

정보통신분야의 델파이 기술예측 국제비교분석

-한국·일본·프랑스·독일-

홍순기*·오정목**

〈 目 次 〉

1. 서 론
2. 기존연구의 검토
3. 델파이(Delphi) 방법
4. 정보통신기술예측 국제비교
5. 예측의 신뢰도
6. 결 어

1. 서 론

1990년대에 들어와 미국·일본을 비롯한 기술선진국들은 90년대를 21세기의 기술패러다임을 결정짓는 중요한 10년으로 판단하고 자국의 기술경쟁력을 계속 증대시킬 수 있는 신기술의 발굴과 평가를 위해 각계의 전문가집단을 이용하여 다각적인 기술예측 활동을 활발히 전개하여 왔다.

정보통신분야는 기술변화의 속도가 매우 빠르고 앞으로의 기술발전방향과 신기술의 출현이 사회와 기업의 발전에 커다란 영향을 미치는 핵심적인 첨단기술분야이다. 새로운 국제기술질서가 태동하는 가운데 우리 산업의 국제경쟁력 강화라는 국가목표를 달성하기 위해서는 무엇보다도 모든 산업과 기술발전의 핵심 하부구조인 첨단 정보통신

* 성균관대학교 산업공학과

** 성균관대학교 산업공학과

신체제를 구축하기 위한 기술력의 확보가 국가적인 선결과제이다. 따라서 미래기술의 특성을 전망하고 그 실현시기·중요성·실현상의 제약조건 등을 미래의 사회적 환경 및 니즈(needs)의 변화와 관련하여 평가하는 기술예측의 중요성은 더욱 높아지고 있다. 특히 기술선진국들은 정기적인 기술예측을 통해서 앞으로 출현할 유망기술을 발굴하고 이들 기술에 대한 경제적·사회적·기술적 평가를 실시하여 민간이 스스로 개발하거나 국가가 개발을 지원해야 할 기술의 포트폴리오를 작성하는 등 앞으로 예견되는 기술수요를 충족하기 위한 중장기 기술개발계획을 수립해서 추진하고 있다.

1993년 이후 일본을 비롯한 한국, 독일, 프랑스에서는 동일한 기술분야를 대상으로 동일한 델파이 방법을 사용한 기술예측 결과가 발표되어 정보통신분야에서도 우리나라의 미래 기술수준을 국제적인 시각에서 비교분석하는 것이 가능하게 되었다. 따라서 동 예측결과를 토대로 우리나라 정보통신분야의 기술발전속도, 방향 및 범위에 대한 합리적인 분석을 한다면 정보통신 기술발전을 바람직한 방향으로 유도하는데 기여할 수 있을 것이다.

본 논문은 총 6절로 구성되어 있다.

2절에서는 한국, 일본, 독일, 프랑스가 최근에 실시한 기술예측조사활동을 비교하고,

3절에서는 본 국제비교분석을 위한 예측자료에 사용된 델파이 방법에 대해 개념과 특징, 수행과정 등을 살펴본다.

4절에서는 정보통신분야에 대해 4개국에서 예측한 과제중 중요도가 높고 파급효과가 큰 31개 과제에 대해 그 실현시기를 비교분석한다.

5절에서는 신뢰도비율을 이용하여 예측에 대한 신뢰도를 평가하며

마지막으로 6절에서는 연구결과의 요약과 함께 델파이 방법을 이용한 장기기술예측 조사를 실시할 때 개선되어야 할 사항들을 제시하고자 한다.

2. 기존연구의 검토

2.1 한국

우리나라에서 처음으로 실시된 국가 차원의 과학기술예측조사는 그 결과가 지난

1994년에 발표되었다.¹⁾ 약 2년간의 준비과정을 거쳐 델파이 방법을 이용하여 과학기술 전 분야를 대상으로 수행된 제1회 과학기술예측조사의 추진과정을 살펴보면 다음과 같다:

동 예측조사는 3단계로 구분된다. 제1단계(pre-foresight)인 사전기획연구에서는 국내 과학기술자 24,500명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 동 조사의 목적은 과학기술 전문가들이 예측작업에 적극적으로 참여하도록 사전에 기술예측에 대한 중요성을 인식시키고, 이들로부터 예측대상 기술과제에 대한 아이디어를 수집하고 전문가 패널을 구성하는데 있다. 이 설문에는 총 24,500명중 4,649명(19.0%)이 응답하였다. 응답자들로부터 제안받은 예측대상과제는 모두 22,699개였으며, 동일 또는 유사과제를 통합·정리하여 최종적으로 8,614개의 과제를 도출하였다. 또한 국가적인 기술예측을 실시할 경우 응답자의 91% 이상이 참여의사를 밝혔다.

제2단계(main-foresight)에서는 제1단계의 조사결과를 토대로 본격적인 기술예측을 수행하기 위해 이를 총괄할 기술예측위원회를 조직하였다. 동위원회는 12개의 기술분야별 소위원회와 총괄위원회로 구성되었으며 산업계 18명, 학계 48명, 연구계 24명, 기타 1명 등 총 91명의 전문가가 위원으로 임명되었다. 소위원회별로 3~4차례의 회의를 통해 제1단계의 응답자들로부터 제안받은 기술과제와 기타 외국의 예측과제 등을 검토하여 1,127개의 과제를 선정하였고, 제1라운드 설문조사 결과 응답자가 제안한 47개의 과제를 추가하여 예측과제는 총 1,174개에 이르렀다. 이 과제를 대상으로 2라운드에 걸쳐 실시된 미니 델파이 예측조사에서는 앞으로 20년후인 2015년까지를 최장 예측기간으로 설정하였다. 제1라운드에서는 제1단계에서 기술예측에 참여의사를 밝힌 전문가들과 기타 국내 전문가들을 합한 총 4,905명을 대상으로 설문조사한 결과, 32.4%에 이르는 1,590명으로부터 회답이 있었다. 제2라운드에서는 제1라운드 응답자 1,590명을 대상으로 실시하여 75.3%에 이르는 1,198명으로부터 회답이 있었다.

제3단계(post-foresight)는 동예측조사의 결과를 발표함과 동시에 이를 각계각층에 알리고 예측결과의 활용측면을 강조하는 단계로서 그 목적은 국가나 민간기업이 기술개발 계획이나 전략수립시 기술예측 결과를 적극적으로 활용할 수 있도록 하는데 있다. 이 단계에서 일본과 독일의 기술예측결과가 번역됨에 따라 국제비교분석이 가능

1) STEPI, 제1회 과학기술예측조사(1995~2015년): 한국의 미래기술, 1994

하게 되었다.

2.2 외국

이 분야에서 가장 오랜 역사를 갖고 있는 일본의 科學技術廳은 1971년 이후 광범위한 과학기술분야에 대해 향후 30년간의 장기예측을 5년 주기로 수행하고 있으며 1993년에 제5회 과학기술예측조사 결과를 발표하였다.²⁾ 예측방법으로는 델파이 기법을 사용하였으며 조사대상분야가 광범위하고 장기간에 걸쳐 수행되기 때문에 국가차원에서 실시하고 있다.

