

지역정보화 촉진정책 수립을 위한
시스템 다이내믹스 시뮬레이션 모델 수립에 관한 연구
(A System Dynamics Simulation Modeling Approach
to Promotion Policy Development for the Community Informatization)

신광우*, 김상욱*

*충북대학교 대학원 박사과정, *충북대학교 교수

Kwang W. SHIN*, Sang W. KIM*

Dept. of Management Information Systems, Chungbuk Nat'l University

요 약

정보화 촉진 정책 개발 도구로써 정보화 지표의 문제점 및 한계를 지적하고, 이를 보완할 수 있는 방안으로서 시스템 사고에 입각한 동적 역학 모델을 개발하는데 본 연구의 목적이 있다. 정보화 진행 모형은 정보화 진행속도는 촉진요인과 저해요인의 상호 영향도에 의해 결정된다는 점에서부터 출발하여 이들 양자간 존재하는 Push-Pull 패러다임 하에 상호 역학관계를 시스템 다이내믹스 모형(System Dynamics Model)을 개발하였다. 나아가 개발된 모델을 컴퓨터 시뮬레이션으로 구현, 시행함으로써 향후 정보화 촉진을 위한 정책변수의 도출과 각 변수의 영향도를 측정할 수 있는 가능성을 제시하였다. 컴퓨터 시뮬레이션 모델에 반영된 기초 자료는 가능한 한 실제 데이터를 분석, 이용하였으나, 시계열 자료의 부족으로 상당부분 추정 및 가정을 도입하였다. 결국 시뮬레이션 시행으로 얻은 결과치 그 자체는 현실성을 결여하고 있는 문제를 안고 있으나, 정보화 촉진 정책 입안과 그에 대한 효과를 사전에 분석해 볼 수 있는 새로운 돌파구를 마련하였다는 점에서 본 연구의 의미를 찾을 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서 언

지금까지 정보화 수준을 측정하는 방식은 한결 같이 정보화지표 개발과 그에 따른 지수의 산정에 머물러 있었다. 지표 방식에 의한 정보화 수준 측정은 여러 가지 문제점을 안고 있다. 통계적 자료에 근거한 수리적 접근은 실혹 특정 시점 혹은 특정 기간동안의 정보화 수준에 대한 점 추정은 가

능할지 모르나, 전반적인 정보화 이행 추이에 대한 분석과 행태 변화에 대한 추정 등 선 추정은 거의 불가능하다. 뿐만 아니라, 지표 방식의 가장 근본적인 문제점은 특정 시점에서의 정보화 수준과 같은 사회적 현상의 동인을 구조적으로 찾아낼 수 없기 때문에 변화에 대한 설명력을 가질 수 없고, 나아가 정보화를 촉진하기 위한 정책적 대안을 모색할 수 있는 합리적 방법을 제시할 수 없다는 점이다.

(주) 본 연구는 정보통신학술진흥재단의 지원으로 이루어진 것임.

정책의 결정이란 관점에서 볼 때, 지표에 의한 정보화 수준 측정은 규범적인(prescriptive) 특성이

매우 강하다. 설혹 정보화를 촉진하기 위한 정책을 이로부터 제시할 수 있다하더라도 사전에 설정된 지표의 범주 내에서만 가능하기 때문이다. 복잡 다단한 변화와 불확실성이 고조되고 있는 상황에서 과연 통계자료의 정확성이 어느 정도일 것이며, 규범적으로 사전에 설정해 놓는 지표가 어느 정도 대표성 내지 포괄성을 나타낼 수 있을 것인가에 회의의 품지 않을 수 없을 것이다.

더욱이 지금까지의 정보화 지표설정은 정보기술 결정론적 시각에서부터 출발하고 있다해도 과언이 아니다. 우리 나라 정보화 정책 수립을 대표하고 있는 한국전산원이 매년 '정보화 백서'를 통해 우리 나라 정보화 지수를 발표하고 있다.[1] 이러한 정보화 지수의 지표 요소를 살펴보면, 정보설비지표, 정보이용지표, 정보지원지표 등 세 가지 영역으로 구분되는데 이러한 기준은 다분히 정보화를 공급자 중심의 주도로 이루어진다는 시각에서 출발한 것으로 평가된다. 그 이유는 비록 정보이용지표가 있으나, 이용수준의 동인과 이용의 한계 등에 관한 사회·문화적 요소가 결여되어 있기 때문이다. 정보기술의 보급 및 확산이 곧 정보수요로 이어지며, 정보수요는 다시금 정보기술의 보급으로 연결된다는 가정 그 자체는 적어도 정보기술 수요가 공급을 월등히 초과하는 정보화의 초기단계에서는 큰 문제가 없어 보인다. 그러나 수요 측면의 규모의 경제성이 떨어지는 시점부터는 정보기술 공급과 수요간에는 팽팽한 균형을 이루면서 상호 영향을 미치는 관계로 변질될 것이며, 궁극적으로는 수요의 한계로 인한 정보기술 공급의 축소로 전반적인 정보화의 수준은 점차 일정 상태로 수렴하는 안정적인 형태를 이루게 된다는 것이 일반적인 정설이다.

정보화 수준을 바라보는 기본 시각과 지표설정 방식이 안고 있는 근본적인 문제점을 해결하기 위한 시도으로써, 본 연구에서는 다음과 같은 두 가지의 새로운 접근 방식을 채택하였다.

첫째는 시스템 사고의 도입이다. 어떤 사회적 현상에 대한 문제를 파악하기 위해서는 내재되어 있는 요인을 찾아내는 것 외에도 각 요인들이 어떠한 상호작용으로 어떻게 문제를 야기 시켰는가에 대한 포괄적인 이해가 필요하다. 정보화 수준의 정확한 측정도 물론 필요하겠으나 단위 시점에서의

정보화 수준 그 자체는 평가에는 도움이 될지언정 결코 정책 입안에 근본적인 도움을 줄 수 없다. 뿐만 아니라 경우에 따라서는 정보의 왜곡에 의한 잘못된 의사결정을 유도할 수도 있다. 이 문제에 대한 올바른 접근을 위해서는 정보화라고 하는 전체를 이해하면서 부분의 역할을 증시하고, 부분간의 상호 연관성 및 의존성을 파악하는 새로운 사고의 체계가 요구되는데 이것이 바로 시스템 사고이다.

시스템 사고는 사회적 현상의 거의 모두는 원인이 결과에 영향을 끼치고 다시금 그 결과가 원인에 영향을 끼치는 상호 인과관계의 고리를 형성하고 있으며, 이와 관련된 변수들은 독립적인 것이 아니라 상호의 의존적이라는 시각에서부터 출발한다. 요인들 간의 상대적 중요성도 함수의 각 변수의 계수와 같이 고정된 것이 아니라 시간에 따라 변화하는 것이며, 원인이 결과에 끼치는 영향은 거의 대부분 일정기간이 흐른 후에 나타나는 '지연(delay)효과'가 상존한다. 따라서 지표 설정 방식과 같은 단선적 사고로는 정보화 진행과 같은 사회적 현상을 접근하는 데에는 근본적인 한계가 있을 수 밖에 없다. 시스템 사고는 사건(event) 그 자체보다는 인과관계의 피드-백 구조가 변화의 추이를 결정하는 주요 동인이라고 보고 있다. 종속변수와 독립변수의 단선적 구분은 더 이상 유지될 수 없으며, 모든 사회적 변화는 그 안에 내재된 요인들의 인과관계로 형성되는 피드-백 루프에 의한 순환적 과정(circular process as feedback loops)에 의해 결정된다.

