

LP모형에 의한 한국 정보산업기술의 R&D 투자규모 결정사례⁺

백관호* · 이규헌**

1. 머리말

1.1 정보사회의 도래와 정보산업기술

인류발전의 전체적인 흐름에서 볼 때, 수렵사회, 농업사회, 산업사회를 거쳐 이제 우리는 정보사회의 도래라는 역사적인 전환점을 지나고 있다. 현대의 사회는 물질적인 생산기술을 위주로 하는 산업사회로 부터 소프트웨어적인 정보기술을 중심으로 하는 정보사회로 급속히 이행되고 있는데, 이미 80년대초에 미국 스탠포드대학의 맥카시(McCarthy)교수는 궁극적으로 전인류의 75%이상이 정보처리와 관련을 가지는 직종에 종사할 것으로 추정하였다[과학기술처 1984]. 이러한 변혁의 과정은 기존의 단순한 기술혁신이라는 차원을 넘어서 사회 전체의 근본 구조를 바꾸는 방향으로 진척되고 있어 [Monk 1989] “제3의 물결”, “거대한 변혁”, “후기공업사회” 또는 “지식 사회” 라는 새로운 용어로 표현되고 있는 것이다[기술경영경제학회 1992].

정보사회란 정보시스템이 고도화된 사회로서 컴퓨터와 관련 정보기기의 보급이 일반화되고, 사회의 전분야를 유기적으로 결합하는 통신망이 구축되어, 사람들이 원하는

+ 본 연구는 육군사관학교 부설 화랑대연구소의 1995년도 국고연구비에 의하여 지원받았음.

* 선문대학교 경영학부

** 육군사관학교 관리학과

서비스를 저렴한 가격으로 신속하고 정확하게 제공받을 수 있는 사회를 의미한다. 이러한 정보사회의 모습은 산업사회의 그것과는 매우 다를 것으로 전망되는데, 구체적인 면면을 개관하면 다음과 같다 [백관호 외 1987, 전자시보사 1994].

- 육체노동이 감소하고 여가가 풍부해져서 창조적 업무가 늘어난다.
- 가사업무가 자동화되며 핵가족화가 심화될 것이다.
- 산업로봇의 활용이 넓어져 기업의 생산성이 높아진다.
- 복지시스템, 재해방지시스템의 구축으로 국민복지수준이 증대된다.
- 전국적인 정보망의 구축으로 직접민주주의가 가능해진다.
- 자동통역, 인공지능기술의 발전으로 국제화가 가속화 된다.

정보사회를 가능하게 하는 가장 큰 요인은 소위 첨단기술(High-Tech)로서 이 중에서도 정보산업기술이 그 핵심이다[김상균 1992, 매일경제신문사 1986, 배한경 외 1989]. 정보산업기술은 인간의 두뇌에 해당되는 컴퓨터기술, 신경망에 해당되는 통신기술, 두뇌/신경세포에 해당되는 반도체기술과 인간의 지식과 가치관 등에 비유되는 소프트웨어기술로 대별할 수 있다. 이러한 정보산업기술의 발전방향은 경박단소로 대표되는 고집적화, 다기능복합화, 저전력화, 신뢰도향상을 극대화시키는 것에 초점이 모아지고 있다[한국전자통신연구소 1988]. 현재의 기술수준은 이미 기존의 이론에 의해 다다를 수 있는 물리화학적 한계에 거의 육박하고 있으며 이를 돌파하기 위하여 새로운 차원의 기초기술에까지 그 연구영역을 확대하고 있는 실정이다.

1.2 정보산업기술의 중요성

과거 정태적인 농업사회에서 동태적인 공업사회로 이전하던 산업혁명시기에 있어서는 산업기술개발의 선두주자였던 영국이 세계를 제패하였었다. 앞으로 미래의 정보사회에 있어서도 핵심이 되는 정보산업기술을 누가 보다 빨리 확보하느냐에 따라서, 미래사회의 주역이 결정될 것으로 예측된다. 현재 정보산업기술의 최첨단 국가인 미국과 일본이 세계경제를 주도하고 있으며 일부 후발국가들은 이들을 따라 잡으려고 필사의 노력을 기울이고 있는데 앞으로 이러한 경쟁은 더욱 심화되리라고 본다.

냉전시대 세계정치에 있어 하나의 중심축이었던 구 소련이 붕괴된 지금, 모든 국가

의 일차적인 관심사는 이념적인 정치로 부터 실리적인 경제로 변환되었으며 그중에서도 초미의 관심은 정보산업기술을 필두로 하는 첨단기술의 확보이다. 이와 같이 컴퓨터, 통신, 반도체 등 정보기술을 핵으로 하는 첨단기술 확보의 국제적인 경쟁은 “소리 없는 전쟁”이라고 까지 일컬어지고 있을 정도로, 국가의 모든 힘, 심지어 과거 정치군사적인 활동에 한정하였던 CIA, KGB 등 국가정보기관까지도 동원하는 치열한 양상을 보이고 있다. 이제는 영원한 적도 동지도 없는 살벌한 약육강식의 경쟁터가 되어 버린 것이다.