동 예측조사는 과학기술청 산하의 科學技術政策研究所(NISTEP)에서 주관하고 있으며 여기에서 예측조사방침, 조사결과의 분석 및 정리방침 등 전체적인 추진방향과 프레임을 결정한다. 실제의 기술예측작업은 未來工學研究所(IFIT)에서 科學技術廳의 위탁을 받아 수행하며 제5회 예측작업에서는 13개의 기술분과와 별도의 사회시나리오분과를 조직하여 운영하였다.

동예측의 직접적인 목적으로는 정부와 기업의 기술개발계획수립을 위한 장기비전의 제시를 들 수 있으며 활용측면으로는 새로운 기술혁신 씨앗(seed)의 탐색과 전개, 기업의 기술개발계획에의 지침제공, 기술예측과 사회예측과의 비교분석 등을 들 수 있다. 예측조사의 횟수가 증가함에 따라 대상분야 및 과제수가 증가하고 조사항목도 세분화되었으며 예측방법이 개선되면서 결과에 대한 신뢰가 향상되어 그 활용이 증대되고 있다.

독일은 처음으로 연방연구기술성 산하 프라운호퍼 시스템·혁신연구소(ISI)에서 국가차원의 과학기술예측조사를 수행하여 1993년에 그 결과를 발표하였다.³⁾ 동예측조사의 목적은 연방연구기술성의 중장기 연구개발정책수립에 도움을 주고 민간부문이 스스로 기술개발에 대한 의사결정을 내릴 수 있도록 기초정보를 제공하기 위한 것이다. 독일의 예측조사는 일본의 제5회 과학기술예측조사와 병행하여 실시되었다. 동예측조사에서는 일본에서 다루었던 기술과제의 대부분이 번역되어 사용되었으므로 그 결과를 일본과 비교평가할 수 있었다.

2) 과학기술정책연구소(NISTEP), 제5회 과학기술예측조사, 1992

3) ISI, 연방연구기술성, 과학기술에 대한 독일의 Delphi 보고서, 1993

프랑스에서는 일본과 독일보다 약간 늦은 1994년에 프랑스의 SOFRES가 독일과 마찬가지로 일본의 제5회 과학기술예측조사와 같은 방법과 설문을 사용하여 예측한 결과를 발표하였다.⁴⁾ 프랑스의 과학기술예측조사에서는 일본과 독일에 비해 예측에 참여한 전문가의 수가 전반적으로 적은 편이었다.

한국, 일본, 독일, 프랑스 등 4개국의 과학기술예측조사활동을 요약하면 다음 표와 같다.

<표 1> 주요국의 과학기술예측조사 활동비교

구 분	과학기술예측조사 비교			
	한국	일본	독일	프랑스
수행기관	STEPI	IFTECH	ISI	SOFRES
발표년도	1994년	1993년	1993년	1994년
예측방법	2라운드 Delphi	2라운드 Delphi	일본과 동일	일본과 동일
대상기간	20년(1995 - 2015)	30년(1995 - 2025)	일본과 동일	일본과 동일
대상분야	15개 분야	16개 분야	16개 분야	15개 분야
과제수	1,174	1,149	1,147	1,051
응답자수 (회수율)	1차: 3,166명(32%)	1차: 2,781명(84%)	1차: 1,056명(30%)	1차: ?
	2차: 2,353명(74%)	2차: 2,385명(86%)	2차: 858명(82%)	2차: ?
4국간 동일 과제수	317	317	316	314

참조 : STEPI, 과학기술예측조사의 방법론과 활용방안, 1996

3. 델파이(Delphi) 방법

3.1 델파이 방법의 특징

델파이방법(이하 델파이)은 전문가 그룹의 활용에서 단점을 극복하고 장점을 취하는 방법이다.⁵⁾ 델파이는 원래 미국의 RAND 연구소가 전문가 그룹으로부터 의견을

4) SOFRES, 과학기술에 대한 Delphi 보고서, 1994

체계적으로 도출해서 수렴하기 위해 고안한 기법이다. 이를 이용한 RAND 연구소의 첫 보고서가 기술예측을 다루었기 때문에 델파이가 기술예측기법으로만 인식되는 경향이 있으나 실은 전문가 그룹을 활용하는 경우, 어떤 목적으로도 사용될 수 있는 기법이다.

델파이는 통상적인 “對面”(face-to-face) 방식의 그룹 활동과 구별되는데 일반적으로 다음과 같은 3가지 특성을 가지고 있다:

첫째, 델파이 수행과정에서 패널전문가들 간에 누가 참여하는지 또는 누가 어떤 의견을 제시하였는지 알려주지 않음으로써 匿名이 보장된다. 전문가들은 설문서를 통해 익명이 보장된 상태에서 상호 의견교환을 하게 된다.

둘째, 패널전문가들은 설문서를 통해 의견을 서로 교환하게 되는데, 델파이 총괄수행자는 설문서로부터 관련 정보만을 추출하여 해당 그룹에 공급한다. 즉, 각 패널전문가들에게 수집된 패널의견과 각 의견에 대한 찬반주장의 내용을 통보한다. 이러한 수정응답의 일차적 효과는 패널전문가들이 자신들의 의견만을 주장하려는 것을 막아준다.

셋째, 전형적으로 對面會議는 다수 의견을 반영하는 예측결과를 제시하기 때문에 소수의 의견은 자주 묵살되기 쉽다. 하지만 델파이에서는 그룹 전체의 예측시기를 통계적으로 집계하여 다음과 같이 중앙값을 나타내는 中位數와 분산을 나타내는 四分位數範圍를 제시해 준다:



Q_L : 下四分位數(lower quartile: 25%)

M : 中位數(median: 50%)

Q_U : 上四分位數(upper quartile: 75%)

IQR : 四分位數範圍(inter-quartile range: $Q_U - Q_L$)

5) 전문가 그룹을 활용할 경우 그룹 전체가 확보할 수 있는 정보량이 최소한 개인이 확보하고 있는 정보량보다 많으며, 그룹이 검토할 수 있는 기술혁신 결정요인의 수가 한 전문가가 생각할 수 있는 요인의 수보다 많다는 장점이 있다.

그러나 단점으로는 첫째, 그룹 전체가 개인보다 더 많은 잘못된 정보를 보유할 수 있으며 둘째, 어느 개인이 대다수의 구성원의 생각이 틀렸음을 알고 반대할 때 대다수의 의견에 동의하도록 압력을 받게 되며 셋째, 그룹 활동 중에서는 합의도출이 유용하고 합리적인 기술예측 결과를 만들어 내는 것보다 중요하게 간주되는 경향이 있으며 넷째, 논쟁에 적극적으로 참여하며 정력적으로 자기의 생각을 밀어붙이고 설득력이 강한 개인이 부당하게 그룹의 토의에 영향을 미칠 수 있으며 다섯째, 그룹 전체가 편견을 공유할 수 있다 (Martino, 1993, pp. 16-17).