결국 본 연구의 기반을 이루고 있는 시스템 사고는 어느 특정 시점에서의 변수 값을 정확하게 추정하는 점 추정을 중요시하지 않는다. 어느 한 시점에서의 현상에 대한 동인을 찾기보다는 시간의 흐름에 따라 현상의 변화 추이를 찾으려하는 것이다. 이러한 시도는 결국 조사 대상 시스템을 움직이는 피드-백 메커니즘과 그 메커니즘이 낳는 행태 변화를 파악함으로써 정책 입안을 위한 보다 근본적인 접근을 시도하고자 하는 노력에서 출발하는 것이다.

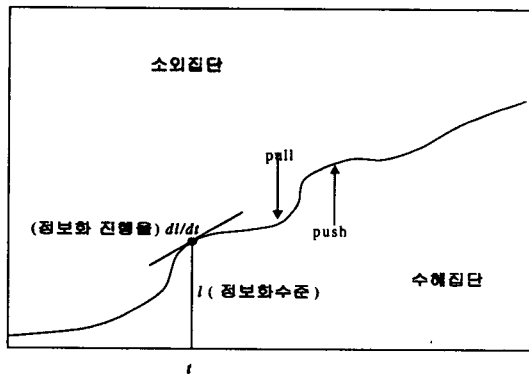
둘째로는 푸시-풀 패러다임(push-pull paradigm)의 설정이다. 지금까지의 정보기술 결정론적 시각에서 벗어나, 정보화 확산을 정보기술 주도(push)와 사회적 수요 견인(pull)이 상호 작용하는 푸시-

풀 패러다임 하에서 접근하였다. 정보기술의 도입 (infusion)과 그에 따른 확산(diffusion)은 사회적 수요 견인력(demand pull)과 정보기술 주도력(technology push)과의 조화 속에 진행된다고 하는 것이 푸시-풀 패러다임의 골자이다.[2] 정보화 과정 속에서 우리가 흔히 접하고 있는 문제는 기술 주도가 수요 견인을 훨씬 앞서감으로 인해 양자간에 심각한 불균형으로 빚어지는 정보화 확산의 정체에 직면하고 있다는 점이다.

본 연구진은 push 요인과 pull 요인을 하나의 패러다임 속에 포함시켜 이들 요소간 상호 역학적인 작용 속에서 어떻게 정보화가 진행되는가를 살펴 보았다. 여기서 특기할 사항은 pull 요인을 수요적 요소로 보지 않고 저해적 요소로 해석하고 있다는 점이다. 즉 정보화를 '소외집단을 줄여나가는 과정'으로 정의를 축소함으로써 정보화 수준 측정을 위해 흔히 거론되는 촉진요인으로서의 지표들이 소외집단으로부터 도출되는 정보화 저해요인과 어떠한 상호 역학적인 관계 속에서 정보화의 수준과 진행속도를 결정하는가를 알아보려고 하였다.

2. 정보화 진행의 푸시-풀 패러다임

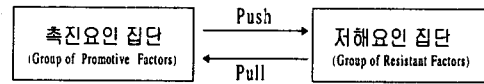
아래의 [그림 1]은 정보화 촉진요인과 저해요인 간에 존재하는 상호작용이 어떻게 특정 시점에서의 정보화 수준과 진행속도를 결정하게 되는지, 향후 어느 정도 정보화 진행될 지에 관한 예측을 가능케 하는 지 개념적으로 보여주고 있으며, 푸시-풀 패러다임(push-pull paradigm) 설정의 기본 아



[그림 1] 정보화 진행패턴 개념도

이디어를 제시하고 있다.

본 연구에서 응용되고 있는 새로운 개념은 첫째, 정보화 Push 요인과 정보화 Pull 요인간의 관계를 시스템 역학적인 시각에서 접근하는 것이며, 둘째로는 정보화를 '소외집단 규모가 점차 줄어드는 과정'으로 정의하는 것이다. 물론 정보화에 대한 정의는 다양하게 이루어 질 수 있으나, 결국은 정보화 소외집단이 점차로 줄어드는 과정으로 귀결된다. 정보화 촉진요인과 저해요인 등 두 집단을 하나의 Push-Pull 패러다임 속에 통합하여 새로운 개념적 모델을 제시하면 [그림 2]와 같다.)



[그림 2] 정보화 과정의 Push-Pull 패러다임

3. 정보화진행의 인과관계 모형

일반적으로 인과관계도(casual loop diagram)는 시스템 내에 존재하는 변수와 변수간의 인과관계 방향을 표시하는 연계선(linkage), 연계되는 변수간의 관계 표시(-, +), 그리고 피드백 루프(feedback loop) 등 세 가지 요소로 구성되는데, 이들 각각에 대한 구체적인 내용은 언급을 생략하기로 한다.

정보화 확산 과정에서 상호 작용하는 정보기술 주도(push)와 사회적 수요 견인(pull) 등 양대 영역을 시스템 사고의 관점에서 바라보면서 하향식 인과관계도(causal loop diagram)를 작성해 보았다. 이러한 인과관계도는 시스템 다이내믹스 모델링의 기초가 되는 것이다. 사회 정보화 확산 메커니즘을 조사 대상 시스템으로 설정하고, 이에 대한 하위 시스템인 피드-백 루프들을 개념화 해보기로 한다.

- 1) Push는 정보화 촉진요인집단의 영향력, Pull은 정보화 저해요소집단의 영향력을 각각 나타낸다 :

$$\text{Push} = f(Pf_1, Pf_2, \dots, Pf_n) = aPf_1 + bPf_2 + \dots + nPf_n$$

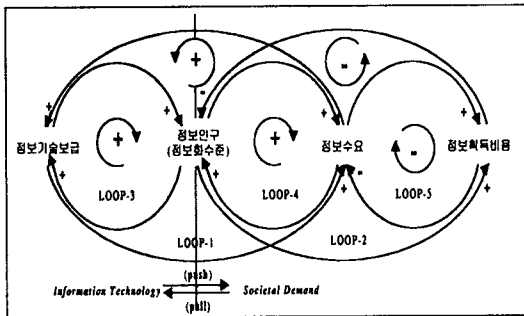
where a, b, ..., n = 각 요소의 영향력 결정계수

$$\text{Pull} = f(Rf_1, Rf_2, \dots, Rf_n) = aRf_1 + bRf_2 + \dots + nRf_n$$

where a, b, ..., n = 각 요소의 영향력 결정계수

1) 정보화 진행 메커니즘

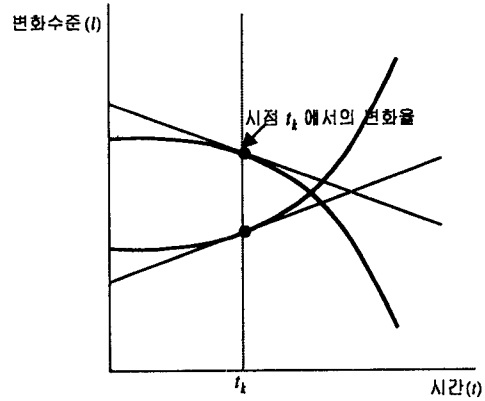
정보화 촉진 요인과 억제 요인간의 역학적인 상호관계를 인과관계도(Causal Loop Diagram)로 나타내면 [그림 3]과 같다. 이렇듯 정보화의 확산과정을 기술축(technology axis)과 사회축(societal axis)간의 상호작용으로 파악한 이유는 정보시스템의 구성이 기술적 요소와 사회적 요소로 대별되기 때문이다.