우리가 선진국으로 발돋움하려면 첨단기술, 특히 정보산업기술의 획득은 절대적인 필요조건이며, 그것도 우리의 손으로 자체 개발하는 것이 거의 유일한 방법이다. 과거에는 어느정도 타기업 또는 타국에서 개발한 기술을 수입(구매)하여 제품을 생산할 수 있었으나, 이제는 이러한 기술이전으로 인하여 자신의 시장이 잠식 당하는 소위 “부메랑효과”를 우려하는 기업과 국가가 많아지면서, 기술이전을 받을 수 있는 가능성이 급속히 줄어들고 있다. 더욱이 지난 몇년간 실질적으로 계속 심화되고 있는 국제적인 보호무역주의, 지적재산권의 확대, 경제블록화 현상은 앞으로의 국제사회에 있어서 자체적인 기술개발 없이는 진정한 의미의 경제발전과 국력의 확충이 불가능하다는 점을 명백히 보여주고 있다[백관호 1993, 한국정보산업협회 1992].

1.3 연구개발(R&D)을 통한 기술의 확보

자체적인 기술개발을 위하여서는 기본적으로 충분한 예산과 우수한 인력의 확보, 연구시설 및 기자재의 확충, 효율적인 연구관리, 연구환경의 조성 등에 관한 장기전망 계획과 추진력이 필요하겠지만, 그 출발점은 역시 이러한 업무를 뒷받침할 효율적인 투자계획이라고 할 수 있다. 넘치지도 모자라지도 않는 적절한 투자규모의 결정은 투자 전체의 성공을 결정하는 출발점이 되는 것이다. 첨단기술에의 연구개발투자는 그 규모와 효과가 막대한 반면 그 성공확율이 높지 않다는 점에서 세밀한 투자계획이 요구된다.

세계적인 대기업을 경우를 볼 때 R&D 투자율은 매출액의 10%를 넘고 있으며, 투자액도 IBM, AT&T 등 일개 민간기업의 투자액이 정부, 민간기업을 망라한 우리나라 전체의 투자액을 상회하고 있어 얼마나 이들이 자체적인 연구개발투자에 심혈을

기율이고 있는지를 보여주고 있다. 우리나라 정보산업기술에의 R&D 투자액도 1995년 기준으로 약 2조원(GNP대비 약 0.6%)에 달하고 있으나 양과 질 모든 면에서 아직도 국제적인 수준에는 크게 못미치고 있다 [한국산업기술진흥협회 1995, Grupp et al 1992, Levy et al 1993].

또한 정보산업기술의 연구개발투자는 선진국에서조차 첨단기술에 대한 연구개발투자의 성공율은 50%를 넘지 못하고 있어 이에 대한 의사결정과 그 관리가 얼마나 어려운 것인지를 단적으로 보여주고 있다. 막연한 추측에 의한 주먹구구식 계획으로는 시간과 자원의 극대화를 절대적으로 필요로 하는 국제경쟁에서 결코 살아남을 수가 없는 것이다. 따라서 합리적인 투자액의 결정을 위하여서는 정확한 통계자료와 논리적인 분석에 입각한 계량분석이 필수적이다.

그러나 투자의 효율성이라는 측면에서 볼 때, 지금까지의 투자계획은 실질적인 개념에 입각한 목표지향의 능동적인 개발보다는 주위의 여건에 단순 대응하는 수동적인 전략이었다고 할 수 있다. 경제적인 효율보다는 기술적 효율이, 심지어는 정치(관료)적인 이해가 투자 의사결정의 최우선 기준이 되었던 것이다. 따라서 이러한 방법에 의한 투자효과는 극대화된 것이라고는 할 수 없었다.

1.4 R&D 투자규모의 결정방법

정보산업기술에의 연구개발투자를 결정하기 위한 분석도구로서는 국민경제적인 거시적 접근방법, 자본예산(capital budgeting) 기법과 같이 투자효율을 고려한 미시적 접근방법 등이 있으나[백광천 외 1993, Coate et al 1987, Northworthy et al 1992] 이들 방법들은 가용자원이 제한될 수 밖에 없는 현실을 무시하였다는 점에서 공통적인 한계를 지니고 있다. 모든 투자환경은 필연적으로 자원제약하에 있으며 (이것은 또한 투자의 본질적인 존재이유이기도 하지만) 이를 고려하지 않은 의사결정은 효율이 떨어지거나 극단적으로는 무의미한 것이 될 수도 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 자원의 제약을 고려할 수 있는 투자방법론으로서 선형계획을 살펴보기로 한다.

