제기구활동)이며, 이를 이용한 정보통신 기술분야별 정책요소 기여도 평가를 위한 계층분석구조는 <표 4-1>

<표 4-1> 정보통신 기술 분야별 정책요소 기여도 평가 계층분석구조

목표	정책목표	세부정책	정보통신기술
정보통신 정책의 완수	1. 초고속 정보통신 기반구축	1.1 선도시험망 구축 1.2 시범운영 1.3 민간참여 유도	정보통신망 기술 통신기술
	2. 국가사업의 정보화 촉진	2.1 공공정보화 2.2 지역정보화 2.3 산업정보화 2.4 제도의 정비	
	3. 정보통신 산업의 전략적 육성	3.1 멀티미디어산업 3.2 소프트웨어산업 3.3 데이터베이스산업 3.4 기기산업	전파방송기술 정보기술
	4. 정보통신 사업의 경쟁촉진	4.1 시외전화사업의 경쟁 4.2 민영화 4.3 요금제도 개선	
	5. 전파, 전송 신매체의 보급확대	5.1 우주통신개발시대 진입 5.2 종합유선방송의 활성 5.3 영상 및 방송기술 전문연구소 설립 5.4 전파이용의 활성	반도체 및 부품기술 기초/기반기술 기타기술(S/W 기술, 방송매체기술 및 전송기술 등)
	6. 정보통신 산업기반 강화	6.1 핵심기술 개발 6.2 정보통신전문인력 양성 6.3 표준화 6.4 중소기업 지원	
	7. 정보통신 산업의 해외진출 지원	7.1 동북아 거점화 정책 7.2 정부간 협력 7.3 WTO의 대응 7.4 국제기구 활동	

과 같다.

- (1) 목표 : 계층분석과정의 목표는 각 정보통신기술을 통한 정보통신 정책의 완수에 있다.
- (2) 정책목표 : 정보통신 정책의 완수를 위해서는 7가지 주요정책이 성공적으로 수행되어야 한다. 따라서, 7가지 주요정책에 대한 상대적 중요도의 평가가 필요하다.
- (3) 세부정책목표 : 7가지 주요정책은 26가지 세부정책으로 구체화된다. 즉 7가지 주요정책의 중요도는 26개 세부정책의 중요도로 세분화된다.
- (4) 정보통신기술 : 각 정보통신기술은 정보통신의 주요 연구분야가 되며, 각 정보통신기술별로 세부정책목표에 대한 기여도를 종합하면, 결국 정보통신기술별 정보통신기술에 대한 기여도가 된다.

일단 계층분석구조가 정해지고 나면, 각 단계별로 쌍비교를 통한 상대적 중요도를 구하여야 한다. 정책목표의 중요도를 평가하기 위한 <표 4-2>를 예를 들어 설명하면, 먼저 평가해야 할 정책목표가 7개 이므로 7×7 의 쌍비교 행렬을 구성한다. 그리고, 행렬의 대각선은 각 정책을 같은 정책과의 중요도를 비교하는 것이므로 1을 입력하고 정책 1과 정책 2의 중요도의 쌍비교를 시작으로 정책 6과 정책 7과의 중요도의 쌍비교까지 총 $7(7-1)/2$ 회 즉, 21회의 쌍비교를 실시한다. 대각선 아래부분은 대각선 위부분의 평가결과를 이용하여 그 역수를 기입한다. 예를 들면, 정책 3에 비해 정책 1이 약간 중요하다고 평가되면 3의 값을 정책 1의 행과 정책 3의 열이 만나는 곳에 할당하고, 정책 3의 행과 정책 1의 열이 만나는 곳에는 3의 역수인 1/3을 기입한다. 이어서 이 쌍비교 행렬의 고유치를 구하고, 고유치를 정규화하여 각 정책의 중요도를 구하면 된다. <표 4-2>를 이용한 각 정책의 중요도는 정책 1 (0.317), 정책 2 (0.201), 정책 3 (0.077), 정책 4 (0.110), 정책 5 (0.116), 정책 6 (0.145), 정책 7 (0.035)과 같다.

다음은, 각 정책의 세부정책별 중요도의 평가를

<표 4-2> 정보통신 정책의 중요도 평가

정보통신정책의 중요도	정책 1	정책 2	정책 3	정책 4	정책 5	정책 6	정책 7
정책 1	1	5	3	3	3	1	6
정책 2		1	3	1	3	4	3
정책 3	1/3		1	1/3	1	1/3	5
정책 4				1	1/3	1/2	4
정책 5					1	1	3
정책 6						1	3
정책 7							1

실시하여야 한다. <표 4-3>은 세부정책이 4개인 경우의 평가를 예시한 것이며, 각 정책목표별로 이러한 쌍비교 행렬이 각각 1개씩 총 7개의 행렬이 작성되어야 하며, 이때 필요한 총 쌍비교는 초고속 정보통신 기반구축과 정보통신 사업의 경쟁촉진의 세부정책 평가를 위해서 각 $3(n(n-1)/2 = 3(3-1)/2)$ 회, 국가사업의 정보화촉진, 정보통신 산업의 전략적 유통, 전파, 전송 신매체의 보급확대, 정보통신 산업기반 강화, 정보통신 산업의 해외진출지원을 위해서 각 6회 등 총 36회의 평가가 필요하다.

<표 4-3> 세부정책의 정책목표에 대한 기여도 평가

j i	세부정책 1	세부정책 2	세부정책 3	세부정책 4	Ei	Pi
세부정책 1	Wij = 1/1	3/1	4/1	3/1	2.449	0.507
세부정책 2	1/3	1/1	2/1	3/1	1.189	0.246
세부정책 3	1/4	1/2	1/1	2/1	0.707	0.146
세부정책 4	1/3	1/3	1/2	1/1	0.485	0.100
Cj	1.017	4.833	7.500	9.000	4.830	0.909

$$\lambda_{\max} = 4.155 \quad CI = 0.051 \quad CR = 0.056$$

$$Cj = \sum_{i=1}^4 W_{ij} \cdot Ei \cdot \left(\prod_{j=1}^4 W_{ij} \right)^{1/4} \cdot Pi \cdot Ei / \sum_{i=1}^4 Ei \quad \lambda_{\max} = \sum_{i=1}^4 PC_i$$

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = (4.155 - 4) / (4 - 1) = 0.051$$

이상의 평가가 끝나면, <표 4-4>와 같은 평점표를 이용하여 각 정보통신 기술별 세부정책에 대한 기여도를 평가하고 이를 각 세부정책의 중요도를 가중치로 하여 같은 값을 모두 더하여 각 정보기술 분야의 정책기여도를 결정한다. 이는 4.3에서 논의한 정책기여도를 반영한 투자재원 배분의 중요한 기초자료가 된다.