[그림 3] 정보화 확산 인과관계도

LOOP-1은 내부의 요소들 간의 역학구조를 블랙박스로 보고 “정보기술 발전 → 보급 확대 → 이용 증대 → 정보기술 발전”으로 이어지는 정보화 진행의 순환과정을 ‘정보기술 보급’과 ‘정보기술 이용증대’를 포괄하는 ‘정보수요’와의 상호 작용으로 단순화 한 것이다. 이러한 과정은 정보화의 확산을 ‘정보기술결정론적’ 시각에 입각한 것으로써 이 루프는 양의 극성(positive polarity)을 갖고 있기 때문에 시간의 흐름에 따라 자가확대적인 변화 패턴을 나타내게 된다. 여기서 자가확대적인 변화란 아래의 [그림 4]에 보인 것처럼 시간당 변화율의 절대값이 시간이 경과함에 따라 더욱 증대되는 현상을 말한다. 이러한 양극성을 갖는 피드-백 루프의 변화는 시점 t_k 에서의 접선의 기울기로 나타나는 변화율, 즉 변화속도 보다는 t_{k+1} 에서의 변화속도보다 더 커지는 현상을 나타내어 같은 방향으로 점증(점감)현상을 보이게 된다. 이를 수학적으로 해석할 때, 자가확대 변화의 유형은 지수함수적 곡선으로 나타나게 되며 각 시점에서 접선의 기울기로 나타나는 변화율의 절대치는 시간이 흐를수록 증대됨을 의미한다. 이 때 접선의 기울기는 시간을 기준으로

미분한 dl/dt 로 얻어진다.



[그림 4] 양극성 피드-백 루프의 변화 유형

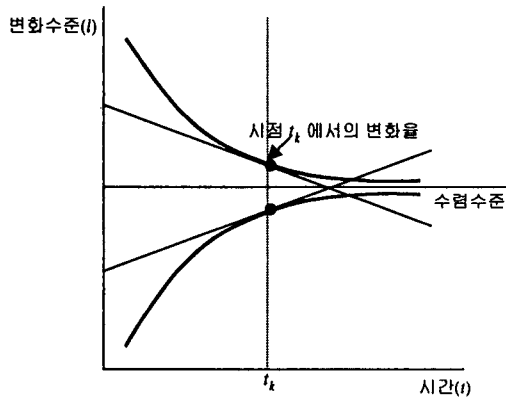
이제 정보화 수준을 결정짓는 LOOP-1 내부의 역학구조를 살펴보자. 정보화 수준을 정보화의 수혜 인구 즉 ‘정보인구’로 간주할 때, 이를 포함한 요소간의 역학구조는 LOOP-3과 LOOP-4 등 두 개의 루프가 맞물려 돌아가는 형태를 이루게 된다. 정보기술 보급의 저변 확대는 정보인구를 그 만큼 증가시킬 것이며, 정보인구의 증대는 다시금 정보기술 보급을 촉진할 것이다. 또한 정보인구의 증가는 정보수요를 늘릴 것이고 정보수요는 정보인구의 증가를 촉진하게 될 것이다. 이들 두 개의 루프가 양의 극성을 가지고 상호작용 속에서 무한히 증대되어 가는 속성은 이들의 상위 루프(LOOP-1)이 갖고 있는 속성과 물론 같은 것이다.

그렇다면 정보화의 진행과정은 확대 재생산적인 변화의 유형을 지속적으로 나타낼 것인가? 이에 대한 해답은 LOOP-2에서 일차적으로 설명될 수 있으며, 좀더 구체적으로는 LOOP-2가 포함하고 있는 하위 시스템, 즉 LOOP-4와 LOOP-5의 역학관계로 설명될 수 있다.

LOOP-2는 정보수요 사이클을 나타내는 것으로서, 정보화 수준을 총체적으로 대변하는 ‘정보인구’와 ‘정보획득비용’간의 상호 역학적 관계를 보이고 있다. 이 피드-백 루프는 정보인구가 늘어나게 되면 정보 획득 비용이 그 만큼 증가하게 되고, 정보 비용이 증대되면 정보인구의 증가를 억제하는 효과

를 낮게 되는 음극성(negative polarity)을 갖고 있다. 정보인구가 많아지게 되면 정보획득 비용이 상승하게 되는데, 그 이유는 정보시스템 접속 지연, 재화로서의 정보의 변화, 정보 수요와 공급에 따른 가격구조의 변화 등 많은 요소들이 개입될 수 있기 때문이다. 이렇듯 정보 획득 비용의 상승은 결국 정보인구의 증가를 억제하는 효과를 낳게 되는데, 이에 대한 역학구도는 LOOP-4와 LOOP-5에 제시되어 있다. 이 피드-백 루프가 음극성을 띄게 하는 주 요소는 정보획득 비용뿐만 아니라 기존 가치체계 속에서의 기득권 세력이 보일 수 있는 저항도 함께 작용할 수 있으나, 본 연구에서는 이러한 비가시적 요소는 고려하지 않았다.

음극성을 갖는 피드-백 루프의 특성은 일정한 수준으로 수렴하는 형태를 보인다. 양극성 피드-백 루프가 지수함수적인 특성을 갖고 있는데 반해 음극성 피드-백 루프는 아래의 [그림 5]와 같이 로그함수적 형태 유형을 보이게 된다. 이러한 특성 때문에 음극성 시스템은 '목표 지향적 피드-백(goal seeking feedback)', '안정화 피드-백(stabilizing feedback)', 또는 '자가억제 피드-백(self-restraining feedback)' 시스템이라고도 부른다.



[그림 5] 음극성 피드-백 루프의 변화 유형

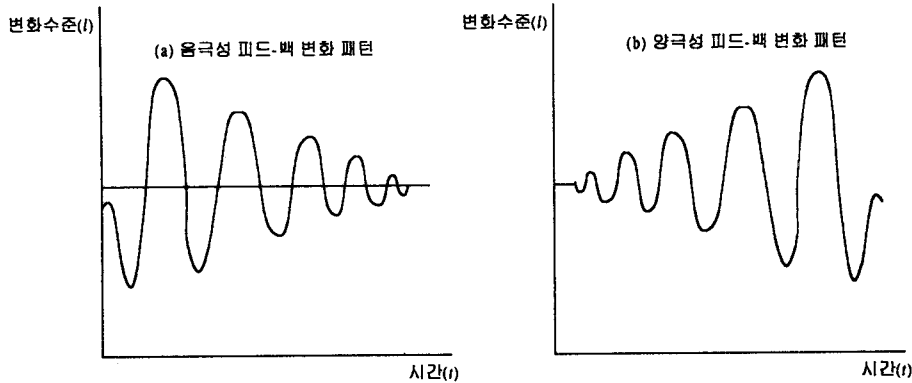
여기서 자가억제적 변화란 시간당 변화율의 절대값이 시간이 경과함에 따라 점차 감소하여 영(零)에 수렴하는 현상을 말한다. 가령, 증가할 경우는 더욱 작게 증가하고, 감소의 경우 역시 시간이 흐름에 따라 감소율이 더욱 작아지게 된다. 이러한 음극성을 갖는 피드-백 루프의 변화는 시점 t_k 에서의 접선의

기울기로 나타나는 변화율, 즉 변화속도 보다는 t_{k+1} 에서의 변화속도보다 더 작아지는 현상을 나타내어 결국 일정 수준에 수렴하는 현상을 보이게 된다. 이를 수학적으로 해석할 때, 자가확대 변화의 유형은 로그함수 곡선으로 나타나게 되며 각 시점에서 접선의 기울기로 나타나는 변화율의 절대치는 시간이 흐를수록 0에 이르게 됨을 의미한다.