중위수는 응답자의 예측시기를 이른 시점부터 순서대로 나열했을 때 50%에 해당하는 응답자가 예측한 실현시기를 의미한다. 즉, 중위수를 중심으로 응답자의 50%는 중위수 이전에 실현될 것으로, 나머지 50%는 중위수 이후에 실현될 것으로 예측한다. 상4분위수는 응답자들중 75%, 하4분위수는 25%에 해당하는 응답자가 예측한 실현시기를 각각 나타낸다. 4분위수범위는 중위수를 중심으로 패널응답의 분산을 나타내는 측정치이다. 이 분산은 IQR(상4분위수-하4분위수)로 정량화된다.

델파이의 위와 같은 3가지 특징으로 전문가그룹 활용의 단점을 줄이고 장점을 극대화하는 방법이다. 나아가 델파이의 구성원 간의 상호 의견교환이라는 중요한 특징을 가지고 있으므로 여론에 영향을 미치지 않고 이를 조사하는 일반적인 여론조사 방법과는 판이하게 다르다.

3.2 델파이의 수행과정

델파이는 일련의 설문을 통해 전문가그룹에게 질문하는 방법이다. 델파이 예측은 일반적으로 4라운드의 설문을 통해 수행되나 여기서는 국제비교분석에 사용된 2-라운드 미니 델파이를 소개한다.⁶⁾

가. 제1라운드

각 전문가는 각 기술 과제가 실현되는 시기를 예측하도록 요구받는다. 이러한 예측치는 총괄수행자에게 반송되고 총괄수행자는 중위수, IQR, 극단치 그리고 출현이 불가능하다고 답변한 응답의 수 등을 표로 만들어 각 전문가에게 반송한다.

나. 제2라운드

각 전문가는 그가 예측한 기술의 실현시기를 그룹의 예측치 분포와 비교 검토하고 다시 예측을 하도록 요구받는다. 만약 예측치가 IQR을 벗어나게 되면 그 이유를 설명

6) Martino의 델파이방법은 제1라운드에서 설문서가 전혀 조직화되어 있지 않다. 전문가들은 1차 설문서에서 예측 대상이 되는 기술과제를 제안하고 그 발전추세를 예측한다. 설문이 회수되면, 총괄수행자는 중복 또는 유사 주제는 하나로 통합하고 적절치 못한 주제는 삭제한다. 따라서 제1라운드 설문은 본격적인 예측을 위한 사전적인 브레인 스토밍 성격을 지닌다. 한편, Bright의 델파이방법은 미리 마련한 예측대상 과제목록을 가지고 시작하기 때문에 Martino 방법의 1라운드를 생략하고 바로 2라운드부터 시작하게 된다.

해야 한다. 총괄수행자는 1, 2라운드에서 회수된 예측치의 중위수와 4분위수범위를 표로 만들고 이때 제시된 모든 주장과 의견을 정리하여 첨부한다.

4. 정보통신기술예측 국제비교

4.1 예측자료의 활용

본 연구의 기술예측비교분석에는 모두 4가지 예측자료가 사용되었다.(2절 참조)

첫째는 「한국의 미래기술(1995~2015)」이다. 동보고서는 과학기술정책관리연구소가 1993년 8월에 착수하여 1994년 9월에 완료한 제1회 과학기술 장기예측연구의 결과이다. 이중 정보통신분야에서는 278명의 전문가가 총 125과제에 대해 예측하였다.

둘째는 일본의 「제5회 기술예측조사」이다. 동 보고서는 일본의 미래공학연구소가 1993년 수행한 종합적인 과학기술조사예측의 결과로서 1971년 이래 5년마다 발간되는 장기기술 예측보고서이다. 이중 정보통신분야에서는 260명의 전문가가 171과제에 대하여 예측하였다.

셋째는 독일의 「과학기술에 대한 독일의 델파이 보고서」이다. 1993년 프라운 호우퍼의 시스템·혁신연구소(ISI)에서 일본의 「제5회 기술예측조사」와 같은 방법과 설문을 사용하여 독일 전문가를 대상으로 델파이 예측을 실시한 결과이다. 이중 정보통신분야에서는 총 152명의 전문가가 172과제에 대해 예측하였다.

넷째는 프랑스의 「과학기술에 대한 델파이 조사 보고서」이다. 1994년 프랑스의 SOFRES가 독일과 마찬가지로 일본의 「제5회 기술예측조사」와 같은 방법과 설문을 사용하여 프랑스 과학기술자를 대상으로 델파이 예측을 실시하였다.

상기 4가지 예측조사에서는 모두 2회에 걸친 미니 델파이 방법을 사용하였다.

4.2 기술과제의 선정

본 연구는 전술한 4가지 예측조사자료에서 정보통신기술분야내의 12분야, 172과제 중 한국·일본·독일·프랑스의 비교분석이 가능하고, 출현시기의 중위수가 2010년

이내의 과제를 중심으로 중요도가 높고 파급효과가 큰 10분야, 31과제를 선정하였다.

4.3 기술혁신단계의 설정

기술혁신과정은 기술적 아이디어 또는 과학적 원리로부터 출발하여 필요한 지식을 획득하고 이용가능한 제품과 공정으로 변환, 사회에 도입·채택되어 그 영향이 상당해질 때까지의 확산·보급 등을 포함한다(Bright, 1978, pp31~35). 따라서 기술의 미래를 전망하기 위해서는 특정시점까지 기술혁신의 어느 단계에 도달하는지를 명확히 기술하는 것이 필요하다. 전술한 예측보고서들은 기술혁신단계를 다음과 같이 4단계로 구분하고 있다:

- 원리해명 : 원리나 현상이 과학적으로 명백히 밝혀진다.
- 개 발 : 기술적인 면에서의 문제가 해소되는 시기로서 예를 들면 시작품 제1호가 완성되는 시기를 말한다.
- 실 용 화 : 경제적인 면을 고려하여 실제로 사용이 시작되는 시기로서 국내에서 상품화 또는 기업화의 초기 단계를 말한다.
- 보 급 : 실용화되어 널리 일반에 사용되는 것을 말한다.

4.4 예측년도의 해석

상기 델파이 예측에서 전문가들은 2015년까지 5년 단위로 구분된 구간중 하나를 택하였다. 예측결과분석의 편의상 5년 기간 내에서 전문가들의 예측시기 응답분포는 연도마다 균일한 것으로 가정하였다. 즉, 구간내에서는 연도별로 동일한 수의 전문가가 답한 것으로 하였다.

델파이 예측결과에서 대표적으로 사용하는 예측년도는 바로 중위수를 가리킨다. 이는 설문에 참여한 전문가가 특정기술에 대해 1/2은 중위수년도 이전에 실현될 것으로, 1/2은 그 이후에 실현될 것으로 예측한 것을 말한다. 또한 개략적으로 1/2의 전문가가 중위수년도 전후 4~5년 내, 즉 4분위수범위에 기술이 실현될 것으로 전망하고 있다. 전술한 예측자료에서 15년 이상의 장기예측의 경우, 실현시기의 분포가 꽤 넓은 것으로 나타나 그 만큼 합의유도(consensus building)가 쉽지 않음을 알 수 있다.