〈표 4-4〉 세부정책요소에 의한 정보통신 기술의 정책기여도 평가에

번호	중요도	통신망	통신	방송	정보	반도체	기초	기타
1.1	0.197	10	10	9	9	7	7	8
1.2	0.080	10	10	9	8	7	7	7
1.3	0.032	9	9	8	9	7	8	8
2.1	0.092	8	9	7	8	7	7	7
2.2	0.029	8	8	8	7	7	7	7
2.3	0.059	8	7	6	8	8	6	7
2.4	0.013	5	5	6	5	5	5	5
3.1	0.047	10	10	6	10	10	7	7
3.2	0.020	8	8	8	8	8	7	8
3.3	0.015	8	9	7	8	8	8	7
3.4	0.005	8	7	8	7	8	7	7
4.1	0.029	9	8	6	7	7	7	7
4.2	0.069	8	7	7	7	7	7	8
4.3	0.018	7	6	6	6	6	6	6
5.1	0.054	8	7	8	7	7	7	7
5.2	0.036	7	8	8	7	7	7	7
5.3	0.011	7	8	8	7	6	6	6
5.4	0.022	9	7	9	8	7	7	7
6.1	0.052	8	8	7	8	8	9	7
6.2	0.015	7	7	7	6	7	7	6
6.3	0.046	8	7	8	7	8	7	7
6.4	0.023	8	8	6	7	6	7	7
7.1	0.009	6	6	6	6	7	6	6
7.2	0.006	6	5	6	5	5	6	6
7.3	0.017	6	6	5	6	6	6	5
7.4	0.005	5	6	5	5	6	5	6
총	점	8.541	8.370	7.590	7.840	7.233	7.000	7.200

참고 :

1.1 선도시험망구축, 1.2 시범운영, 1.3 민간참여 유도, 2.1 궁공정보화, 2.2 지역정보화, 2.3 산업정보화, 2.4 제도의 정비, 3.1 멀티미디어산업, 3.2 소프트웨어 산업, 3.3 데이터베이스산업, 3.4 기기산업, 4.1 시외전화사업의 경쟁, 4.2 뉴영화, 4.3 요금제도 개선, 5.1 우주통신개발시대 진입, 5.2 종합유선방송의 활성, 5.3 영상 및 방송기술 전문연구소 설립, 5.4 전파이용의 활성, 6.1 핵심기술 개발, 6.2 정보통신전문인력 양성, 6.3 표준화, 6.4 중소기업지원, 7.1 동북아 거점화 전략, 7.2 정부간 협력, 7.3 WTO의 대응, 7.4 국제기구활동

통신망(정보통신망기술), 통신(통신기술), 방송(전파방송기술), 정보(정보기술), 반도체(반도체 및 부품기술), 기초(기초/기반기술), 기타(기타기술: S/W기술, 방송매체기술 및 전송기술 등)

4.2 연구분야별 소요예산 예측

각 연구개발과제의 특성들이 서로 상이할 경우에는 1차적으로 연구분야별로 연구개발재원의 총량을 할당한 후에 2차적으로 각 연구분야별로 연구개발과제를 심사하여 지원과제를 선정하는 방법을 채택할 수 있다. 연구분야별 재원의 1차적 배분은 서로 경쟁관계에 있는 각 연구분야의 이해관계자를 조정하고 연구분야별 균형적 발전을 위해서뿐만 아니라, 급속하게 발전하는 정보통신분야의 기술 전분야를 포괄적으로 이해하고 평가할 수 있는 전문가가 절대적으로 부족한 실정을 감안하면 정보통신 관련 전과제를 대상으로 연구개발 재원을 배분하는 것보다 1차적으로 각 연구분야별로 연구재원을 할당하고, 다시 각 연구분야별 재원범위내에서 연구분야별 과제를 심사선정하는 것이 보다 현실적이다.

각 연구분야별 투자재원 배분을 위해서는 각 연구분야별 소요예산에 대한 추정이 선행되어야 한다. 각 연구분야별 소요예산의 추정은 각 분야의 전문가들에게 의뢰를 하게 되는데, 각 분야의 전문가들은 자신과 관련된 연구분야의 예산추정에는 판대한 반면에 다른 연구분야의 예산추정에는 인색한 경향이 있으며, 소요예산의 추정은 특정값에 대한 점추정보다는 추정치의 범위를 정하는 구간추정이 보다 용이하다는 점을 주의하여야 한다. 본 연구에서는 소요예산의 추정에 참가하는 전문가들을 대상으로 텔파이법에 의한 연구분야별 소요예산을 (최소예산, 적정예산, 최대예산)의 구간으로 추정하게 한 후에, 퍼지숫자를 이용하여 분석하는 퍼지델파이법 (the fuzzy delphi)을 사용하여, 전문가들 사이의 의견조정을 통해, 특정 전문가집단에 의한 소요예산의 왜곡된 추정을 방지하도록 한다.

퍼지델파이법의 적용은 다음과 같이 요약된다[13].

- 1 단계 : n명의 전문가들에게 연구분야별로 필요한 최소예산($a_1^{(i)}$), 적정예산($a_M^{(i)}$), 최대예산($a_2^{(i)}$)을 추정하도록 한다.

2 단계 : 각 전문가($E_i, i = 1, \dots, n$)들에 의해 추정된 값을 삼각형퍼지숫자(triangular fuzzy number)를 이용하여 표시한다.

$$\text{즉, } A^{(i)} = (a_1^{(i)}, a_M^{(i)}, a_2^{(i)}), i = 1, \dots, n$$

3 단계 : 모든 $A^{(i)}$ 의 평균 A_m 을 구한다. 평가평균은 다음과 같이 계산한다.

$$A_m = (m_1, m_M, m_2)$$

$$= (\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_1^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_M^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_2^{(i)})$$

4 단계 : 각 전문가($E_i, i = 1, \dots, n$)들에게 자신의 평가와 평가자집단의 평가평균과의 차이를 계산하여 통보하여 주어, 재 평가의 참고자료로 삼도록 한다. 평가차이는 다음과 같이 계산한다.

$$(m_1 - a_1^{(i)}, m_M - a_M^{(i)}, m_2 - a_2^{(i)}) \\ = (\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_1^{(i)} - a_1^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_M^{(i)} - a_M^{(i)}, \\ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_2^{(i)} - a_2^{(i)}) \quad i = 1, \dots, n$$

5 단계 : n명의 전문가들에게 연구분야별로 필요한 최소예산($b_1^{(i)}$), 적정예산($b_M^{(i)}$), 최대예산($b_2^{(i)}$)을 새로이 추정하도록 하여 새로운 삼각형퍼지숫자로 표시한다.

$$\text{즉, } B^{(i)} = (b_1^{(i)}, b_M^{(i)}, b_2^{(i)}), i = 1, \dots, n$$

6 단계 : 모든 $B^{(i)}$ 의 평균 B_m 을 구하고 A_m 과 B_m 의 차이를 구하면 평가를 끝내고, 차이가 많이 나면, 각 전문가들에게 자신의 평가와 평가평균과의 차이를 계산하여 통보하여 주는 4단계~6단계를 반복한다.