정보인구 증가의 정체현상을 빚을 수 있는 또한 가지 중요한 요인으로 정보 마인드성숙에 걸리는 시간적 지연요인(delay)을 들 수 있다. 앞서 논의한 대로 정보화는 보급되는 정보기술의 성숙도와 이를 수용하는 사람(혹은) 사회의 성숙도에 의해 결정된다. 그러나 지금까지의 현상으로 보거나, 양대 영역의 속성으로 보건대, 사회의 인식 등 정보수요를 결정짓는 정보마인드의 성숙은 정보기술의 발전 속도보다 늦게 마련이다. '경험적 재화(experience goods)'라는 정보의 속성으로 비추어 볼 때 정보마인드의 성숙은 지속적인 교육과 계몽, 그리고 경험에 의해 스스로 그 가치가 체득될 때라야 비로소 정보수요가 발생하게 된다.[3] 이러한 지연요인이 개입될 경우의 피드-백 루프는 아래의 [그림 6]과 같이 파동을 그리는 변화의 패턴을 나타내게 된다.

이 그림에서 (a)는 음극성 피드-백 루프의 일반적인 변화를 보인 것이고, (b)는 양극성 피드-백 루프의 일반적 변화를 보인 것이다. 지연이 개입된 음극성 피드-백 루프는 파동을 보이면서 일정 수준에 수렴하고 있는 반면에, 양극성 피드-백 루프는 파동의 진폭이 지속적으로 확대되면서 시스템이 매우 불안정한 상태를 나타내고 있다. 그러나 지연이 개입된 양극성 피드-백의 행동 패턴은 타협과 조정을 통해 안정적인 균형점으로 이행하고자 하는 사회의 모든 일반적인 현상을 고려할 때, 단기적으로는 발생될 수 있을 수 있으나 중장기적으로는 발생하지 않는 것이다.

이상에서 논의한 바와 같이 정보화 확산 시스템은 양의 극성을 갖는 두 개의 피드-백 루프 (LOOP-3, LOOP-4)와 한 개의 음극성 피드-백 루프 (LOOP-5)로 구성되어 있다. 현재 진행되고 정보화 확산과정을 볼 때, 정보기술의 주도력이 사회적 수요를 이끌어가고 있다. 따라서 이러한 현상은



[그림 6] 지연이 개입된 피드-백 루프 변화 패턴의 전형

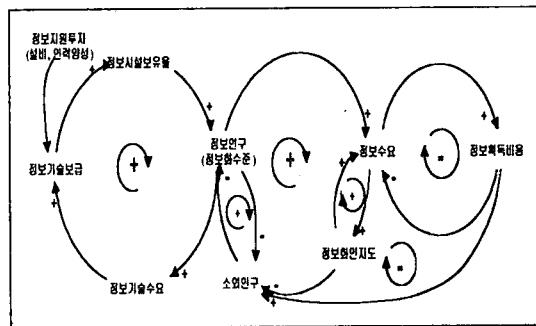
LOOP-3과 LOOP-4로 구성된 양극성 피드-백 시스템이 전체에 주도적인 영향을 끼치고 있는 것으로 해석될 수 있다. 기초자료 분석에서도 확인되었지만, 정보기술 보급은 지수함수적 성장을 지속하면서 정보화를 주도하고 있다. 그러나 성장의 임계점에 이르면 자가억제적인 사회 건인적 수요요인이 발생하면서 성장의 둔화 현상이 나타나게 될 것이다. [그림 3]의 인과관계도로 설명할 때, LOOP-4와 LOOP-5로 구성된 음극성 피드-백 루프의 영향력이 증대되면서 전체시스템의 성장을 둔화시키면서 성장의 한계를 보이게 될 것이다. '성장의 한계'란 문자 그대로 시스템에는 일반적으로 성장을 지속할 수 없는 피드백 구조, 즉 음의 극성을 갖는 피드-백 루프가 존재한다는 의미이다.

정보화 확산과 이러한 성장의 한계는 결국 정보화가 S-커브(logistic curve)를 그리면서 진행된다는 것을 의미하며, 시스템 사고에 입각한 이러한 추론은 정보화 진행곡선의 일반적인 형태와 부합되는 것이다.²⁾

2) 정보화 확산 초기단계에는 양극성을 갖는 기술주도 루프가 이 시스템에서 지배적 영향력을 갖으며 공급 중심 규모의 경제(economies of scale on supply side)가 한계에 이르는 상황에 이르면 네트워크의 외부성으로 대표되는 수요중심 규모의 경제(economies of scale on demand side)가 이 시스템의 주 영향 요소로 작용하게 되면서 성장의 한계를 보일 것으로 추정되었다. 사회 정보화의 이러한 진행과정은 전반적으로 보건대, 전형적인 성장 패턴인 로지스틱 곡선(logistic curve)을 나타낸다는 지금까지의 정보화 진행과정의

2) 정보화 확산의 인과관계도

이상에서 살펴본 정보기술의 공급 주도력에 의한 자가확대적인 피드-백 루프와 사회적 수요 건인력에 의한 자가억제적인 피드-백 루프가 상호 작용하는 푸쉬-풀 패러다임 하에서의 통합된 정보화 확산 모형을 개념적으로 도식화하면 [그림 7]과 같이 표현될 수 있다.



[그림 7] 정보화 확산의 통합 모형

만약 정보기술의 공급 주도력이 사회적 수요의 건인력을 압도할 경우는 정보화 초기 상당기간 동안은 자가확대 일로를 걷게 되겠지만, 사회적 수요의 건인력이 우세할 경우는 조기에 성장을 멈추고 일정 수준에 수렴하는 현상을 나타낼 것이다. 또한

정설을 다시금 시스템 사고의 측면에서 확인한 것이다.

주도력과 견인력이 서로 비슷할 경우에는 파동을 그리면서 정보화는 진행될 것이다. 그러나 정보기술의 혁신이 정보수요를 주도하는 지금까지의 사회적 현상으로 볼 때 일단 자가 확대적인 성장을 하리라는 것이 현 시점에서의 판단이다.

물론 이러한 정보화 진행 메커니즘은 한 지역이나 국가에 모두 적용되는 범용성(*generic*)을 지니고 있다. 우리가 알고자 하는 일차적인 것은 국가 전체나 각 지역별로 어느 정도의 시간이 경과한 후에 사회 정보화가 일정 수준으로 수렴할 것인가, 그리고 그 수준은 어느 정도에서 정체 현상을 나타내게 될 것인가 하는 점이다. 이에 대한 답을 얻기 위해서 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 방식을 채택하였다.

4. 시스템 다이내믹스를 이용한 개념적 모델

1) 개요

시스템 다이내믹스(*System Dynamics*) 개념은 1956년 미국 MIT대학의 Jay W. Forrester 교수에 의해 본격적으로 도입된 이후 상당히 광범위한 영역에 걸쳐 시뮬레이션 기법으로 활용되고 있다. 시스템 다이내믹스는 모두 현상들을 원인과 결과의 흐름으로 파악하고 그 흐름의 순환을 규명하여 시뮬레이션을 통해 대상 시스템의 추이와 향후 현상을 사전에 알아보는 개념적 도구이다. 모든 사회적 현상은 많은 인과적 요소들이 상호 맞물려 작용하고 있으며, 요소간 상호작용 속에는 영향도(*magnitude, amplification*), 시간적 지연(*time lag*), 피드-백(*feedback*) 등이 존재한다. 여기서 결과로 인식되는 현상은 수준(*level* 혹은 *stock*)으로, 현상을 낳게 한 원인은 단위 시간당 유입·유출량(*inflow & outflow rate*)으로 해석되며, 이들간의 수학적 상호관련성은 적분과 미분의 관계로 나타내어진다.