과제별 예측년도는 각국별로 2가지가 제시되었다. 상단의 예측년도는 응답자전체의 중위수를 나타내며, 하단은 응답자중 전문도가 大인 전문가의 예측년도중 중위수를 나타낸다. 본 연구에서는 과제별로 대표적인 예측년도를 제시할 때는 바로 전문도가 높은 응답자의 중위수인 하단의 연도를 사용하였다. 그 이유는 정보통신기술의 발전 속도가 빨라 전문가들이 아니면 그 기술변화의 내용을 파악하기 어렵다고 판단했기 때문이다.

4.5 분야별 전망

정보통신기술은 차세대 고도 정보화사회의 핵심기술로서 그 발전속도가 더욱 가속화 될 전망이다. 이를 뒷받침하는 기술로는 컴퓨터, 소프트웨어, 반도체 소자기술 등을 들 수 있는데 이들 시스템의 거대화에 따른 인간능력의 한계돌파가 기대된다. 통신네트워크에서는 광대역화, 개인화, 복합화가 급진전될 것이다.

주요 기술동향을 살펴 보면, 반도체 소자의 초소형화, 초병렬화, 초대용량화, 초고집적화, 초고속화, 정보단말기의 초고속화와 지능화, 네트워크 및 서비스의 영상화 현상이 두드러지게 나타나고 있다.

정보통신 분야에서의 통신네트워크와 광전기술을 제외하면 우리나라에서는 일본, 독일, 프랑스 등 선진국과 비슷한 시기에 기술이 실현될 것으로 전망된다.

여기서는 정보통신기술을 그 기능과 특성에 따라 통신기술의 근간이 되는 기반기술, 통신망기술의 필수적인 요소기술, 응용기술분야의 복합기술로 구분(산업은행, 1994)하여 그 발전추세를 전망하여보자:

4.5.1 기반기술

기반기술은 크게 마이크로일렉트로닉스기술, 광전기술, 컴퓨터기술, 소프트웨어기술 등으로 구분되며 반도체 및 컴퓨터를 중심으로 기술개발이 활발히 이루어지고 있다.

㉓ 반도체 소자

향후 수년간은 현재 실리콘을 이용한 고집적 소자의 생산기술이 반도체 산업의 주

종을 이루나 그 이후는 단일 기억기능을 벗어나 다기능이 가능한 고집적 반도체 소자의 개발이 요구될 것이다. 이것은 정보사회가 요구하는 기능 및 지능의 고도화와 깊은 관련이 있다. 특히 고속의 정보통신에 필요한 고속, 대용량 신호처리 및 전송 등은 현재의 반도체 고집적기술과 함께 고속 반도체기술의 발전을 전제로 하고 있어 새로운 반도체 소자 및 재료 기술은 계속 발전될 것이다.

우리나라가 현재 국제경쟁력을 갖추고 있는 기억소자의 경우, 「256M DRAM」은 1998년경에, 「1G DRAM」은 2002년경에 실용화되어 선진국과 동등하게 경쟁하거나 한걸음 앞설 것으로 예측된다.

또한 「분자레벨의 대량정보(10^{12} 비트/cm² 이상)를 기억, 읽어낼 수 있는 기술」은 2008년경에 개발되는 등 일본, 독일보다 7년 앞서 실현될 것으로 기대하고 있어 너무 낙관적인 것으로 판단된다. 그리고 「10 나노미터의 최소수치를 갖는 패턴을 자유롭게 가공할 수 있는 기술」은 2004년경에 실용화될 것으로 예측되었는데, 이 과제가 실현된다면 4G DRAM이상의 실현시기를 앞당길 수 있을 것으로 판단된다.

「 10^6 gate 이상의 논리 LSI를 설계하는 CAD 기술」은 일본, 독일보다 1, 2년 앞선 2001년에 실용화되고, 2003년경에는 「실리콘을 이용한 액세스타임 1나노 초의 메모리 소자」가 개발되어 일본이나 독일보다는 5년정도 늦을 것으로 전망된다.

과 제 명	실현시기(년도)			
	한국	일본	독일	프랑스
1. 1칩당 1기가 비트 메모리 급 이상의 超 LSI가 실용화 된다.	2002	2002	2002	2003
	2002	2002	2002	2004
2. 실리콘을 이용한 액세스 타임 1나노 초의 LSI 메모리 소자가 개발된다.	2003	2000	2001	2004
	2003	1998	1998	2003
3. 분자 레벨의 대량정보(10^{12} 비트/cm ² 이상)를 기억, 讀出할 수 있는 기술이 개발된다.	2008	2015	2014	2009
	2009	2013	2016	2007
4. 10나노 미터의 최소 치수를 갖는 패턴을 자유롭게 가공할 수 있는 기술이 실용화 된다.	2004	2003	2003	2004
	2003	2001	2002	1998
5. 10^6 gate 이상의 논리 LSI가 설계될 수 있는 CAD기술이 실용화 된다.	2001	2002	2002	2000
	2003	1999	2000	1998

주 : 실현시기의 상단은 전체응답자 실현시기의 중위수를 나타내며, 하단은 전문도가 아닌 전문가 응답자 실현시기의 중위수를 나타낸다.

㊤ 광전자

광전기술은 광의 병렬성과 고속성을 이용한 정보전달의 대용량화, 전송속도의 고속화를 위한 광교환기 등의 시스템개발, 광대역 ISDN의 실현을 위한 광기술과 가입자에 이르는 FITH(Fiber to the Home) 시스템의 개발이 이루어지고 있다. 2005년경에는「광고집적회로(OTC)가 실용화되어 일본, 독일, 프랑스보다 2~4년 늦을 것으로 전망되며, 2004년경에는「칩 사이를 광점속시킨 정보처리 시스템」이 실용화되어 일본, 독일, 프랑스보다 2~4년 늦게 실현될 것으로 예상된다.「광파이버로 전달시킬 수 있는 광주파수 분할다중 통신장치가 2005년경에 개발되어 일본과 프랑스보다는 4~5년 늦고 프랑스보다는 1년 정도 빠를 것으로 전망되고 있다.

과 제 명	실현시기(년도)			
	한국	일본	독일	프랑스
6. 다수의 광소자와 이들을 접속하는 光導波路를 반도체 기관상에 집적화시킨 光高集積回路(OTC)가 실용화 된다.	2005	2003	2001	2003
	2005	2003	2001	2002
7. 칩 사이를 光接續시킨 정보처리 시스템이 실용화 된다.	2005	2003	2002	2007
	2004	2002	2003	2000
8. 10기가 비트/초의 신호 100채널을 多重化시켜 한 가닥 光 파이버로 전달시킬 수 있는 광주파수 분할다중 통신장치가 개발된다.	2005	2003	2003	2007
	2005	2001	2006	1997
9. 전기신호에 의해 單體로 가시광 영역의 임의 파장 光을 출력시킬 수 있는 발광소자가 실용화 된다.	2005	2010	2005	2006
	2005	2011	2002	2004

2005년경에는 전기신호에 의해 단체로 가시광 영역의 임의 파장 광을 출력시킬 수 있는 발광소자가 실용화되어 독일과 프랑스보다는 1~3년 늦고 일본보다는 6년 정도 앞서 동 예측은 상당한 편차를 보이고 있다.