예를 들어 15명의 전문가집단이 특정 연구분야에 대한 소요예산을 <표 4-5>과 같이 추정하였을 경우, 추정평균은 다음과 같은 계산식에 의해 구

할 수 있다.

<표 4-5> 퍼지델파이법에 의한 1차 소요예산 추정

i	$A^{(i)}$ (최소예산, 적정예산, 최대예산) = ($a_1^{(i)}, a_M^{(i)}, a_2^{(i)}$)
1	(1995, 2003, 2020)
2	(1997, 2004, 2010)
3	(2000, 2005, 2010)
4	(1998, 2003, 2008)
5	(2000, 2005, 2015)
6	(1995, 2010, 2015)
7	(2010, 2018, 2020)
8	(1995, 2007, 2013)
9	(1995, 2002, 2007)
10	(2008, 2009, 2020)
11	(2010, 2020, 2020)
12	(1996, 2002, 2006)
13	(1998, 2006, 2010)
14	(1997, 2005, 2012)
15	(2002, 2010, 2020)
합계	(29996/15, 30109/15, 30206/15)

$$A_m = (m_1, m_M, m_2) \\ = (\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_1^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_M^{(i)}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_2^{(i)}) \\ = (29996/15, 30109/15, 30206/15) \\ = (1999.7, 2007.3, 2013.7) \approx (2000, 2007, 2014)$$

이를 값을 이용하여 각 전문가별로 최소예산, 적정예산, 최대예산의 추정치와 평가자집단의 추정평균 최소예산, 추정평균 적정예산, 추정평균 최대예산과의 차이를 구한다. 두 삼각형퍼지숫자, $A = (a_1, a_M, a_2)$ 과 $A_m = (m_1, m_M, m_2)$ 간의 차이 $d(A, A_m) = \frac{1}{2} \{ \max(|a_1 - m_1|, |a_2 - m_2|) + |a_M - m_M| \}$ 을 이용하여 각 평가자의 추정평균에 대한 차이합을 구한다. 평가자 1의 경우를 예로들면, $|m_1 - a_1^{(1)}| = 5, |m_2 - a_2^{(1)}| = 6, |m_M - a_M^{(1)}| = 4$ 이므로, $d(A^{(1)}, A_m) = \frac{1}{2} \{ \max(5, 6) + 4 \} = \frac{1}{2} (6 + 4) = 5$ 와 같이 구해지며, <표 4-6>은 이를 계산과정을 정리한 것으로, 평가자 7과 11은 평가자 전체평균과 다소 차이가 있고, 평가자 5와 13, 14는 전체평균과 균사함을 알 수 있다. 이를 계산결과를 각 평가자들에게 회신하여 다른 평가자들의 의견을 고려한 자신의 평가의 조정을 거쳐 2차 평가를 실시

하도록 한다.

〈표 4-6〉 1차 소요예산의 추정치와 추정평균의 차이 계산

i	$m_1 - a_1^{(i)}$	$m_M - a_M^{(i)}$	$m_2 - a_2^{(i)}$	$d(A^{(i)}, A_m)$
1	5	4	-6	5
2	3	3	4	3.5
3	0	2	4	3
4	2	4	6	5
5	0	2	-1	1.5
6	5	-3	-1	4
7	-10	-11	-6	10.5
8	5	0	1	3
9	5	5	7	6
10	-8	-2	-6	5
11	-10	-13	6	11.5
12	4	5	8	6.5
13	2	1	4	2.5
14	3	2	2	2.5
15	-2	-3	-6	4.5

〈표 4-7〉은 2차 소요예산 추정의 경우로 3 단계의 평가평균 계산절차에 따른 평가평균 $B_m = (m_1, m_M, m_2) = (1999.07, 2006.9, 2013.2) \approx (1999, 2007, 2013)$ 으로 1차 추정평균 $A_m = (2000, 2007, 2014)$ 과의 $d(A_m, B_m) = 0.5$ 로 큰 차이가 없으므로 2차 델파이의 계산결과인 1999, 2007, 2013을 각각 최소예산, 적정예산, 최대예산의 추정치로 사용할 수 있으므로, 추가적인 델파이의 실시는 불필요하게 된다. 다음은 삼각형퍼지숫자를 이용하여 소요투자재원의 절추정치를 구하여야 한다. 최소값을 a, 최대값을 b, 최빈값을 c로 하는 삼각형분포(triangular distribution)의 평균과 분산을 구하는 식은 다음과 같다[20].

$$\text{평균} : E(X) = (a + b + c) / 3$$

$$\text{분산} \text{Var}(X) = (a*a + b*b + c*c - a*b - a*c - b*c) / 18$$

위 식에 삼각형퍼지숫자에서 구한 값을 대입하면, $(1999 + 2007 + 2013) / 3 = 2006$ 이 해당 기술부문의 연구개발을 위한 최종 추정 소요예산이 된다.

4.3 정책기여도를 반영한 투자재원 배분

연구개발을 위한 재원에 대한 제한이 없나면, 연

〈표 4-7〉 퍼지델파이법에 의한 2차 소요예산 추정

i	$B^{(i)} = (\text{최소예산}, \text{적정예산}, \text{최대예산}) = (b_1^{(i)}, b_M^{(i)}, b_2^{(i)})$
1	(1996, 2004, 2018)
2	(1997, 2004, 2011)
3	(2000, 2005, 2011)
4	(1998, 2003, 2010)
5	(2000, 2005, 2015)
6	(1997, 2009, 2015)
7	(2005, 2015, 2016)
8	(1996, 2007, 2013)
9	(1997, 2004, 2010)
10	(2004, 2009, 2017)
11	(2004, 2015, 2016)
12	(1996, 2004, 2006)
13	(1998, 2006, 2010)
14	(1997, 2004, 2012)
15	(2001, 2009, 2015)

구분야별로 신청된 연구비를 전부 배정하고, 개별 과제를 심사하여 수행 여부를 결정하면 된다. 그러나, 연구재원의 제한으로 인하여 제안된 연구분야들의 과제를 모두 수행할 수 없다면 연구분야별로 배정기준에 따른 적절한 연구재원의 배분이 필요하게 된다.