시스템 다이내믹스의 핵심은 결국 시스템 내에서 상호 작용하는 이들 요소간의 피드백 메커니즘을 수리적으로 해석하고 있다는 점이다. 이해를 돕기 위하여 이러한 피드백 시스템 요소들을 간략히 소개하면 다음과 같다.

● 변수(*variables*) : 해당 시스템을 구성하는 핵

심 요소로서 시간이 경과함에 따라 변화하는 변량이다.

-변화율 변수(*Rate Variable*) : 수준 변수(*Level Variable*)에 영향을 주는 요소로서 수준을 증가시키는 유입율(*inflow rate*)과 수준을 감소시키는 유출율(*outflow rate*) 등 두 가지 형태로 구분되며, 이들은 곧 의사결정 변수에 해당한다.³⁾ 따라서 시스템의 동태적 특성을 결정짓는 것은 바로 변화율 변수라 할 수 있으며, 따라서 시스템 다이내믹스 모델링의 핵심은 변화율 변수의 구성에 있다고 하여도 과언이 아니다.

변화율 변수는 자가확대에 관한 변화율, 자가감소에 관한 변화율, 목표 지향적 변화율, 보조변수의 영향을 받는 변화율, 복합적 요인의 합으로 나타나는 변화율, 복합적 요인의 곱으로 나타나는 변화율 등 대략 여섯 가지 유형으로 나뉘어진다.[4]

·자가확대에 관한 변화율 : (수준변수 x 수준변수 한 단위당 평균 확대율)

·자가감소에 관한 변화율 : 수준 변수 / 지속기간

·목표 지향적 변화율 : (목표 수준 - 수준 변수) / 조정기간

·보조 변수의 영향을 받는 변화율 : (수준 변수 x 보조 변수) / 보조 변수 혹은 (수준 변수 x 수준 변수) / 보조 변수

·복합적 요인의 합으로 나타나는 변화율 : 여러 가지 요인들이 동시에 수준 변수를 증가시키거나 감소시키는 경우, 이들 요인이 상호 독립적으로 수준 변수에 작용할 때 요인들을 합하는 방식으로 표현된다.

·복합적 요인의 곱으로 나타나는 변화율 : 여러 가지 요인들이 동시에 수준 변수를 증가시키거나 감소시키는 경우, 이들 요인이 상호 의존적으로 수준 변수에 작용할 때 요인들을 곱하는 방식으로 표현된다. 이 때에는 요인들을 주 요인과 보완 요인을 분리하는 것이 바람직하며, 일반적으로 보완적 요인 변수의 값을 0에서 1까지의 범위 내로 한정시킨 후, 적절한 값을 결정하여 주 요인에 곱하여 변화율 변수의 수식을 구성할 수 있다.

3) 변화율 변수와 아래에서 언급되는 보조 변수에서는 다양한 함수식을 활용하여 변수들간의 관계가 정의된다.

- 수준 변수(Level Variable) : 변화율 변수(Rate Variable) 값의 변화에 따라 연동되는 결과 변수로서 누적량으로 표현된다. 수준 변수는 저장 변수(Stock Variable)라고도 하며, 이는 의사결정 행위, 즉 변화율 변수에 의해 결정되는 변수이다.

따라서 변화율 변수와 수준 변수간에는 다음과 같이 미분과 적분의 관계에 있다. 즉, 변화율 변수 R을 일정 시간대($t_j \sim t_k$)에 적분하면 수준 l_k 가 결정되며, 시점 t 에서의 수준 변수를 미분하면 그 시점에서의 변화율이 된다.

$$\int_t R = L, \quad \frac{dL}{dt} = R$$

정보화 촉진요소와 저해요소는 Rate 변수로서 이들이 계량화 될 경우 각각 inflow rate와 outflow rate가 되며, 정보화 수준은 바로 이러한 요소들에 의해 그 값이 결정되는 Level 변수가 되는 것이다.

- 보조(Aux) 변수 : 목표수준 등 설정치로서의 사결정, 즉 변화율 변수 값의 변화에 영향을 끼치는 변수를 말한다.

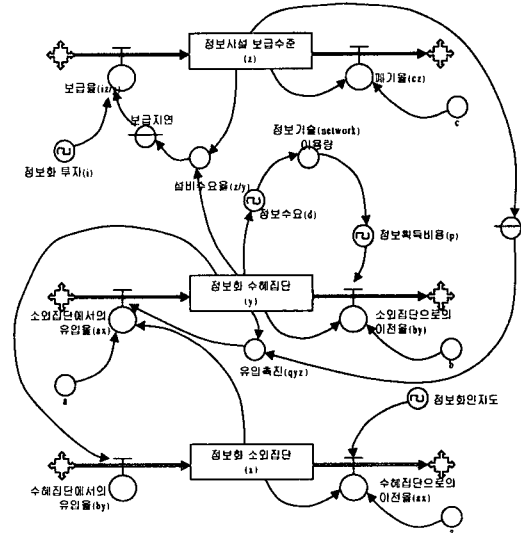
- 기타 변수 : 피드-백 시스템 외부에서 도입되는 변수로 시스템 내부에 존재하는 변수들에 의해서는 영향을 받지 않는 외생(exogenous)변수와 시스템 내부의 요소들과 상호 영향을 주고받는 내생(endogenous)변수가 있을 수 있다.

이상에서 논의한 각 변수들과 기타 시스템 다이내믹스 모델에 적용되는 도식체계를 요약하면 아래의 표와 같다.

도 식	설 명
	수준 변수(level, stock variable)
	변화율 변수(rate, flow variable)
	보조 변수(auxiliary variable) 혹은 상수(constant)
	그래프 함수로 표현되는 보조 변수
	물질의 흐름(physical flow)
	정보의 흐름(informational flow)
	기점(source) 혹은 종점(sink)

2) 정보화 확산 모델

이상에서 본 도식화 기법을 활용하여 각 변수적 요소들을 수준과 변화율, 보조 상수 및 변수 등으로 구분하여 [그림 7]을 시스템 다이내믹스 모델로 나타내면 다음의 [그림 8]과 같다.



[그림 8] 정보화 확산의 시스템 다이내믹스 모델

5. 시스템 시뮬레이션 시행 및 결과

1) 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 모델 수립

앞서 논의한 푸시-풀 패러다임 하에서 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 모델을 수립하기 위해서는 정보기술 주도의 푸시 분야에 관한 기초자료와 이를 토대로 한 준거모드(reference mode)의 설정이 필요하다. 본 소고에서는 정보시설 보급 및 정보서비스 이용도, 정보기기 산업규모, 각 자치단체의 정보화 사업투자 등에 관한 자료와 정보화 소외집단의 규모를 산정하여 시뮬레이션 모델의 초기 값으로 활용하였다. 여기서 정보화 소외집단의 규모는 지역별 인구(15세 이상)에 설문을 통해 얻은 PC이용 경험이 없는 집단의 구성비를 반영하여 산출하였다.