㉔ 컴퓨터

전세계를 연결하는 컴퓨터 통신망이 구축되면서 본산 컴퓨터는 강력한 통신기능 및 장애 발생시에 대비한 고장허용 기능이 강화된 구조를 가지게 될 것이며, 병렬 컴퓨터에는 메모리 공유방식이 많이 사용될 것으로 전망된다. 또한 대용량의 데이터 저장 및 처리를 위한 데이터베이스 컴퓨터, 병렬처리에 의한 신호·영상·인식·그래픽스 컴퓨터가 일반화될 것으로 전망된다. 특히 향후 대부분의 컴퓨터에서는 멀티미디어 데이터처리가 일반화되고 사용자와 컴퓨터와의 대화방법은

과 제 명	실현시기(년도)			
	한국	일본	독일	프랑스
10. 연산속도 10 TFlops 이상의 컴퓨터가 실용화 된다.	2005	2005	2004	2007
	2007	2000	2000	2006
11. 100만 프로세서를 결합시킨 범용병렬 컴퓨터가 실용화 된다.	2008	2007	2008	2010
	2010	2006	2007	2008

지금의 키보드 방식보다는 지능형 사용자 접속, 즉 음성, 자연어처리 등에 의해 이루어 질 것이다.

이를 연도별로 보면, 2008년경에는「연산속도 10 tera FLOPS 이상의 컴퓨터」가 실용화되어 일본과 독일보다는 7년정도 늦고 프랑스와는 비슷하게 실현될 것으로 전망된다.「100만 프로세서를 결합시킨 범용 병렬 컴퓨터」가 2010년에 실용화되어 일본, 독일, 프랑스보다 2~4년 늦게 출현할 것으로 예상된다. 우리나라의 전문가들은 컴퓨터 분야에서 전반적으로 우리의 기술이 독일, 일본, 프랑스보다 3~5년 앞서 실현될 것으로 내다보고 있다.

㉔ 소프트웨어

두뇌집약적인 소프트웨어산업은 최근 전분야에 걸쳐 개방화·집약화·통합화·지능화·자동화를 지향하면서 급속히 성장하고 있다.

과 세 명	실현시기(년도)			
	한국	일본	독일	프랑스
12. 인간의 기억, 인식 및 학습 메커니즘이 해명되어 컴퓨터 공학에 응용될 수 있을 정도로 모델化 된다.	2010 2010	2010 2007	2013 2009	2010 2009
13. 1테라 바이트의 정보용량 데이터베이스에서 임의정보를 10초 이내로 검색할 수 있는 시스템이 개발된다.	2003 2003	2003 2001	2004 2002	2005 2002
14. 자동학습에 의해 지식을 증식시킬 수 있는 지식데이터베이스가 실용화 된다.	2005 2003	2007 2007	2008 2012	2004 2003
15. 소프트웨어 검증기술이 발전되어 어려운 대규모 소프트웨어의 短期開發이 가능하게 된다.	2005 2004	2009 2011	2003 2001	2007 2012

소프트웨어기술은 90년대에는 통합화, 2000년대에는 지능화가 일반화 되어 응용분야의 지식과 소프트웨어 공학의 지식을 같이 구사하는 자동화가 실현될 것으로 전망된다. 이에 따라 소프트웨어의 고생산성, 고신뢰성, 고속화, 병렬화, 인간의 지적행동에 관한 것이 규명될 것으로 기대된다.

주요 기술을 검토해 보면, 2004년경에는「소프트웨어 검증기술이 발전되어 어려운 대규모 소프트웨어」가 단기간에 개발되어 소프트웨어 생산성이 대폭 향상될 것으로 기대된다. 동 기술에 대해서는 4개국 응답자의 예측 시기가 큰 편차를 보이고 있

다. 정보검색과 관련한 기술로서「1테라 바이트의 정보용량 데이터베이스에서 임의의 정보를 10초 이내에 검색하는 시스템」은 4개국 모두 2001년에서 2003년 사이에 개발 될 것으로 전망하였다.

컴퓨터에 인간기능을 부여하는 것이 인공지능 연구의 궁극적인 목적이다. 인공지능과 관련하여 「인간의 기억, 인식 및 학습 메카니즘이 해명되어 컴퓨터공학에 응용될 수 있을 정도로 모델화」하는 기술은 2010년경에 실현되어 일본보다는 3년 정도 늦을 것으로 전망된다. 자동학습에 의해 지식을 증진시킬 수 있는 지식 데이터베이스가 프랑스와 같이 2003년경에는 실용화된다.

4.5.2 요소기술

요소기술에는 교환기술, 전송기술, 단말기술, 통신처리기술 등이 있으며 주요 기술 동향은 다음과 같다.

단말기술은 현재 단순기능만을 갖춘 유선단말에서 탈피하여 무선단말이나 개인휴대 단말로 발전하는 동시에 종합적인 정보처리능력을 가진 단말기의 복합기능화, 멀티미디어화, 지능화로 나아가고 있다.

통신처리기술의 경우, 축적기술은 미디어별 통신처리 서비스를 결합한 멀티미디어 서비스로 발전하여 단순한 문자인식 단계에서 벗어나 음성/영상 인식합성처리기술로 바뀌고 있고, 교환기술은 기존의 단순 코딩기술에서 고도의 영상신호 압축코딩기술로 발전하여 통신처리 기반기술이 고도화될 것이다.

㉔ 전송기술

전송기술은 아날로그 전송체계에서 디지털 전송체제로 급속히 전환되는 가운데 유선계에서는 대용량 정보전송이 가능한 고속 광전송시스템과 디지털 마이크로웨이브를 이용한 전송시스템의 개발이 추진되고 있고 무선계에서는 위성을 이용한 전송시스템의 확대가 이루어지고 있다.

2002년경에는「코리어런트 광통신기술에 의해 장거리 대용량 광통신방식」이 실용화되어 일본, 독일, 프랑스보다 3~5년 늦게 기술이 실현될 것으로 전망되며, 2003년경에는「장거리 무중계 국제광회선」의 부설이 가능하여 독일보다는 4년 늦고 일본과 프

랑스보다는 1~2년 정도 앞서 실현될 것으로 예상되고 있다. 「디지털화에 의해 아날로그 전화와 같은 품질의 음성을 2.4kbps로 전송시킬 수 있는 무신호방식」이 2000년경에 실용화되어 독일과 프랑스보다는 2~3년 늦고 일본과는 비슷하게 기술이 실현될 것으로 전망되고 있다.

과 제 명	실현시기(년도)			
	한국	일본	독일	프랑스
16. 光 파이버를 이용한 光 헤테로다인 方式 등 코리어런트 光通信技術에 의해 長距離 大容量 光通信方式이 실용화 된다.	2002 2002	1999 1997	1998 1999	2003 1998
17. 0.01dB/km 이하의 極超低損失 光 파이버의 실현에 의해 長距離 無中繼 國際光回線의 부설이 가능하게 된다.	2005 2003	2003 2005	2001 1999	2004 2004
18. 디지털화에 의해 아날로그 전화와 같은(64kbps相當) 품질의 음성을 2.4kbps로 전송시킬 수 있는 符號化方式이 실용화 된다.	2001 2000	2000 2000	1998 1997	2001 1998

㉔ 교환기술

교환기술은 현재 광대역 ISDN에 비해 서비스의 종류에 관계없이 대용량의 정보를 고속으로 처리할 수 있는 광대역 ISDN용 ATM(Asynchronous Transfer Mode)교환기의 실용화를 앞두고 있으며 전자신호로 변환되지 않고 광의 형태로 직접 교환처리하는 광교환기의 개발도 추진되고 있다.