본 연구에서는 4.1에서 구한 각 연구분야별 정책기여도와 4.2에서 구한 각 연구분야별 소요예산의 예측치를 이용하여 연구분야별로 연구개발 재원을 배분하기로 한다. 〈표 4-8〉은 편의상 연구분야를 5개로 제한하였다. “가”, “나”, “다”, “라”, “마”의 5개 연구분야의 투자재원은 각각 10, 20, 30, 40, 30으로 총 130이 소요되며, 이를 연구분야의 정책기여도는 각각 30, 20, 40, 50, 20으로 총 160이고, 지금 가용한 투자재원은 100이라고 가정하면, 전체 연구과제를 수행하기에는 30이라는 투자재원이 부족하므로 각 연구분야의 예산을 조절하여야 한다.

먼저 전통적인 방식은 투자의 효율성 (산출/투입, 즉 정책기여도/신청투자재원)을 계산하여 효율성이 높은 연구분야부터 투자재원이 가용한 연구분야를 차례로 지원하는 것으로, 투자효율을 계산하면 “가”, “다”, “라”, “나”, “마” 순으로 정렬되므로, “가” 부문에 10, “다” 부문에 30, “라” 부문에

40을 배정하고 남은 20을 "나" 부문에 배정하는 것이다. 그러나, 국책과제의 경우 연구분야의 효율성만을 유일한 축도로 사용할 경우, "마" 연구분야에는 연구재원이 전혀 할당되지 않으므로, 연구부문 간 균형적 발전을 위한 지원이 불가능해진다. 따라서 전체 신청투자재원에서 부족한 투자재원 30을 삽감하여야 하며, 각 연구분야별로 삽감액을 어떻게 정할 것인가를 결정하면, 각 연구분야별 투자재원의 배분은 자동적으로 결정된다.

<표 4-8>의 정규화 1은 총 신청 투자재원에 대한 각 연구분야별 신청재원의 비율을 나타내고 있다. "라" 연구부문은 소요예산 40으로 전체 신청예산 130의 31%를 차지하고 있다. 단위정책기여도당 소요재원은 같은 정책기여도를 산출하는데 소요되는 투자재원의 비율로 그 값이 낮을수록, 해당 연구분야는 적은 투자재원으로 높은 정책기여도를 실현할 수 있는 것을 뜻하게 된다. "가" 연구부문은 소요예산 10으로 정책기여도 30을 산출하여 정책에 대한 기여도가 가장 높은 연구부문이며, 각

<표 4-8> 정책기여도를 고려한 연구분야별 투자재원 배분예

연구분야	가	나	다	라	마	계
(1) 정책기여도	30.00	20.00	40.00	50.00	20.00	160.00
(2) 신청투자재원	10.00	20.00	30.00	40.00	30.00	130.00
(3) 정규화 1	0.08	0.15	0.23	0.31	0.23	1.00
(5) 가용재원						100.00
(6) 투자재원부족액						30.00
(7) 단위정책기여도 당 소요재원 = (2)*(1)	0.33	1.00	0.75	0.80	1.50	4.38
(8) 정규화 2	0.08	0.23	0.17	0.18	0.34	1.00
(9) 신청투자재원삽감비율 = (3)*(8)	0.01	0.04	0.04	0.06	0.08	0.22
(10) 정규화 3	0.03	0.16	0.18	0.26	0.37	1.00
(11) 신청투자재원삽감액 = (6)*(10)	0.81	4.88	5.50	7.82	10.99	30.00
(12) 최종신청투자재원 = (2)-(11)	9.19	15.12	24.50	32.18	19.01	100.00
(13) 신청대 배정재원비율 = (12)/(2)	0.92	0.76	0.82	0.80	0.63	3.93

연구부문별로 정책기여도 1씩, 총 정책기여도 5를 산출하기 위해서는 총 4.38의 예산이 소요됨을 알 수 있다. 정규화 2는 단위정책기여도 당 소요재원을 정규화한 것으로 소요예산 1로 정책기여도 1을 산출하기 위해 필요한 연구분야별 조합 비율을 나타내고 있다.

투자재원 부족에 의한 신청예산의 삽감시 주의 할 점은, 삽감액을 신청규모에 비례하여 일률적으로 삽감할 경우는 각 연구분야의 정책기여도를 반영할 수 없고, 단위정책기여도 당 소요예산의 비율로 일률적으로 삽감할 경우는 각 연구분야의 소요 투자규모를 반영할 수 없게 된다. 따라서 본 연구에서는 예산의 절대적 규모와 정책기여도에 대한 효율성을 동시에 고려하여 신청투자재원의 삽감비율(9)을 구하고, 이를 다시 정규화(10)하여 각 연구분야별 투자재원의 삽감액을 배정하였다. 각 연구분야별 최종 투자재원을 분석해 보면, 각 연구분야별 신청투자재원 규모순서, 즉 라 (40) > 다 (30), 마 (30) > 나 (20) > 가 (10)의 역전없이 라 (32.18) > 다 (24.50) > 마 (19.01) > 나 (15.12) > 가 (9.19) 순으로 배정되었을 뿐아니라, 단위정책기여도 당 소요재원비율의 순서 즉, 마 (1.50) > 나 (1.00) > 라 (0.80) > 다 (0.75) > 가 (0.33)의 역순으로 신청대 배정재원비율의 순서 즉, 가 (0.92) > 다 (0.82) > 라 (0.80) > 나 (0.76) > 마 (0.63)가 배정되어, 연구분야의 신청투자재원의 절대액이 큰 분야에 더 많은 연구개발 재원을 할당한 동시에 연구개발의 효율성이 높은 연구분야에 더 높은 배정비율에 따른 합리적 투자재원의 배정이 달성되었음을 알 수 있다.