선형계획(LP: Linear Programming) 모형은 자원이 제약되어 있는 상황에서 자원사용의 효율성을 극대화하고자 개발된 기법이다. 이 문제는 원래 경제학자인 스티글러(Stigler)가 사료배합문제(Diet Problem)로 제기한 이래 오랜동안 그 해결법을

찾지 못하다가, 1947년 단찌히(Danzig)가 실질적인 해결 알고리즘인 심플렉스법을 개발한 뒤 의사결정기법으로서 각광을 받기 시작하였다. 현재 선형계획기법은 계량의사결정의 가장 대표적인 분석방법으로서 인정받고 있으며 아직도 이의 개선을 위하여 수많은 연구가 진행되고 있는 실정이다.

2. 투자규모의 결정을 위한 LP모형

정보산업 기술부문에 연구개발을 위하여 투자하는 목적은, 일반적인 투자와 마찬가지로, 투자로 인한 수익(율)을 최대화하는 것이므로 목적함수를 다음과 같이 설정한다. 다만 여기에 유의할 점은 연구개발투자의 효과는 당장 나타나는 것이 아니고 시간이 얼마간 지난 뒤에 나타나며 일반적으로 그 존속기간도 한정적이라는 사실이다. 이러한 투자효과의 추이는 실제의 투자액과 투자효과(예를 들어 매출액)의 상호관계를 비교함으로써 알아볼 수 있다.

$$\text{Maximize } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^n \alpha_{it} \cdot X_{it} \dots\dots\dots (1)$$

여기에서 X_{it} 는 i 기술에 대한 t 연도의 투자액,

α_{it} 는 i 기술에 대한 t 연도의 투자액의 효과(예상수익, 생산액 또는 판매액, 시장점유율 등)이다.

다음으로 기업이나 국가 전체적인 예산의 입장에서 볼 때, 특정 기간에 있어서 동원할 수 있는 투자액의 상한선이 있을 것이므로, 기간별 총투자액은 다음과 같은 제약조건을 지니게 될 것이다. 이와 같은 투자액의 상한선으로는 이미 결정된 예산액, 경영자의 의지, 주변 국제정세, 경영환경의 영향 등 여러 가지가 있을 수 있다.

$$\text{subject to } \sum_{i=1}^m X_{it} \leq \beta_t \dots\dots\dots (2)$$

여기에서 β_t 는 t 기간에 있어서 투자액의 상한선을 의미한다.

물론 특정기간의 투자상한선과는 별도로, 특정기술에 대한 총투자액의 상한도 있을 수 있으며 이 경우의 제약조건은 다음과 같이 될 것이다.

$$\text{subject to } \sum_{i=1}^n X_{it} \leq \sigma_i \dots\dots\dots(3)$$

여기에서 σ_i 는 i 기술에 대한 총투자액의 상한선을 의미한다.

또한 특정기간별, 기술별로 투자하한이 있으면 그 제약식은 다음과 같이 된다. 이러한 투자하한으로서는 경쟁국(사)의 투자액(비율) 또는 관련 기술간의 균형을 맞추기 위한 조정비율 등을 생각할 수 있다. 아래 식에서 γ_t 와 τ_i 는 각각 기간별, 기술별 투자액의 하한을 의미한다.

$$\text{subject to } \sum_{i=1}^m X_{it} \geq \gamma_t \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{subject to } \sum_{t=1}^n X_{it} \geq \tau_i \dots\dots\dots(5)$$

연구개발은 그 특성상 일관된 투자와 관리가 필요하다. 한꺼번에 많은 투자를 한다고 해서 그에 비례하는 성과를 즉시 얻을 수는 없는 것이다. 특히 연구개발의 핵심이 되는 연구인력의 꾸준한 확보, 유지가 필수적임은 새삼 설명할 필요도 없다. 이와 같이 기술개발이 연속성을 유지하려면, 우선 각 기술의 연도별 투자액이 일정한 수준(예를 들어 전년도에 투자수준 또는 매출액이나 GNP의 몇 % 등)을 유지하여야 하므로 다음과 같은 조건이 추가된다.

$$\text{subject to } \lambda_{it} X_{it} \leq X_{i,t-1} \dots\dots\dots(6)$$

여기에서 λ_{it} 는 투자액의 증감비율(예를 들어 전년도에의 몇%)을 의미한다.

마지막으로 각 투자액은 음수가 될 수 없으므로 다음과 같은 비음수제약조건이 추가된다.

$$\text{subject to } X_{it} \geq 0 \dots\dots\dots(7)$$

따라서 우리가 구하고자 하는 정보산업기술의 연도별(하위 기술별) 연구개발 투자액은 위의 식 (1)~(7)을 만족시키는 해가 된다. 실제 상황에 있어서는 몇 가지 추가적인 제약조건이 더 필요하게 되는데 이의 구체적인 내용은 다음의 사례연구 부문에

서 살펴볼 것이다.