2004년경에는 「개인 ID코드를 사용해서 언제 어디서나 자유롭게 통신할 수 있는 추적접속교환」이 실용화되어 일본, 독일, 프랑스보다 5~6년 늦을 것으로 전망되며, 2005년경에는 「광통신을 전기신호로 변환하지 않고 광 그대로 교환할 수 있는 광교환기」가 실용화되어 독일보다는 4년 늦고 일본보다는 1년 앞설 것으로 예상된다. 「이종통신망의 상호접속이 용이하도록 하는 프로토콜 자동변환기술」이 2002년경에 실용화되어 일본, 독일, 프랑스보다 1~8년 늦을 것으로 전망된다.

과 제 명	실현시기(년도)			
	한국	일본	독일	프랑스
19. 個人 ID코드를 사용해서 언제 어디서나 자유롭게 通信할 수 있는 追跡接續交換이 실용화 된다.	2004 2004	2001 1999	1999 1998	2004 1998
20. 光信號를 電氣信號로 변환하지 않고 光 그대로 交換할 수 있는 光交換機가 실용화 된다.	2005 2005	2007 2006	2001 2001	2007
21. 異種 通信網의 相互接續이 용이하도록 하는 프로토콜 자동 변환기술이 실용화 된다.	2003 2002	2002 2001	1996 1994	2000 1998

4.5.3 복합기술

복합기술에는 무선통신기술, 위성통신기술, 개인휴대기술, 광CATV기술 등이 있으며 주요기술개발 동향은 다음과 같다.

㉓ 위성 및 이동통신기술

위성통신기술은 과거 주로 국제통신 및 방송중계용으로 사용된 소형위성체와 대형 지구국의 시스템에서 대형위성체와 소형지구국의 시스템으로 바뀌고 있다.

개인휴대통신기술(Personal Communication System)은 현재 휴대전화에 비해 사용 장소에 제한이 없고 음성, 데이터, 영상 등 다양한 서비스를 제공할 수 있는 새로운 통신방식으로서 차량전화, 휴대전화, 무선호출 등의 기본서비스가 90년대 후반에 실용화될 것으로 전망된다.

과 제 명	실현시기(년도)			
	한국	일본	독일	프랑스
22. 小型·長壽命의 충전용이한 휴대전화(容積 50cc, 통화가능시간 3시간)가 실용화 된다.	2000 2000	1998 1998	1997 1998	1998 1998
23. 個人對應의 전화번호가 실현되어, 世界 어디에서도 개인과 통신을 할 수 있는 퍼스널 移動通信이 실용화 된다.	2005 2005	2007 2004	2001 2001	2004 2000

네트워크 서비스의 개인화란 개인이 자신의 수첩처럼 휴대하면서 사용가능한 단말기서비스를 말한다. 2000년에는 휴대단말기로서「소형, 장수명의 휴대전화(용적 50cc,

통화가능시간 3시간)가 실용화되나 이는 일본, 독일, 프랑스보다 2년 정도 늦을 것으로 예측되고 있다. 2005년에는「개인대응의 전화번호가 실현되어 세계 어디에서도 희망하는 개인과 통신을 할 수 있는 퍼스널 이동통신」이 실용화될 것으로 전망되고 있어 일본, 독일, 프랑스보다 1~5년 정도 늦은 격차를 보이고 있다.

㉞ 네트워크 및 지능통신기술

통신네트워크 분야는 앞으로 서비스의 개인화, 지능화, 광대역화와 멀티미디어화가 확대 보급될 것으로 전망된다.

우리나라의 공중전기통신분야에 1990년부터 경쟁원리가 도입되어 국제통신, 이동통신, 페이지서비스는 경쟁체제가 이미 구축되었고, 시외전화, 위성통신 등에서도 경쟁이 예상되고 있다. 네트워크서비스 경쟁으로 통신요금의 인하, 자동차전화와 휴대전화의 서비스지역 확대 등 새로운 서비스가 창출되고 있으며, 서비스 기능의 다양화 및 지능화가 가속화될 것이다.

이와 관련하여 2005년에는「실시간으로 동작하는 2국간 자동통역전화」가 개발될 것으로 전망되어 일본, 독일, 프랑스와 비슷한 수준을 보이고 있다.

네트워크가 디지털화를 거쳐 광대역화 되는데는 ATM기술과 광통신기술의 뒷받침이 필수적이다. 광대역 멀티미디어통신의 요구에 부응하기 위해 2003년에는 「전 세계의 거의 모든 국가를 연결하는 국제 ISDN이 이루어져 국내 ISDN에서도 자동접속」되어 독일보다는 4년, 일본과 프랑스보다는 2년 늦을 것으로 전망된다.

과 제 명	실현시기(년도)			
	한국	일본	독일	프랑스
24. 全世界의 거의 모든 국가를 연결하는 國際 ISDN이 이루어져, 國內 ISDN에서도 自動接續이 가능하게 된다.	2005 2003	2004 2001	2000 1998	2002 2001
25. 廣域通信網管理의 자율분산제어가 진행되어 통신망의 no-down 化를 실현시킬 수 있는 기술이 개발된다.	2003 2003	2001 2001	2000 1998	2002 2000
26. 실시간으로 동작하는 二國間 自動通譯電話가 개발된다.	2005 2003	2008 2005	2005 2005	2006

㉟ 통신보안기술

최근 IC카드는 통신분야 뿐만 아니라 다른 용도와 복합적으로 이용되고 있어 앞으

로는 종래부터 사용되던 비밀번호와 함께 지문, 음성 등의 개인특징을 이용한 개인의 인증수단도 실용화될 것으로 기대된다.

소프트웨어시스템의 신뢰성에 관련하여 「개인이나 집단의 프라이버시 또는 기밀이 보호될 수 있는 고신뢰도의 시스템」은 2002년에 보급되고, 「정보가 천재지변 또는 인위적 파괴에 의해 소멸되지 않는 안전시스템」은 2000년경에 실용화될 것으로 기대하고 있어 일본보다는 3년, 독일보다는 10년 이상 앞서 기술실현을 전망하고 있으나 프랑스보다는 2년 늦어 동 기술예측은 큰 편차를 보이고 있다.

과 계 명	실현시기(년도)			
	한국	일본	독일	프랑스
27. 정보가 천재지변 또는 인위적 파괴에 의해 소멸되지 않는 안전시스템이 실용화 된다.	2005 2000	2004 2003	2016 2012	2003 1998
28. 개인이나 집단의 프라이버시 또는 기밀이 보호될 수 있는 고신뢰도의 시스템이 보급된다.	2003 2002	2004 2002	2012 2007	2006

㉔ 영상통신 및 방송기술

무선통신기술은 가입자 수용용량의 한계에 따라 아날로그방식에서 디지털방식으로 전환되고 있는 한편 준마이크로파 및 데시밀리파와 같은 새로운 주파수대의 개발과 기존 주파수채널을 효율적으로 활용하기 위한 채널의 광대역화기술 등이 개발되고 있고 전송될 정보내용도 데이터위주에서 화상, HDTV 등 멀티미디어분야로 다양화될 것이다. 또한 초고속 정보통신시대에는 1,000개의 HDTV채널을 전송할 수 있어 전세계의 가정, 기업, 연구실, 학교, 은행, 병원 등을 상호연결할 것이다.