5. 정책목표와 연계한 연구개발 과제 선정

5.1 투자안별 선호도 평가

각 연구분야별로 투자재원이 배정되고 나면, 다음은 연구분야별로 제안된 연구과제들을 심사하여 우수과제를 예산이 허용하는 한 채택하여 지원하-

게 된다. 해당 연구분야의 과제들을 평가선정하기 위한 계층분석과정은 평가를 위한 계층분석구조의 수립으로 시작된다. 계층분석구조를 설정할 경우에는 국책기술개발사업 선정평가 계획(안)[3]과 정보통신 기술진흥 중장기계획 작성지침(안)[5]들과 같은 문헌자료를 토대로 해당 분야의 전문가들의 의견을 반영하여 작성하여야 한다. 특히 계층분석과정을 위한 평가표의 작성시에는 (1) 평가기준들의 개념이 서로 상호중복되지 않고 서로 별개의 항목에 대한 평가가 가능하도록 상호배타적이어야 하며, (2) 아울러, 평가기준들은 의사결정자들이 문제의 해결을 위해서 고려하는 모든 요소들을 빠트리지 않고 반영하여야 하는 동시에, (3) 가능하면 평가의 효율성을 위해 평가목적에 영향을 미치지 않는 범위내에서 평가기준의 수를 최소화하는 노력들이 필요하다[30]. <표 5-1>은 정보통신망 분야의 과제를 평가하기 위한 계층분석구조를 예시한 것으로 각 단계별 의미는 다음과 같다.

- (1) 목표 : 정책목표와 연계한 연구개발과제 선정을 목표로 한다.
- (2) 평가기준 : 개별과제들은 경제적 중요성, 기술적 중요성, 국가사회적 중요성, 정책적 중요성의 관점에서 평가되어야 하며, 각 기준들의 상대적 중요도는 계층분석과정의 쌍비교를 통해 결정된다.
- (3) 세부평가기준 : 경제적 중요성을 평가하기 위해서는 시장규모, 국제경쟁력 강화, 기술 수출입 효과의 세부항목들이, 기술적 중요성은 기술수준향상, 기술파급효과, 기술선도, 기술실현 가능성에 의해 평가되며, 국가정보화 촉진, 국민복지 증진, 국제협력 증진, 고용창출은 국가사회적 중요성을 평가하기 위한 세부평가기준이 된다. 정책적 중요성의 평가를 위해서는 계층분석과정의 쌍비교 횟수는 평가항목의 수에 따라 기하급수적으로 증대되므로, 평가의 효율성을 위해 <표 4-4> 세부정책요소에 의한 정보통신 기술의 정책기여도 평가를 참고하여 각

<표 5-1> 연구분야별 과제선정을 위한 계층분석구조

목표	평가기준	세부기준	과제
정책목표와 연계한 과제선정	경제적 중요성	시장규모 국제 경쟁력강화 기술수출입효과	
	기술적 중요성	기술수준향상 기술파급효과 기술선도 기술실현가능성	
	국가, 사회적 중요성	국가정보화촉진 국민복지증진 국제협력증진 고용창출	정보통신망 분야의 관련 제안과제들
	정책적 중요성	정책 가 정책 나 정책 다	

기술별로 가장 중요하게 평가되는 세부정책 3~5개를 사용한다.

- (4) 과제 : 정보통신망 분야에 제안된 모든 개별과제들을 세부기준의 중요도에 따라 평가한다. 계층분석과정의 하나의 문제점은 평가대안들이 많을 경우에 상대평가를 위한 쌍비교에 소요되는 시간과 비용의 증가를 저적할 수 있다. Saaty[25]는 이의 개선책으로 쌍비교를 하지 않는 절대평가로 상대평가를 위한 쌍비교의 균치로 사용할 수 있음을 보여주고 있으며, Liberatore[23]는 Saaty의 절대평가의 기본은 유지하면서 실행등급의 설정과정을 세분화하는 스프레드쉬트 모델을 사용함으로써 평가회수를 줄일 수 있음을 보였다. 한편, 집단의사결정의 경우에는 리커드의 5점 측도(중요하지 않음: 1점, 보통: 3점, 중요함: 5점, 각 사이값: 2, 4점)를 이용하여 실행등급의 가중치를 배분하는 등급평가모형을 사용함으로써 스프레드쉬트 모델보다도 평가회수를 더욱 줄일 수가 있다[9]. 참고로, 대안 10개를 10개의 기준으로 평가할 경우, Saaty의 상대평가모형은 495회의 쌍비교평가가(즉, 순수쌍비교 = 기준수C₂ + 대안수C₂ * 기준수), Liberatore의 스프레드쉬트모형은 205회의 쌍비교평가가(즉, 스프레드쉬트모

델 = 기준수 C_2 + 실행등급수 C_2 * 기준수 + 기준수 * 대안수, 등급평가모형은 155회의 쌍비교평가가 (즉, 등급평가모델 = 기준수 C_2 + 기준수 + 기준수 * 대안수) 필요하다.

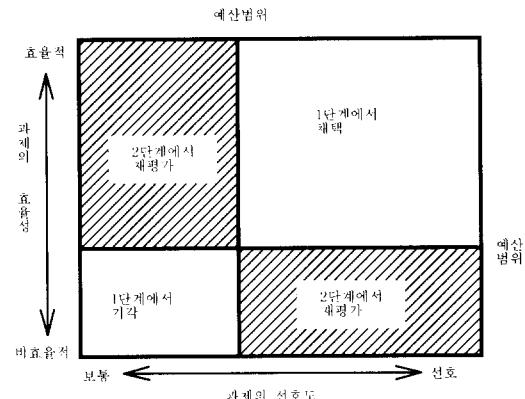
통신기술을 포함하는 다른 기술분야에 대한 평가는 해당 분야의 과제들을 "과제"란에 기입하고, 해당 과제의 정책적 중요성을 <표 4-4>에서 구해 서 "정책적 중요성"의 세부기준란에 대체하고 새로이 작성된 계층분석구조의 평가를 실시하면 되므로 <표 5-1>은 손쉽게 다른 연구분야에 적용이 가능하다.