3. 한국의 투자규모 결정사례

앞에서 설정한 투자규모 결정모형을 응용하여 한국에 있어서 정보산업기술 연구개발의 적정 투자규모를 산출하여 보기로 한다. 연구개발투자의 대상은 정보산업기술 중에서 기본적인 분류에 해당되는 컴퓨터, 통신, 반도체, 소프트웨어 기술로 하며 분석대상기간은 이들의 투자효과가 통상 1년에서 10년사이에 나타나므로 1995년 현재에서 부터 10년 뒤인 2004년까지로 한다.

1985년에서 부터 1994년까지의 한국의 정보산업기술 연구개발투자는 다음과 같다. <표 1>에서 보는 바와 같이 1994년 현재 투자액이 가장 많은 부문은 정보통신기술 전체 투자액의 50%를 상회하는 반도체이며, 투자액 증가율이 가장 높은 부문은 지난 10년간 약 10배이상 투자액이 증가한 통신이다. 물론 동기간 중 단순한 증가율은 소프트웨어가 가장 높지만(약 80배) 실제적으로 의미있는 투자가 시작되었다고 볼 수 있는 1990년부터의 증가율은 약 4배 정도에 불과하다.

<표 1> 정보산업기술에 대한 연구개발 투자액

단 위 : 십억원

년 도	컴 퓨 터	통 신	반 도 체	소프트웨어
1985	26	23	63	1
1986	31	30	83	2
1987	37	39	109	3
1988	44	52	143	5
1989	58	79	176	8
1990	94	122	219	24
1991	93	138	372	36
1992	134	273	249	53
1993	159	260	203	59
1994	123	261	499	84
합 계	799	1277	2116	275

1) 자료원 : 한국산업기술진흥협회, 국내외 정보통신 연구개발 현황조사, 1995.10., p.62

2) 1985년 부터 1987년 까지의 자료는 증가율에 의한 추정치임

위와 같은 연구개발투자에 대하여 동 기간의 매출액은 다음과 같다. <표 2>에서 보는 바와 같이 1994년 현재 매출액이 가장 많은 부문은 반도체이며, 매출액 증가율이 가장 높은 부문도 반도체이다. 컴퓨터와 통신이 지난 10년동안 약 3배의 증가를 보인데 비하여 반도체는 약 5배정도의 매출 증가세를 보이고 있다. 다른 부문에 비하여 상대적으로 금액은 비록 작지만 소프트웨어 부문의 증가율(약 12배)도 괄목할만한 수준을 보여주고 있다.

<표 2> 정보산업제품의 매출액(실적치)

단 위 : 천억원

년 도	컴 퓨 터	통 신	반 도 체	소프트웨어
1985	17.6	11.2	24.8	2.4
1986	19.2	12.8	30.4	3.2
1987	21.6	14.4	37.6	4.0
1988	24.8	16.8	47.2	5.6
1989	32.0	19.2	67.2	7.2
1990	32.8	22.4	73.6	10.4
1991	36.0	24.8	80.8	13.6
1992	33.6	27.2	103.2	16.0
1993	37.6	28.8	110.4	22.4
1994	48.0	36.8	164.8	29.6
합 계	363.0	214.4	740.0	114.4

1) 자료원 : 한국전자통신연구소, '95 정보통신기기 통계집, 1995.6에서 발췌

2) 매출액은 내수와 수출의 합계치임.

그러나 실제적인 투자의 효과는 투입(투자)과 산출(매출)을 동시에 고려하는 것이 타당할 것이다. 따라서 본 연구에서는 투자효과를 효율성(efficiency) 즉 투입산출의 비율로 정의하기로 한다. 연구개발 투자의 효과를 연구개발투자액에 대한 매출액의 비율(즉 투자액 1원당 매출액증가액)로 간주하여 계산하면 다음과 같다. <표 3>에서 보는 바와 같이 모든 부문의 투자효과가 시간이 흐름에 따라 전반적으로 감소하고 있다. 이는 경제학의 기본원리인 수확체감의 법칙이 작용된 것으로 보인다. 반면 부분적인 투자효과의 불규칙한 현상은 투자와 매출액 사이의 시차, 투자의 이연효과때문인 것으로 여겨진다.

앞에서 산정한 평균증가율에 의하여 1995년 이후 10년간 연구개발 투자효과의 추이를 예측하면 다음의 <표 4>와 같다. 반도체는 변동폭은 작지만 꾸준한 증가세를 보일 것이며 기타 부문은 투자효과가 점차 떨어지는 양상을 보이고 있다.