이와 관련하여 2002년에는「고해상도 텔레비전(HDTV)이 방송, 인쇄, 통신 등의 분야」에도 보급되고 2002년에는「벽걸이 겸용의 고해상도 25인치 이상의 컬러 평면 디스플레이의 실용화」가 될 것이다.

과 제 명	실현시기(년도)			
	한국	일본	독일	프랑스
29. 高精細度の 텔레비전(HDTV)이 방송, 인쇄, 통신 등의 분야에도 보급된다.	2002 2002	2001 2000	2000 2000	2002 2003
30. 벽걸이 겸용의 高精細度 大型 컬러 평면 디스플레이가 실용화 된다.	2003 2002	2001 1999	2002 2001	2004 2002
31. 原信號와 거의 구별할 수 없는 高品質畫像·音響의 超비트레이트(하이비전급의 畫像으로 10Mbps 이하, CD급의 音響으로 64Kbps 이하)의 符號化法이 실용화된다.	2002 2002	2003 2001	1999 1999	1999 1999

5. 예측의 신뢰도

델파이 방법의 장점중의 하나는 응답의 분포를 단순한 통계방법으로 제시한다는 점이다. IQR이 좁거나 넓다는 것은 수렴도가 높거나 낮다는 것을 의미한다. 이러한 수렴도는 복수의 관찰자가 각기 관찰해서 동일한 결과를 얻을 수 있는 정도를 나타내는 신뢰도와 正相關에 있다. 그러나 예측에서 수렴도만 가지고 신뢰도를 판단하기에는 부족한 점이 있다. 실현시기가 먼 미래일수록 예측의 수렴도가 낮아지는 것이 일반적인 현상이다. 따라서 장기예측과 단기예측의 수렴도를 직접 비교하여 평가할 수는 없다.

본 연구에서는 IQR을 예측수행 시점에서 중위수까지의 기간(예측년도-시작년도)으로 나눈 비율을 가지고 수렴도를 측정하고 이 신뢰도비율을 예측의 신뢰도에 대신하고자 한다. 동비율은 신뢰도의 역수로서 그 값이 낮을수록 신뢰도가 높다는 것을 의미한다. 31개 과제의 제 2라운드 예측결과를 대상으로 국별로 전체응답자와 전문도 大인 응답자 각각에 대해 신뢰도비율(표5.1참조)을 구했다. 각국의 예측수행 시점은 한국이 1994년, 일본이 1993년, 독일이 1993년, 프랑스가 1994년이다.

〈표 2〉 4개국 전체과제의 신뢰도비율 평균 ()은 분산

구 분	신뢰도비율			
	한국	일본	독일	프랑스
전체응답자의 경우	0.478(0.1139)	0.621(0.1196)	0.823(0.2734)	0.687(0.2145)
전문도가 높은 경우	0.691(0.2353)	0.744(0.2148)	0.966(0.8755)	0.813(0.4449)

과제별 신뢰도비율을 기초로 하여 각국마다 전체응답자와 전문도가 높은 응답자 사이에 신뢰도상의 차이가 있는지를 알아보기 위해 SAS프로그램을 이용하여 분산분석을 실시하였다. 한국과 일본의 경우는 전체응답자와 전문도가 높은 응답자간에 서로 차이가 있는 것으로 분석되었으며 양국 모두 전체응답자의 신뢰도가 더 높은 것으로 나타났고, 독일과 프랑스의 경우는 별로 차이가 없는 것으로 나타났다.

〈표 3〉 전체응답자와 전문도가 높은 응답자간의 유의검정

	F value	Pr>F
한국	20.56	0.0001
일본	7.70	0.0073
독일	0.75	0.3892
프랑스	1.53	0.2216

전체응답자의 신뢰도에 대한 4국간의 통계분석을 실시한 결과 서로 차이가 있는 것으로 나타났으며 이중 한국의 신뢰도가 가장 높고 다음으로 일본, 프랑스, 독일 순이었으며, 전문도가 높은 응답자의 경우는 4국간에 별로 차이가 없는 것으로 분석되었다.

〈표 4〉 전체응답자와 전문도가 높은 응답자에 대한 4국간의 유의검정

	F value	Pr>F
전체응답자	17.22	0.0001
전문도가 높은 응답자	2.04	0.1130

한편, 예측기간이 길어질수록 IQR의 폭이 커져서 신뢰도가 낮아질 것으로 예상되었으나, 본 연구에서 실현시기가 2005년 이전의 과제와 이후의 과제에 대해 유의검정을

실시한 결과, 서로 상당한 차이가 있는 것으로 분석되었으며 신뢰도비율은 2005년 이전의 과제가 0.777, 이후의 과제가 0.541로 나와 예측기간이 길어질수록 신뢰도가 더 좋은 것으로 나타났다. 이것으로 볼 때, IQR의 폭은 예측기간에 상관없이 일정하다는 것을 알 수 있었다.

〈표 5〉 실현시기가 2005년 전후의 과제에 대한 신뢰도 비교

구 분	신뢰도비율	
	평 균	분 산
2005년 이전	0.777	0.2029
2005년 이후	0.541	0.4334

전체과제의 평균 신뢰도비율을 비교해보면 각국마다 전체응답자가 전문도가 높은 응답자보다 신뢰도가 더 높게 나타나 전문도가 높은 전문가들간에 상당한 異 畛을 보이고 있음을 알 수 있었다. 또한 두가지 경우 모두 한국이 신뢰도가 가장 높고 다음으로 일본, 프랑스, 독일의 순으로 나타났다. 이것으로 볼 때 동일 전문가 패널 집단에서 이 비율은 예측기간이 달라도 비교적 일정 수준을 유지하고 있다. 즉, 한 패널 집단의 상대적 불확실성이 꽤 일정하다는 것을 의미한다. 또한 특정 예측대상과제에 대한 이 비율이 전체 과제의 평균비율보다 크면 이 특정 과제의 예측에 대한 확실성이 떨어진다는 것을 말한다. 독일의 경우, 전체응답자와 전문도가 높은 응답자의 경우 모두 신뢰도비율이 높게 나타났는데 그 이유로는 전반적으로 IQR의 범위가 다른 국가에 비해 넓게 분포되었고 또한 일부 과제에서 신뢰도비율이 상당히 높게 나와 이 값들이 전체 비율에 상당한 영향을 미친 것으로 분석된다.