5.2 연구개발 과제선정의 2 단계 평가

5.2.1 선호도와 효율성에 의한 1차 투자안 선정
 연구개발 과제선정 계층분석과정에서 제안과제에 배정된 점수는 각 과제들에 대한 선호도를 의미한다. 소요예산을 반영한 투자효율성을 기준으로 과제를 선정하고자 하면, 이를 선호도를 소요예산으로 나눈 값을 기준으로 과제들을 내림차순으로 정돈하여 4.3에서 배정된 해당 연구분야의 예산 범위내에 들어가는 과제들을 선정하면 된다. 그러나, 연구과제별 소요예산의 편차가 크거나 전략적 연구개발과제의 선정의 경우, 투자의 효율성만을 고려할 경우는 연구비가 비교적 적게 소요되는 소규모 과제위주로 과제들이 선정되어, 투자의 효율성은 다소 떨어지지만 전략적으로 중요한 과제들은 탈락하게 된다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서 본 연구에서는 과제들의 효율성과 함께 과제의 중요성 즉 선호도를 동시에 고려한 1차 투자안 선정을 실시한 후에 정수계획법에 의한 2차 투자안 선정의 2 단계 평가를 거쳐 연구분야별 투자안을 선정한다.

제안된 과제들을 과제의 효율성과 선호도를 고려하여 선정하기 위해서는 과제선정격자를 이용한다(<그림 5-1> 참고).

과제선정격자는 제안된 과제들을 과제의 효율성



<그림 5-1> 과제선정격자

과 선호도를 기준으로 2차원 좌표에 정돈하여 표시한 후에 해당분야의 가용예산을 기준으로 제안된 과제들을 구분한 것으로 과제의 선호도도 높고 효율성도 높은 과제는 평가의 1 단계에서 선정하고, 과제의 선호도가 낮고 비효율적인 과제는 평가의 1 단계에서 기각한다.

5.2.2 정수계획법에 의한 2차 투자안 선정

선호도와 효율성에 의한 1차 투자안선정 과정에서 채택되거나 기각되지 않은 나머지 과제들, 즉 효율적이지만 선호도가 낮은 과제와 비효율적이지만 선호도가 높은 과제들을 대상으로 2 단계에서 정수계획법을 이용하여 1 단계에서 배정되고 남은 예산을 이용하여 연구개발 과제를 선정할 수 있다. 2 단계 평가에서 사용하는 정수계획법은 흔히 0-1 배낭문제로 알려져 있는 정수계획법의 특수한 형태로 그 수리적 모형은 다음과 같다.

$$\text{목적함수 : } \text{Max } X_1R_1 + X_2R_2 + \dots + X_nR_n$$

$$\text{예산제약식 : } X_1B_1 + X_2B_2 + \dots + X_nB_n \leq T$$

$$\text{정수제약식 : } X_i = 0 \text{ or } 1 \text{ for all } i$$

n : 평가대상 과제의 수, T : 가용예산

B_i : 과제 i 의 소요예산

R_i : 과제 i 의 선호도와 효율성의 선형 가중치

X_i : 과제 i 의 선정여부 (1 : 선정, 0 : 기각)

5.3 평가 일관성지수의 개선

다기준 의사결정문제의 해결을 위해 계층분석과정을 사용하는 또 다른 부수적 효과는 의사결정자의 평가의 일관성을 점검하여 의사결정자가 대안들의 평가과정에서 어느 정도의 오류를 행하였는가를 알려 줄 수 있다는 것이다. 즉 여러개의 대안들을 두개씩 쌍비교를 통해서 각 대안들에 대한 선호도를 평가한 후에 전체 대안들의 평가가 일관성 있게 행해졌는지의 여부를 계층분석과정에서는 일관성비율을 이용하여 검정하여 그 값이 일정 한계치를 넘어서면, 평가가 일관성 있게 수행되지 않았으므로 의사결정자가 해당 문제를 새로이 평가할 것을 경고하여, 복잡하고 난해한 문제를 잘못 평가 할 가능성을 미연에 방지하여 신뢰성이 높은 평가 결과를 의사결정자가 얻을 수 있도록 도와준다.

일관성있는 평가의 기준으로 Saaty[25]는 확률적으로 생성한 일관성지표(CI)를 이용하여 일관성비율(CR)을 구하고 이 값이 10%를 넘지 않을 것을 제안하고 있다. 그러나, Golden and Wang[6]은 평가해야 할 쌍비교행렬의 크기가 작을 경우는 10% 규칙이 너무 느슨한 반면에 쌍비교행렬의 크기가 큰 경우는 10% 규칙이 달성하기에 너무 어렵다는 것을 지적하고, 일관성지표를 만들기 위해서 Saaty와 같이 1에서 9까지의 임의의 숫자를 입력하는 대신에 쌍비교행렬의 첫번째 행에 1/9에서 9 사이의 임의의 숫자를 입력한 후에 나머지 행은 일정한 알고리즘에 의해서 정해진 숫자를 이용해서 계산된 G-값을 새로운 일관성측정치로 제안하였다. G-값은 쌍비교행렬의 크기의 함수로, 행렬의 크기가 3이상일 경우는 정규분포에 근사한 값을 가지며, 쌍비교에서 계산된 G-값이 시뮬레이션에서 구한 G-값의 33% 구간을 초과하지 않을 경우에 의사결정자가 일관성있는 평가를 한 것으로 판정할 수 있다는 것을 시뮬레이션을 이용하여 밝혔다. Golden and Wang이 시뮬레이션을 이용하여 계산한 쌍비교행렬의 크기에 따른 G-값의 33% 구간값 Ns(33%)은 <표 5-2>와 같다.

<표 5-2> 행렬의 크기에 따른 G-값의 33% 구간 값

행렬의 크기	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ns(33%)	0.120	0.203	0.259	0.299	0.322	0.344	0.360	0.373	0.383

G-값을 이용한 쌍비교 평가일관성의 판정을 6 x 6의 쌍비교행렬의 경우, <표 5-3>에서 Saaty의 일관성비율은 $CR = CI / RI = 0.164 / 1.24 = 0.132 > 0.10$ 으로 평가의 일관성이 결여된 것으로 판정되지만, 쌍비교행렬의 G-값을 사용할 경우는 $G\text{-값}/Ns(33\%) = 0.241 / 0.299 = 0.81$ 으로 일관성있는 평가로 판정된다.