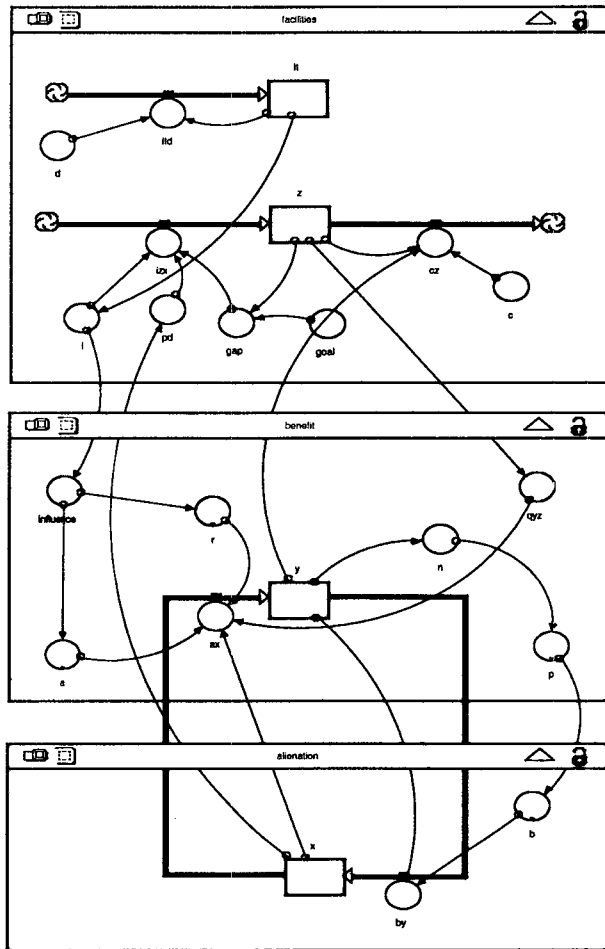
시스템 다이내믹스 모델 수립을 위해 도식화 기법을 검토한 후, 다음과 같은 단계를 거쳐 개념적

모델을 만들었다. 제일 먼저 인과관계도에 나타나 있는 변수(요소)들을 수준 변수, 변화율변수, 보조변수 및 상수 등으로 분류하고, 문제의 가장 핵심이 되는 지배요소(*dominance factor*), 즉 정보화 수준에 해당하는 '정보화 수혜집단'을 중심으로 모델을 단계적으로 확대하였다. 정보화 수준을 지표 형식으로 계량화하기보다는 특정 지역의 주민 전체를 정보화 수혜집단과 소외집단으로 대별하고 전체주민 대비 수혜집단의 크기를 정보화 수준으로 규정하여, 수혜집단과 소외집단의 상호관계를 시스템 다이내믹스 모델로 도식화하였다. 이를 중심으로 사회적 수요전인력에 의한 자가억제를 보이는 피드백 루프와, 그 다음으로 기술주도력에 의한 자가확대를 보이는 피드-백 루프를 차례로 모델화 함으로서 푸쉬-풀 패러다임 하에서 개념화된 정보화 확산에 관한 인과관계도를 시스템 다이내믹스 도식기법을 활용하여 시뮬레이션 모델 수립에 필요한 기본 틀을 완성하였다.

시스템 다이내믹스 시뮬레이션 모델을 수립하기 위하여 STELLA 소프트웨어를 사용하였다. 우선 일차적으로 [그림 8]에 제시되어 있는 정보화 확산의 인과모형을 토대로 컴퓨터 시뮬레이션 초기 모델을 아래의 [그림 9]와 같이 구축하였다. 그후 일차 시행을 거쳐 초기 결과를 각 지역별로 얻은 후 이를 토대로 모델 수정을 거쳐 2차 시행을 통해 정보화 확산의 변화를 살펴보았다.

다음의 시뮬레이션 코드는 현재의 각 지역별 현황을 토대로 향후 15년간의 정보화 진행 패턴을 시뮬레이션 하기 위한 것이다. 현 상태가 매년 지속될 경우를 상정하여 지속적인 변화를 살펴보고자 하는 초기 시뮬레이션 프로그램이다.

또 한가지 반드시 언급하고 넘어가야 할 사항은 *level* 변수 및 *rate* 변수의 초기값은 실제 자료를 근거로 한 것이다. *Rate* 변수 *b*, *a*, *p*, *r*에 대해 GRAPH 함수를 이용하고 있는데 이는 지금까지



[그림 9] 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 초기 모델

본 연구에서 얻어낸 준거모드(*reference mode*)들을 반영하기 위함이다. 예컨대, 소외집단에서 수혜집단으로의 유입율을 나타내는 변수 *a*와 인지도 *r*은 정보기술 활용에 대한 학습곡선을 따랐으며, 변수 *p*는 통신망의 외부성의 전형인 로지스틱 곡선을 준거모드로 하여 이들을 반영하기 위해 GRAPH 함수를 이용하였다.

초기 시뮬레이션 모델 시행으로부터 얻은 결과를 분석하여 민감도 분석을 위한 2차 시행을 위한 예시로서 연간 10%씩 매년 정보기술 투자를 증가시켜나갈 경우를 상정하여 이를 시뮬레이션 모델에 반영하였다.

[SD 시뮬레이션 초기 모델 프로그램 코드]

* 변수의 정의	(60.0, 51.0), (70.0, 39.5), (80.0, 34.5),
z : 정보기술 보급수준	(90.0, 32.5), (100, 32.5)
izx : 보급율	
i : 정보화사업 투자율	benefit
pd : 정보기술 보급지연	$y(t) = y(t - dt) + (ax - by) * dt$
goal : 정보기술 보급목표치(100)	
cz : 정보기술 폐기율 (연간 약 1%)	INIT y = 32.63
influence : 정보화 투자의 영향력	INFLOWS:
r : 정보서비스 인지도	ax = x*(a+qyz)+r
a : 수혜인구 유입율	
ax : 수혜인구 유입량	OUTFLOWS:
y : 정보화 수혜집단	by (IN SECTOR: alienation)
n : 네트워크 가치	influence = i*0.2
p : 정보획득비용	n = y*(y-1)
qyz : 유입 촉진율	qyz = SMTH3(z,2)
x : 정보화 소외집단	
by : 소외유입	a = GRAPH(influence)
b : 소외율	(0.00, 0.5), (10.0, 2.50), (20.0, 4.50),
	(30.0, 7.50), (40.0, 13.0), (50.0, 22.0),
	(60.0, 45.5), (70.0, 80.5), (80.0, 92.0),
	(90.0, 98.0), (100, 99.5)
alienation	
$x(t) = x(t - dt) + (by - ax) * dt$	p = GRAPH(n)
	(0.00, 1.50), (10.0, 3.00), (20.0, 5.00),
	(30.0, 9.00), (40.0, 16.0), (50.0, 27.5),
INIT x = 67.37	(60.0, 48.5), (70.0, 83.5), (80.0, 96.0),
	(90.0, 99.0), (100, 100)
INFLOWS:	
by = y*b	r = GRAPH(influence)
	(0.00, 2.00), (10.0, 3.00), (20.0, 6.00), (30.0, 10.0),
OUTFLOWS:	(40.0, 13.5), (50.0, 23.5),
ax (IN SECTOR: benefit)	(60.0, 45.0), (70.0, 83.5), (80.0, 91.0), (90.0, 98.0),
	(100, 99.5)
b = GRAPH(p)	
(0.00, 1.00), (10.0, 5.00), (20.0, 13.5), (30.0,	
29.0), (40.0, 49.5), (50.0, 57.0),	

```

facilities

it(t) = it(t - dt) + (itd) * dt

INIT it = 1

INFLOWS:
itd = it*d
z(t) = z(t - dt) + (izx - cz) * dt

INIT z = 3.05

INFLOWS:
izx = i*MIN(50,gap)/pd

OUTFLOWS:
cz = z*y*c
c = 0.01
d = 0.1
gap = goal-z
goal = 100
i = 20.4*it
pd = SMTH3(x,2)

Not in a sector