6. 결 어

지금까지 델파이 방법을 이용한 정보통신분야의 기술예측에 대한 한국, 일본, 독일, 프랑스 4개국간의 국제비교분석을 하였으며 예측결과에 대한 신뢰도 분석도 수행하였다. 4개국 모두 비슷한 시기를 예측한 과제가 있는 반면에 일부 과제들은 예측시기의

편차가 상당히 심해 과제의 특성에 따라 각국이 예측시기에 대해 서로 다른 견해를 가지고 있음을 알 수 있었다.

정보통신분야의 미래기술동향을 종합적으로 살펴보면 다음과 같다:

첫째, 정보통신기술은 인간 및 사회시스템과 밀접히 융화되고 있는 고도 정보화사회의 핵심기술로서 그 발전속도가 더욱 가속화 될 전망이다. 이를 뒷받침하는 요소기술인 컴퓨터, 소프트웨어, 반도체 소자기술의 발전에 따라 인간능력의 한계돌파가 기대된다. 통신네트워크에서는 광대역화, 개인화, 복합화가 급진전될 것이다.

둘째, 반도체 소자의 초소형화·초병렬화·초대용량화·초고집적화·초고속화, 정보단말기의 초고속화·지능화, 네트워크 및 서비스의 영상화 현상이 두드러지게 나타나고 있다. 이러한 현상은 정보기술이 인간이 갖고 있는 기본능력을 보완하면서 인간의 정보능력을 자연스럽게 확장시키는 것으로 해석될 수도 있다.

셋째, 통신네트워크와 광전기술을 제외한 대부분의 정보통신기술이 우리나라에서는 일본, 독일, 프랑스 등 선진국과 비슷한 시기에 실현될 것으로 전망된다. 즉 대부분의 과제에서는 4개국 간에 1~3년의 편차를 보이는 비슷한 실현시기가 예측되었다. 전반적으로 예측시기가 길어질수록 각국의 편차가 더 큰 것으로 나타났으며, 특히 독일이 다른 3개국과 비교해서 편차가 큰 것으로 나타났다.

넷째, 신뢰도 경우, 4개국중 한국이 가장 높은 것으로 나타났고 그 다음으로 일본, 프랑스, 독일 순이었다. 전체응답자가 전문도가 높은 응답자보다 신뢰도가 더 높게 나타나 전문도가 높은 전문가들간에 상당한 異見이 있음을 알 수 있었다.

앞으로 델파이를 사용한 장기예측에서 개선되어야 할 사항은 다음과 같다:

첫째, 델파이를 실시하기 전에 미리 전문가에게 배경정보를 제공한다. 기술발전의 과정은 정치·경제적 환경 등에 의해 영향을 받을 수 있다. 전문가 패널이 과학기술자들로만 구성된다면, 정치·경제 등에 관한 예측자료를 구해서 이들에게 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 본 연구에서 전문도가 높은 전문가 응답자의 신뢰도가 예상외로 낮게 나온것도 이러한 이유에서 그 원인을 찾을 수 있다.

둘째, 경우에 따라서는 동일한 과제에 대해 하나가 아닌 3개의 실현년도를 물어볼 수 있다. 즉 50% 실현가능한 시점에 “실현 가능성이 낮은(10%)”시점과 “거의 실현될(90%)” 시점을 추가할 수 있다. 이처럼 복수응답을 요구하는 경우 실현시기의 통계적 대표값은 “50%”의 실현확률로 응답한 표본에서 중위수를 취하고, 예측의 수렴 정도는

“10%”의 표본의 중위수와 “90%”의 표본의 중위수를 이용하여 구할 수 있다.

셋째, 델파이가 아직 잘 알려지지 않아 이의 내용과 활용방안에 대해 잘 이해하지 못한 전문가가 많다. 따라서 꽤널 전문가들이 델파이에 대해서, 특히 반복적인 수정응답절차와 그 장점에 대해서 숙지하도록 하는 것은 매우 중요하다.

넷째, 서로 연관되거나 또는 어떤 특정한 상황에 관계되는 일련의 예측자료를 종합하여 시나리오를 작성하는 것이 바람직하다. 시나리오는 미래의 종합적인 모습을 제시하기 위해 여러 가지 경향과 사건들간의 상호작용을 나타내기 위한 것이므로 예측자료들의 내적 일관성을 검토하는데 도움을 주며, 해당분야의 비전문가가 바로 이해할 수 있도록 미래의 상황을 묘사한다.

끝으로 기술예측조사에서 제시하고 있는 수많은 정보들이 신뢰도가 낮아 정부나 기업들이 적극적으로 활용하지 못한다면 쓸모없는 정보로 전락하게 되어 사실상 예측조사는 아무런 의미가 없게 된다. 따라서 위와 같은 개선점들을 앞으로의 기술예측조사에 반영하여 예측결과의 신뢰성을 보다 향상시켜야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김형수, 「과학기술예측조사의 방법론과 활용방안」, 과학기술정책관리연구소, 1996.
2. 김형수, 안두현, “기술예측의 기본개념과 주요기법”, 「과학기술정책동향」, 제5권 제12호, 1995, pp. 60-70.
3. 과학기술정책관리연구소, 「독일의 미래기술예측(1993~2020년)」, 1995.
4. 과학기술청(일본), 「제5회 기술예측조사」, 과학기술정책연구소, 1992.
5. 국가과학기술자문회의, 「21세기를 향한 과학기술정책틀 도출에 관한 연구」, 1995.
6. 기술예측실, “제1회 과학기술예측조사(1995-2015년): 한국의 미래기술”, 「과학기술정책동향」, 제4권 제12호, 1994, pp. 60-76.
7. 박재혁, 정근하, 「한국, 일본, 독일의 중장기 기술예측결과 비교분석연구」, 과학기술정책관리연구소, 1995
8. 신태영, 박재혁, 정근하, 김형수, 「한국의 미래기술」, 과학기술정책관리연구소, 1994.
9. 한국산업은행, 「2000년대를 향한 정보통신산업」, 1990.
10. 과학기술의 발전 전망/광복 50주년 기념 논문집/한국학술진흥재단/1995. 8
11. Bright, J., R., *Practical Technology Forecasting: Concepts and Exercise*, Industrial Management Center, 1978.
12. Chaffin, W. W. and Talley, W. K., “Individual Stability in Delphi Studies”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 16, 1980, pp. 67-73.
13. Cicarelli, J., “The Future of Economics: A Delphi Study”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 25, 1984, pp. 139-157.
14. Dijk van, J. A. G. M., “Delphi Method as a Learning Instrument”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 37, 1990, pp. 399-407.
15. Martin, B. and Irvine, J., *Research Foresight*, Pinters Pubs., 1989.
16. Martino, J. P., *Technological Forecasting for Decision Making*, 3rd edn., McGraw Hill, 1993.
17. Millett, S. M. and Honton, E. J., *A Manager's Guide to Technology Forecasting and Strategy Analysis Methods*, Battelle Press, 1991.

18. NISTEP & ISI, *Outlook for Japanese and German Future Technology*, 1994.
19. Preble, J. F., "Public Sector Use of the Delphi Technique", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 23, 1983, pp. 75-88.
20. Riggs, W. E., "The Delphi Technique: An Experimental Evaluation", *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 23, 1983, pp. 89-94.
21. Twiss, B. C., *Managing Technological Innovation*, 4th edn., Pitman, 1991.