<표 5-3> Saaty의 일관성비율과 G-값 비교

	A	B	C	D	E	F	$Ei = g$	$Pi = g^*$
A	$W_{11}=1$	5	5	7	1/9	1/9	1.137	0.111
B	$W_{12}=1/5$	1	1	2	1/7	1/9	0.430	0.042
C	1/5	1	1	1	1/7	1/9	0.383	0.037
D	1/7	1/2	1	1	1/7	1/7	0.337	0.033
E	9	7	7	7	1	1	3.816	0.372
F	9	9	9	7	1	1	4.419	0.405
Cj	19.543	23.500	24.000	25.000	2.540	2.476		

$$N = 6, CR = 0.13, G\text{-값} = 0.241, Ns(33\%) = 0.299$$

$$CI = \sum_{i=1}^6 w_{ij}, Ei = \left(\prod_{j=1}^6 w_{ij} \right)^{1/6}, Pi = Ei / \sum_{i=1}^6 Ei, \lambda_{max} = \sum_{i=1}^6 P_i C_i = 6.82$$

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) = (6.82 - 6) / (6 - 1) = 0.164$$

$$CR = CI / RI = 0.164 / 1.24 = 0.13, g = E_n, g^* = P_n$$

$$G\text{-값} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 \left| \frac{W_{ij}}{\sum_{i=1}^6 W_{ij}} - g \right| = 0.241$$

따라서, 의사결정자의 평가 일관성을 점검하기 위해서는 Saaty의 일관성지표를 사용하는 것보다, Golden and Wang의 G-값을 사용하는 것이 보다 적절하다. 일관성 평가지수의 해석과 관련하여 주의할 점은 평가의 일관성이 높다고 하여 의사결정자가 반드시 높은 평가를 하였다고 보증하지는 못 한다는 점이다. 즉 일관성 있게 의사결정자가 틀린 평가를 하였을 경우에도 일관성 평가지수는 높은 일관성으로 나타날 수 있다. 따라서, 의사결정자들이 정확한 정보와 지식을 가지고 평가에 임할 수 있는 모든 지원이 선행될 때, 의사결정자들은 보다 정확한 평가를 내릴 수 있게 된다.

5.4 평가 쌍비교의 개선

Saaty가 제안한 계층분석과정과 관련된 또 다른 비판은 평가기준들과 대안들에 대한 상대적 중요도를 쌍비교하기 위해 생성된 쌍비교행렬의 모든 요소들을 평가하기 전에는 각 대안들의 중요도를 결정할 수 없다는 것이다. 그러나, 계층분석구조가 다단계로 구성되어있거나, 각 단계별로 쌍비교하여야 하는 대안들의 수가 많을 경우는 쌍비교 평가회수가 평가해야 하는 대안수와 단계수의 증가에 따라 기하급수적으로 증대하므로 규모가 큰 다기준의사결정문제를 해결하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하다. 뿐만아니라, 현실적으로도 특정 대안들에 대해서는 평가자가 해당분야의 전문적 지식과 경험부족으로 평가가 불가능한 경우도 있다. 이런 경우 Harker[18, 19]는 Saaty와 같이 쌍비교행렬의 모든 항에 대한 평가를 하는 대신에 평가자가 자신이 있는 항목에 대한 평가만을 실시하고, 이를 값을 이용하여 나머지 항목들의 근사값을 계산하는 방법을 제안하였다.

Harker의 개선된 쌍비교법에 의한 대안들의 중요도 평가절차는 다음과 같다[18].

- 1 단계: 쌍비교행렬에서 대각선 부분은 비워두고 대각선 윗부분에서 평가가 가능한 항목들을 만을 평가하고 나머지 항목들은 비워둔다.
- 2 단계: 쌍비교행렬의 대각선 윗부분에 공란으로 된 부분을 0으로 채운다.
- 3 단계: 쌍비교행렬의 대각선 아래부분을 대각선 윗부분의 역수로 채운다.

4 단계: 쌍비교행렬의 대각선 부분은 각 행에 있는 0의 수 더하기 1로 채운다.

5 단계: 1~4단계에 의해서 구해진 쌍비교행렬을 이용하여 각 대안들의 중요도의 근사치를 구한다.

<표 5-4>는 Saaty법과 Harker법에 의한 대안들의 중요도의 계산을 비교한 것으로, 6회의 쌍비교를 전부 실시하여 구한 각 대안들의 상대적 중요도는, C 안(0.568) > B 안(0.252) > A안 (0.120) > D안 (0.059) 순으로 평가되었다. 반면에 4회의 쌍비교값을 실시한 후에 Harker법에 의해서 구한 각 대안들의 상대적 중요도는 C 안(0.5378) > B 안(0.214) > A안 (0.186) > D안(0.064)으로 각 대안들의 중요도는 다소 차이가 있지만, 그 순서에는 변화가 없음을 알 수 있다.

6. 결 론

정보통신기술개발 전략에 따른 관련기술의 연구개발 관리는 국가 및 산업체의 경쟁력을 강화하는 역할을 할 뿐만 아니라, 그에 따른 개인의 사회, 문화 생활의 편의성을 증대하는 효과를 가져온다. 또한 통신시장 개방에 따른 외국 정보통신산업의 무분별한 침투에 대응하고, 개발전략을 토대로 제품 및 서비스를 취사선택할 수 있는 기술적 기반을 제공한다. 본 연구는 R&D 자원배분을 위한 의사결정지원시스템의 설계를 위하여, 정보통신 정책목표와 연계한 투자재원 배분과 연구과제선정 방안을 제안하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해서 첫

<표 5-4> Harker법에 의한 중요도 평가

	Satty법				불완전한 쌍비교				Harker법			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
A안	1	1/3	1/5	3				3	3	0	0	3
B안	3	1	1/3	4			1/3	4	0	2	1/3	4
C안	5	3	1	7		3		7	0	3	2	7
D안	1/3	1/4	1/7	1	1/3	1/4	1/7		1/3	1/4	1/7	1
P _i	.120	.252	.568	.059					.186	.214	.537	.064
	$\lambda_{\max} = 4.12$				$\lambda_{\max} = 4.024$							

째, 각 정보통신연구분야별로 정책에 대한 기여도를 계층분석과정을 이용하여 평가하고, 델파이법을 이용하여 각 연구분야별로 적정 투자규모를 설정한 후에 계층분석과정을 이용하여 구한 정책기여도를 가중치로 하여 각 연구분야별 투자규모를 정하였다.

이어서 각 연구분야별로 계층분석과정에 따라 각 과제들의 중요도를 계산한 후에, 연구과제의 선호도와 효율성을 기준으로 과제선정격자에 배치하여 1차 선정을 마치고 1차 선정에서 기각되지 않은 과제들을 대상으로 0~1 정수계획법을 이용하여 2차선정을 하는 2 단계 평가법을 이용하여 연구개발과제를 선정하는 방법을 소개하였다. 계층분석과정의 적용과 관련하여서는 평가의 일관성을 평가하는 새로운 측도인 G-값을 소개하였고, 평가자가 모든 항목에 대한 쌍비교가 불가능할 경우에 무리하게 쌍비교를 강행하는 대신에 자신있는 평가항목들의 값을 이용한 근사값을 구하는 방법도 소개하였다.