```

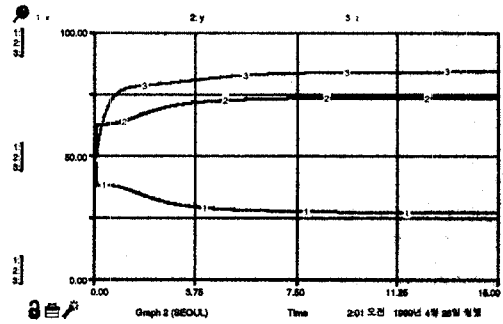
2) 시뮬레이션 시행결과

전국 16개 광역시·도 각각에 대해 시뮬레이션을 시행하여 정보화 진행 패턴을 살펴보았다. 그러나 소고에서는 서울과 부산, 대구, 인천, 광주, 대전 등 5대 광역시와 광역시가 포함되지 않은 충북, 강원, 전북 등 3개 도에 대한 시뮬레이션 결과만을 제시하기로 한다.

다음에 보이는 각 그림은 광역시·도별로 현재부터 향후 15년간 현 상태가 지속될 경우의 정보화 진행패턴과 연간 10%씩 정보화 투자를 늘려갈 때의 변화를 나타낸 것이다. 물론 각 지역마다 임계치(critical mass, critical value)가 다르겠지만 여기서는 편의상 매년 10%씩 증액 투자할 경우를

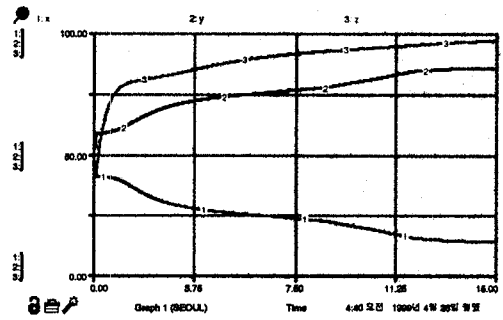
상정하여 정보화 진행의 추이 변화를 살펴보았다

(1) 서울 (현 상태 유지)

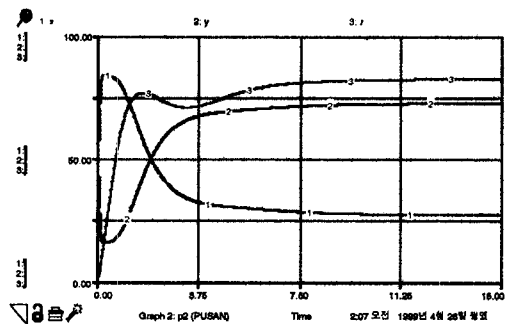


- (주) 1 : 소외집단의 변화 행태 (behavior)
- 2 : 수혜집단의 변화 행태 (behavior)
- 3 : IT 수준 변화 행태 (behavior)

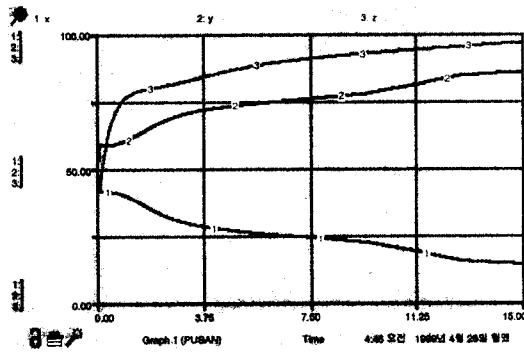
(매년 10% 증가시)



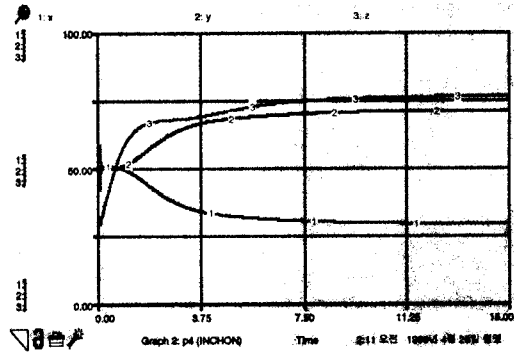
(2) 부산 (현 상태 유지)



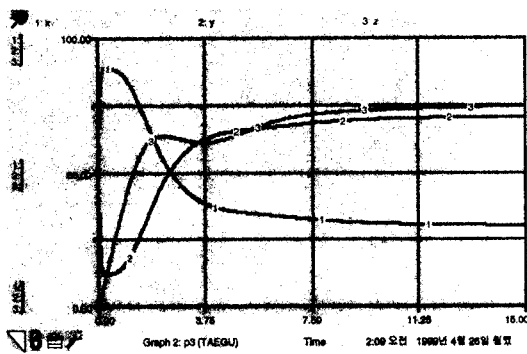
(매년 10% 증가시)



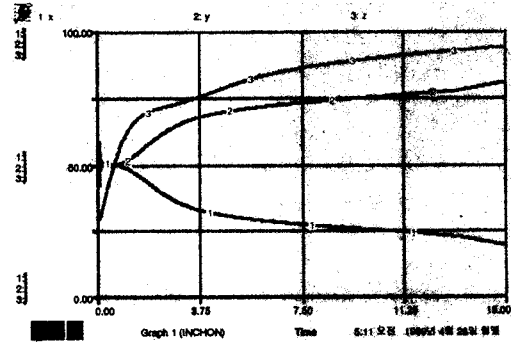
(4) 인천 (현재)



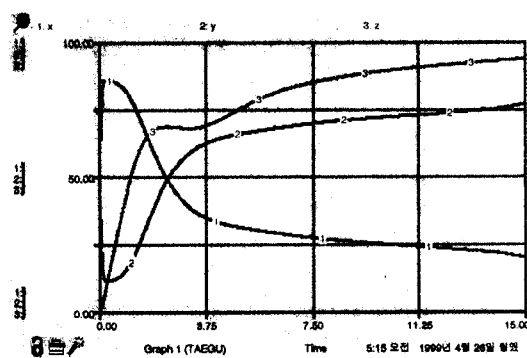
(3) 대구 (현 상태 유지)



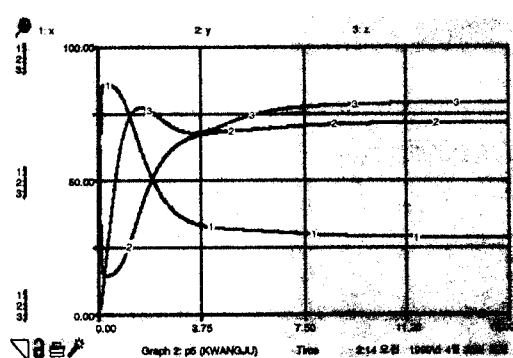
(매년 10% 증가시)