<표 3> 정보산업의 연구개발 투자효과(실적치)

단 위 : 원

년 도	컴 퓨 터	통 신	반 도 체	소 프 트 웨 어
1985	676	486	393	2400
1986	619	426	366	1600
1987	583	369	344	1333
1988	563	323	330	1428
1989	551	243	381	1120
1990	348	183	336	433
1991	387	179	217	377
1992	250	99	414	301
1993	236	110	543	379
1994	390	141	330	352
증가율	-2.7%	-10.7%	3.3%	-13.7%

- 1) 표의 수치는 매출액을 투자액으로 나눈 것임.
- 2) 증가율은 연도별 증가율의 산술평균치임.

<표 4> 정보산업의 연구개발 투자효과(예측치)

단 위 : 원

년 도	컴 퓨 터	통 신	반 도 체	소 프 트 웨 어
1995	379	125	358	335
1996	368	112	370	289
1997	359	100	382	250
1998	348	89	395	215
1999	340	80	408	186
2000	330	71	421	160
2001	321	63	435	138
2002	313	57	449	119
2003	304	50	464	103
2004	296	45	480	89

<표 6> 정보산업제품의 매출액(예측치)

단 위 : 천억원

년 도	컴 퓨 터	통 신	반 도 체	소 프 트 웨 어
1995	53.5	41.9	202.9	39.0
1996	59.8	47.7	250.0	51.5
1997	66.7	54.4	307.9	68.0
1998	74.5	62.0	379.2	89.8
1999	83.2	70.7	467.1	118.5
2000	92.9	80.6	575.4	156.4
2001	103.7	91.8	708.7	206.4
2002	115.7	104.6	872.9	272.5
2003	129.2	119.3	1075.1	359.7
2004	144.3	135.9	1324.2	474.7
증가율	11.6%	13.9%	23.2%	31.9%

1) 매출액은 내수와 수출의 합계치임.

위와 같은 매출액(총계)을 기준으로 하고, 앞에서 살펴 본 주요 정보산업체의 연구개발비 증가율을 감안하여, 1995년의 연구개발 투자비율 4.8%(매년 0.1%의 증가를 고려한 예상치)를 출발점으로 한 정보산업의 연구개발투자액 하한선을 설정하면 다음의 <표 7>과 같다.

따라서 각 년도별 투자총액의 하한선을 나타내는 제약식은 다음과 같이 된다.

$$\text{subject to } X_{10} + X_{20} + X_{30} + X_{40} \geq 161.9 \dots\dots\dots (9)$$

$$X_{19} + X_{29} + X_{39} + X_{49} \geq 1185.0 \dots\dots\dots (18)$$

또한 정보산업에의 투자는 당연히 우리나라가 동원할 수 있는 자금능력의 범위내에서 이루어져야 한다. 이와 같은 투자 상한선으로서 GNP대비 정보산업부문의 총연구개발비를 설정한다. 우리나라 정보산업 부문의 매출액과 연구개발비(R&D)를 살펴보면 다음의 <표 8>과 같다. 단 여기에서 매출액과 연구개발비는 본 연구에서 다루고 있는 컴퓨터, 통신, 반도체, 소프트웨어에 방송, 정보기기, 부품에 관한 것 뿐만 아니

<표 7> 정보산업 연구개발 투자액/비율

년 도	매출액(천억원)	비 율(%)	투자(백억원)
1995	337.3	4.8	161.9
1996	409.0	4.9	200.4
1997	497.0	5.0	248.5
1998	605.5	5.1	308.8
1999	739.5	5.2	384.5
2000	905.3	5.3	479.8
2001	1110.6	5.4	610.8
2002	1365.7	5.5	751.1
2003	1683.3	5.6	942.6
2004	2079.1	5.7	1185.0

- 1) 매출액은 컴퓨터, 통신, 반도체, 소프트웨어의 합계치임.
- 2) 매출액은 내수와 수출을 모두 포함함.

라 기타 정보산업부문의 해당분을 모두 합한 금액을 의미한다. 따라서 아래 표에서의 매출액과 R&D비용은 다른 부문에서 다루는 매출액과 R&D비용보다 금액이 다소 크다.

<표 8> GNP대비 정보산업 연구개발비(실적치)

년 도	GNP(조원)	매출액(천억원)	R&D(백억원)	R&D비율(%)
1988	131	85	28	0.21
1989	148	106	36	0.24
1990	178	119	52	0.29
1991	214	161	68	0.32
1992	238	210	77	0.32
1993	265	222	75	0.28
1994	302	368	155	0.51

- 1) 자료원 : 한국산업기술진흥협회, 국내외 정보통신 연구개발 현황조사, 1995.10., p.14.
- 2) 비율은 R&D비용을 GNP로 나눈 것임.

위의 자료의 기하평균증가율을 기초로 앞으로 10년간 정보산업에의 총투자액을 산출하면 다음과 같다.