이러한 연구개발과제의 평가방법은 과제평가과정에서 정량적인 요소는 물론, 정성적인 요소에 대한 평가가 가능할 뿐아니라, 모형이 종합적 체계적이면서도 적용이 쉽고, 평가자들의 객관적 평가를 지원하여 모형에 의해 도출된 우선순위선정 결과는 연구개발자원 배분의 설득력 있는 지침으로 활용될 수 있다.

그러나, 본 연구의 결과를 활용하는 데에는 주의가 따른다. 먼저, 정보통신의 정책은 매년 변하는 것으로 정보통신산업의 환경변화를 신속히 반영할 수 있도록 매번 조정되어야 한다. 정부차원의 연구개발 투자재원 배분문제를 검토하는 목적은 연구개발 자금할당의 구체적 수치 그 자체에 있는 것이 아니라, 연구개발 자금을 보다 과학적이고 객관적으로 배분하는 방법론을 모색하는 것이다. 연구개발재원의 배분과정에서 이해관계자 집단의 의견이 다름으로서 나타날 수 있는 갈등을 최소화하는 방안은 그들의 의견을 수렴하여 객관적인 결론을 제시하는 것이 무엇보다 중요하기 때문이다[10]. 따-

라서, 본 연구에서 제안된 연구개발 재원배분 및 과제선정 모형을 이용한 보다 정확한 연구개발 과제의 평가를 위해서는 모형이 적용되는 매 평가년도의 상황에 따라, 적절히 조정되어 사용되어야 한다. 구체적 수치에 대한 보다 의미있는 결과를 위해서는 보다 대규모의 전문가들이 참여하는 델파이조사가 실시되어야 하며, 아울러 각 연구분야별로 보다 세분화된 분석을 위해서는 각 연구분야별 특성을 고려한 특화된 계층분석구조의 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 정보통신연구관리단, 정보통신 연구개발사업의 종합평가모형 개발에 관한 연구, 연구보고서, (1994).
- [2] 정보통신연구관리단, 정보통신 연구개발사업의 종합평가모형 개발에 관한 연구(II), 연구보고서, (1994).
- [3] 정보통신연구관리단, 국책기술개발사업 선정 평가 계획(안), (1995).
- [4] 정보통신연구관리단, 정보통신 주요정책 및 연구개발 정책방향과 목표, (1995).
- [5] 정보통신연구관리단, 정보통신 기술진흥 중장기계획 작성지침(안), (1996).
- [6] 정보통신연구관리단, 정보통신연구개발사업 추진현황, (1996).
- [7] 한국과학기술원 과학기술정책연구 평가센터, 과학기술투자의 흐름분석과 전망, 연구보고서 pp.88-01, (1988).
- [8] 한국전자통신연구소, 한국통신의 R&D 투자방안에 관한 연구, 기술발전전략 제27권, (1992).
- [9] 한국전자통신연구소, 정보통신 표준화 전략계획 수립을 위한 방법론 개발 및 운용에 관한 연구, 연구보고서, (1994).
- [10] 남인석, 김충영, "계층적분석기법 (AHP)을 활용한 정부 R&D 사업 투자모형에 관한 연구", 과학기술정책, 6, (1994), pp.1-24.

- [11] 백광천, 서의호, 서창교, 이영민, "R&D 투자 모형결정 및 자원배분에 관한 연구", *경영과학*, 10(1), (1993), pp.81-105.
- [12] Baker, N.R., "R&D project selection models : an assessment," *IEEE Transactions on Engineering Management*, 21(4), 1974, pp. 165-171.
- [13] Bojadziev, G., and Bojadziev, M, *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Applications*, World Scientific Publishing Co., 1995.
- [14] Cetron, M.J., Martion and Roepke, "The selection of R&D program center - survey of quantitative methods," *IEEE Transactions on Engineering Management*, 14(1), 1967, pp.4-13.
- [15] Choi, H.-A, Eui-Ho Suh, and Chang-Kyo Suh, "Analytic hierarchy process: it can work for group decision support systems," *International Journal of Computer and Industrial Engineering*, 27, 1994, pp.167-171.
- [16] Golden, B.L., and Wang, Q., "An alternative measure of consistency," in *The Analytic Hierarchy Process : Application and Studies*, (eds. Golden, B.L., Wasjil, E.A. and Harker, P.T.), Springer-Verlag, 1989, pp.68-81.
- [17] Hall, D.L. and A. Nauda, "An interactive approach for selecting IR&D projects," *IEEE Transactions on Engineering Management*, 37(2), 1990, pp.126-133.
- [18] Harker, P.T., "Alternative modes of questioning in the analytic hierarchy process," *Mathematical Modelling*, 9, 1987, pp.353-360.
- [19] 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., Wasjil, E.A. and Harker, P.T.), Springer-Verlag, 1989, pp.3-36.
- [20] Hoover, S. V. and R.F. Perry, *Simulation: A Problem-Solving Approach*, Addison-Wesley Publishing Co., 1989.
- [21] Lee, J., S. Lee, and Z.-T. Bae, "R&D project selection: behavior and practice in a newly industrializing country," *IEEE Transactions on Engineering Management*, 33(3), 1986, pp.141-147.
- [22] Liberatore, M.J. and G.J. Titus, "The practice of management science in R&D project management," *Management Science*, 29(8), 1983, pp.207-218.
- [23] Liberatore, M.J., "An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation," *IEEE Transactions on Engineering Management*, 34(1), 1987, pp.12-18.
- [24] Melachrinoudis, E. and K. Rice, "The prioritization of technologies in a research laboratory," *IEEE Transactions on Engineering Management*, 38(3), 1991, pp.269-278.
- [25] Saaty, T.L. *Decisoin Making for Leaders*, Pittsburgh, RWS Publications, 1990.
- [26] Studt, T., "How much will it cost to run your lab in '92," *R&D Magazine*, Jan. 1992, pp.42-45.
- [27] Suh, Chang-Kyo, Eui-Ho Suh, and Kwang-Churn Baek, "Prioritizing telecommunication technologies for long-range R&D planning to the year 2006," *IEEE Transactions on Engineering Management*, 41(3), 1994, pp.264-275.
- [28] Suh, Eui-Ho, Chang-Kyo Suh, and Nam-Chul Do, "A decision support system for investment planning on a microcomputer," *Journal of Microcomputer Application*, 15 (4), 1992, pp.297-311.