<표 9> GNP대비 정보산업 연구개발비(예측치)

년 도	GNP(조원)	매출액(천억원)	R&D(백억원)	R&D비율(%)
1995	346	469	206	0.60
1996	398	600	274	0.69
1997	458	766	361	0.75
1998	526	978	484	0.92
1999	604	1249	645	1.07
2000	694	1595	857	1.24
2001	798	2037	1141	1.43
2002	917	2602	1517	1.65
2003	1054	3323	2018	1.91
2004	1211	4243	2684	2.21

1) 비율은 R&D비용을 GNP로 나눈 것임.

따라서 각 년도별 투자상한선을 나타내는 제약식은 다음과 같다.

$$\text{subject to } X_{10} + X_{20} + X_{30} + X_{40} \leq 206 \dots\dots\dots (19)$$

.....

$$X_{19} + X_{29} + X_{39} + X_{49} \leq 2684 \dots\dots\dots (28)$$

정보산업기술은 같은 종류의 대상(정보)을 취급하는 만큼 서로 밀접한 기술적인 관련성을 지니고 있다. 어느 한 기술만이 독립해서 따로 발전할 수는 없는 것이다. 이와 같이 이들 사이의 균형적인 발전을 위하여 제약식을 설정하기로 한다. 우선 1985~1994년 사이의 정보기술 각부문의 총매출액과 총투자액의 비율을 정리하면 다음과 같다.

따라서 하위 부문기술인 컴퓨터, 통신, 반도체, 소프트웨어기술이 위와 같은 비율을 상·하한치로 하여 해당기간의 총투자액범위 내에서 균형을 이룬다고 하면 해당 제약조건은 다음과 같다.

<표 10> 정보산업기술의 매출액과 R&D투자 비율

단 위 : %

구 분	컴 퓨 터	통 신	반 도 체	소프트웨어
투자액	17.8	28.5	47.5	6.2
매출액	25.3	15.0	51.7	8.0

1) 비율은 1985~94년사이의 총액을 기준으로 한 것임.

$$\text{subject to } X_{10} + X_{11} + \dots + X_{19} \leq 0.253 \sum_{i=1}^4 \sum_{t=0}^9 X_{it} \dots\dots\dots (29)$$

$$X_{10} + X_{11} + \dots + X_{19} \geq 0.178 \sum_{i=1}^4 \sum_{t=0}^9 X_{it} \dots\dots\dots (30)$$

$$X_{40} + X_{41} + \dots + X_{49} \leq 0.080 \sum_{i=1}^4 \sum_{t=0}^9 X_{it} \dots\dots\dots (35)$$

$$X_{40} + X_{41} + \dots + X_{49} \geq 0.062 \sum_{i=1}^4 \sum_{t=0}^9 X_{it} \dots\dots\dots (36)$$

연구개발투자는 일시적으로 많은 투자를 한다고 해도 소요인력, 장비 등을 확보하고 교육, 점검하는 준비기간이 필요하므로 단기간에 효과를 얻을 수 없다. 또한 이러한 준비가 이루어 졌다 하더라도 투자효과는 시차를 두고 서서히 나타나게 마련이다. 이와 같이 투자효과를 부드럽게 하기 위한 투자액의 배분도 연구개발의 경우에는 반드시 필요한 것이다. 따라서 우리는 각 기술이 해당기간 동안 계속 발전한다는 전제 하에, 연도별 투자액은 최소한 직전연도의 투자액보다 적지 않다는 다음과 같은 제약 조건을 추가한다.

$$\text{subject to } X_{it} \geq X_{i,t-1} \text{ (} i=1,\dots,4, t=0,\dots,9 \text{)} \dots\dots\dots (37) \sim (76)$$

1995, 1996년도의 컴퓨터기술의 연구개발투자액에 대한 위와 같은 제약식을 예시하면 다음과 같다.

$$\text{subject to } X_{10} \geq 1.23 \dots\dots\dots (37)$$

$$X_{11} \geq X_{10} \dots\dots\dots (38)$$

마지막으로 각 연도별 투자액은 음수가 될 수 없으므로 다음과 같은 비음수제약조건이 추가된다.

$$\text{subject to } X_{it} \geq 0 \quad (i=1, \dots, 4, t=0, \dots, 9) \dots\dots\dots (73) \sim (116)$$

위의 식 (7)~(116)을 풀면 우리나라 정보산업기술의 각 기술별 연도별 연구개발 투자액을 구하게 된다. 위와 같은 선형계획문제를 푼 결과를 요약하면 다음의 <표 11>과 같다. <표 11>에 의하면 우선 컴퓨터부문에의 투자를 1995년의 4300억원에서 1997년의 2조원까지 늘리되, 1998년 이후에는 연간 약 3조원 수준에서 지속적으로 투자하여야 한다. 통신부문에의 투자는 1994년 수준의 약 2.5배인 7000억원 1998년까지 투자하고 1999년부터는 매년 2조원 규모의 투자를 유지한다. 반면 1994년 현재 500억원의 투자를 보이고 있는 반도체 부문에의 (연구개발)투자수준을 1999년까지 동결하였다가 2000년부터 다시 급속히 투자규모를 늘려야 할 것으로 나타났다. 이는 지금까지 반도체부문에의 연구개발투자가 다른 부문에 비하여 상대적으로 많이 투자된 결과 기술력이 많이 축적된 결과라고 해석된다. 또한 소프트웨어에의 투자는 많은 전문가들이 지금까지 수차에 걸쳐서 지적하였듯이 지금까지 막대한 투자효과(수익력)에 비하여 (소프트웨어로 거의 맨손으로 세계 최고 갑부가 된 빌 게이츠의 예를 보면 그 수익력의 크기를 짐작할 수 있을 것이다) 실제적인 투자가 너무 미미하였다. 본 연구의 결과도 소프트웨어에의 투자를 대폭 늘려야 할 것으로 나타났다. 1994년 현재 840억원 정도인 이부문에의 투자를 10배이상인 9000억원으로 늘리고 이 수준을 계속 유지하여야 할 것이다.

<표 11>에서 연구개발 투자액이 일정한 증가율을 보이고 있지 않은 것은 수식(8)의 목적함수식의 부문별 연도별 투자계수, 수식(9~28)의 상하한선, 수식(29)~(76)의 균형조건에 의하여 자동적으로 산출된 결피이다. 특히 각 부문별로 누적된 투자효과를 나타내는 투자계수는 지금까지 상대적으로 투자가 많이 된 반도체와 통신부문에의 투자를 기존의 투자효과가 감쇄될 때까지 억제하고 있으며, 반면에 상대적인 투자가 미흡하였던 소프트웨어부문에의 투자를 증가시키는 역할을 하고 있다.

이와 같이 “기존투자의 누적효과를 감안하여 신규투자를 결정하여야 한다”는 기본적인 원칙의 당위성은 현재 우리나라가 겪고있는 반도체 부문에의 과잉투자과 가격폭

락 및 이에 따른 국가경제 전체의 위기상황을 통하여 여실히 나타나고 있다. 민간기업은 주로 단기적인 시장경제의 흐름에 따라 (타기업 또는 타국의 투자상황을 심각하게 고려하지 않고) 투자를 결정하게 되므로 공급과잉의 주 원인이 되고 있다. 따라서 본 논문에서 제시하는 바와 같이, 국가 전체적인 입장에서 (현실상의 제약에 의해 실질적인 조정통제는 불가능하더라도) 총투자액을 제시하고 전체적인 투자정책방향을 제시하는 과정이 필요한 것이다.

지금까지의 R&D투자액 결정은(특히 공공부문의 투자는) 주로 일반예산과 같이 “전년도 대비 몇 % 증가”라는, 투자효과를 고려하지 않은 평면적인 것이었다. 물론 몇몇 신규 프로젝트를 검토하고 새로 편성하는 과정은 있지만 정책적으로 결정된 투자총액의 범위 내에서 이루어지므로 총투자액은 일률적인 증가세를 보이게 된다. <표 11>의 결과가 이러한 통상적인 양상과 다른 특이현상을 보이는 것은 오히려 일반현상이라고 할 수 있을 것이다.

<표 11> 정보산업기술의 연구개발 투자액(안)

단 위 : 백억원

년 도	컴 퓨 터	통 신	반 도 체	소 프 트 웨 어
1995	43	70	5	90
1996	111	70	5	91
1997	197	70	5	91
1998	318	70	5	91
1999	318	208	27	91
2000	318	208	239	91
2001	318	208	523	91
2002	318	208	899	91
2003	318	208	1400	91
2004	318	208	2158	91

4. 맺음말

본 연구에서는 우리나라 전체적인 정보산업기술에의 연구개발 투자규모를 결정하기 위하여 계량의사결정에서 많이 쓰이고 있는 선형계획(LP) 방법을 사용하였다. 정보산업기술은 우리가 선진국으로 진입하는데 필수적인 첨단기술 중에서도 가장 대표적인 기술로서 이에 대한 연구개발투자는 객관적인 기준에 의하여 합리적으로 결정되어야 한다는 점에서 본 연구의 의의가 있는 것이다.

본 논문은 본문에서 제시한 여러 가지 가정조건에 입각하여 분석한 LP모형의 응용이다. 따라서 이러한 결과를 현실에 직접적인 정책자료로서 응용하기 위하여서는 가정조건 자체에 대한 추가분석, 민감도분석 등이 요구된다. 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

선형계획(LP) 모형은 우리의 연구대상인 정보산업기술에의 연구개발 투자규모를 결정하는데 무리없이 적용될 수 있음을 보여 주었다. 다른 투자기법에 비하여 LP모형은 보다 융통성이고 포괄적이라고 할 수 있는데, 우리의 연구에 있어서도 현실적인 상황을 목적함수와 제약조건으로서 무난히 표현할 수 있었다.

우리나라의 정보산업기술을 대상으로 한 사례분석의 결과는 상대적으로 낙후되어있는 소프트웨어 기술에의 투자가 10배이상 대폭적으로 증액되어야 함을 강력히 시사하고 있다. 지금까지 많은 투자가 이루어져 왔던 반도체 부문에의 투자는 현재의 수준을 4~5년간 유지하다가 그후 다시 늘리되 그 여유분을 소프트웨어, 컴퓨터, 통신 등에 할당하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

본 연구의 결과는 국가 전체의 입장에서 정보산업기술의 기본적인 투자정책을 수립하고 다른 산업부문과의 투자규모를 비교 조정하는 등 거시적인 정책 기초자료로서 활용될 수 있을 것이다. 이 자료는 어느 특정 기업을 대상으로 한 것은 아니며 이러한 보다 미시적인 분석은 또 다른 관점, 예를 들어 수익율(이익율), 시장점유율 등을 기준으로 수행되어야 할 것이다. 이는 차후의 과제로 미루고자 한다.

물론 여기에서 살펴본 선형계획방법만이 절대 유일의 분석방법이라고는 말할 수 없다. 이외에도 수많은 계량적인 또는 비계량적인 방법이 있을 수 있으며 그들 사이의 우열을 판단하는 것은 쉬운 일이 아니다. 다만 여기에서 보여주고자 하는 것은 직관

에 의존하는 주먹구구식 의사결정보다는 (불행하게도 우리의 현실에서는 주로 이와 같은 방법에 의존하고 있다) 주어진 제약조건을 합리적으로 고려할 수 있는 객관적인 (LP)방법이 보다 타당하다는 점이다.

본 연구의 분석과정 중 투자액의 효과를 산정하면서, 시간적인 효과를 고려하지 않고, 일률적으로 투자액 대비 동년도의 산출효과(매출액)를 계산하였다. 그러나 실제적인 연구개발의 투자효과는 투자후 일정한 시간후에 서서히 나타나는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 투자의 이연효과는 앞으로 더욱 세밀하게 검토되어야 할 부분이다. 또한 미래기초자료의 예측방법으로는, 의미 있는 자료의 부족으로, 단순한 평균증가율을 사용하였는데 관련 자료의 체계적인 정리가 이루어진 뒤 보다 엄밀한 회귀분석, 시계열분석 등을 사용하여 예측의 정밀도를 높이는 연구도 필요하다.

참 고 문 헌

1. 과학기술처, 「정보산업육성 기본계획 수립에 관한 연구」, 1984
2. 기술경영경제학회, 「동계학술 및 사례발표회 (논문집)」, 1992
3. 김상균, 「고도기술을 둘러싼 새로운 국제질서의 태동과 향후 전망」, 한국과학기술연구원, 1992
4. 매일경제신문사, 「하이테크교실」, 1986
5. 배한경, 이종욱, 「민간주도형 첨단기술혁신을 위한 정책 및 기업전략에 관한 연구 - 한·일 전자공업을 중심으로-」, 한국경제연구원, 1989. 12., pp. 111-118.
6. 백관호, “정보산업기술의 연구개발 투자에 관한 소고”, 「기술경영경제학회지」, 제1권, 1993.6., pp 52~83.
7. 백관호 외, “컴퓨터기술의 발전동향과 미래”, 「'87 정보통신의 해 전자통신 종합학술대회 논문집」, 1987, p. 179~191.
8. 백광천 외 3인, “R&D 투자규모 결정 및 자원배분에 관한 연구”, 「경영과학」, 제10권 제1호 1993.6., pp. 81~105.
9. 전자시보사, 「정보통신연감」, 1994
10. 한국산업기술진흥협회, 「국내외 정보통신 연구개발 현황조사」, 1995
11. 한국전자통신연구소, 「정보기술 동향과 우리의 대응책」, 1988
12. 한국정보산업연합회, 「한국 정보산업 연간백서」, 1992
13. Coate, M.B. and Uri, N., “A Simultaneous Equations study of Research and Development Intensity”, *Technological Forecasting and Social Change*, 31 (1987), pp. 131-142.
14. Grupp, Hariolf and Schnöring, Thomas, “Research and Development in Telecommunication - National Systems under Pressure-”, *Telecommunications Policy*, Vol. 16, No. 1 (1992), pp. 46-66.
15. Levy, D.M. and Terleckyj, N.E., “Effects of Government R&D on Private R&D Investment and Productivity : A Macroeconomic Analysis”, *The Bell Journal of Economics*, Vol. 14, No. 2 (Autumn 1983), pp. 551-561.

16. Monk, Peter, *Technological Change in the information Economy*, London: Pinter Publishers Ltd., 1989.
17. Northworthy, J.R. and Jang, S.L., *Empirical Measurement and Analysis of Productivity and Technological Change*, Elsevier Science Publishers B.V., 1992.