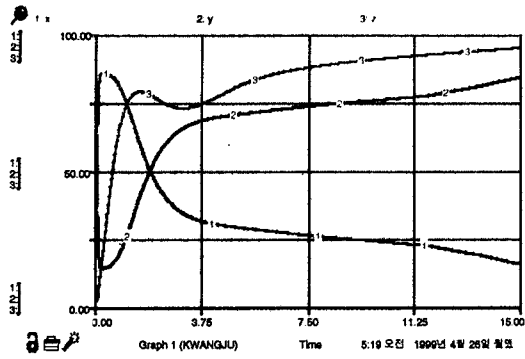
(매년 10% 증가시)



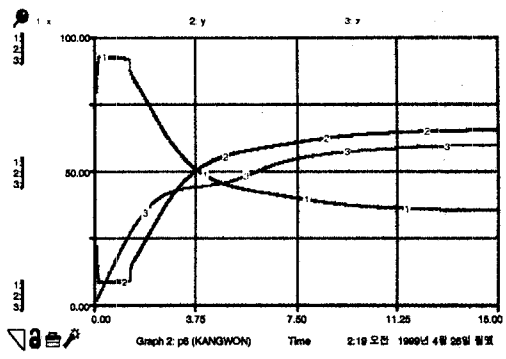
(5) 광주 (현 상태 유지)



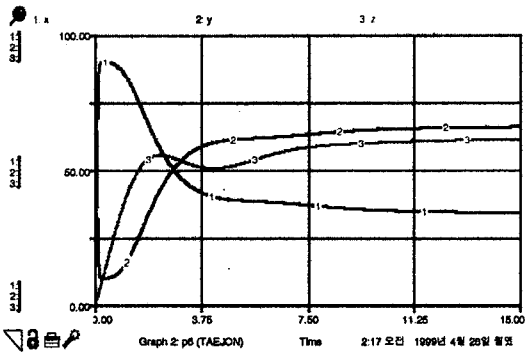
(매년 10% 증가시)



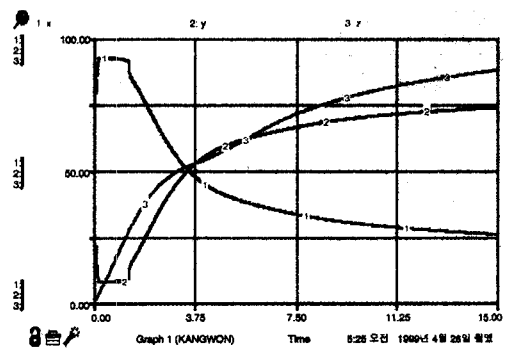
(7) 강원 (현 상태 유지)



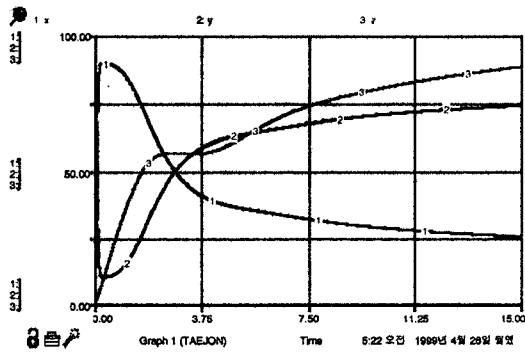
(6) 대전 (현 상태 유지)



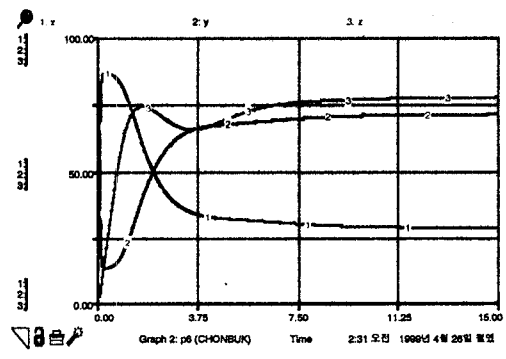
(매년 10% 증가시)



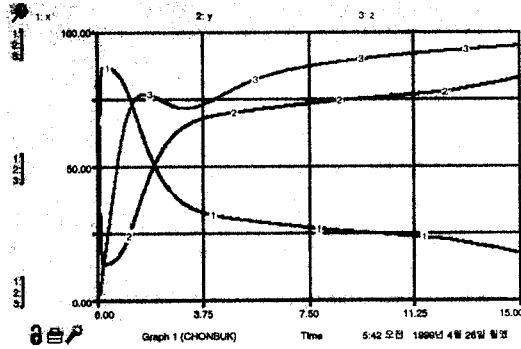
(매년 10% 증가시)



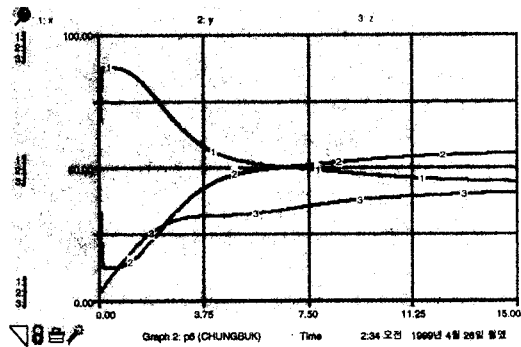
(8) 전북 (현 상태 유지)



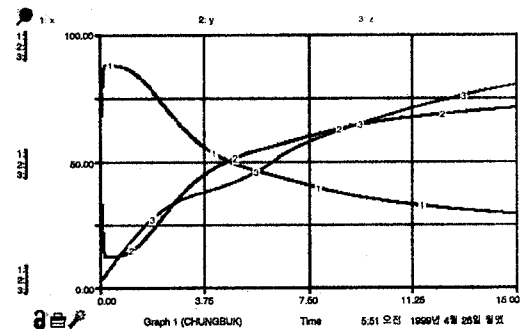
(매년 10% 증가시)



(9) 충북 (현 상태 유지)



(매년 10% 증가시)



6. 결론 및 향후 연구방향

본 연구는 Push-Pull 패러다임하에서 시스템 역학 시뮬레이션 모형을 도출하여 지역별 정보화 진행 특성에 부합되는 정보화 촉진정책 수립에 근거를 마련하고자 하였다. 시뮬레이션 시행을 통해 정보화 진행 속도 및 정보화 수준을 한눈에 볼 수 있게 함으로서, 현 단계에서 정보화 진행상의 특성과 다음단계에 대한 예측을 통해 관리상의 제반문제에 대한 사전 대책을 마련할 수 있는 수단을 제공하고자 한 것이다.

또한 지역정보화 부문에 대한 연구가 체계적으로 이루어지지 못하고 있는 현 상황에서 본 연구는 새로운 시각과 기법으로 향후 동 분야의 연구가 나아가야 할 방향을 제시하게 될 뿐만 아니라, 지역정보화가 하나의 학문적인 영역으로 자리잡는 데에 결정적인 기여를 하게 될 것으로 기대한다. 본 연구에서 지역정보화 정책수립 지원을 위해 도입된 새로운 시도를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 단편적인 지표설정방식에서부터 탈피하여 정보화의 전반적인 진행 메커니즘을 파악, 이를 시뮬레이션 할 수 있는 방법론을 제시하였다. 둘째, 사회적 관점에서 볼 때 정보화 촉진 정책 수립에 대한 중대한 영향 요인들을 추출하고 이를 기초로 하여 정보수요지수를 산출하는 과정을 보였다. 셋째, 정보화 수준에 관한 실태조사는 영역별, 부문별로 조사대상사에 대한 무차별적 분석이 시행되었으나, 본 연구에서는 무작위 표본을 정보화의 수혜집단과 소외집단으로 분류하여 각 집단의 인구·사회학적 변인별 특성의 차이를 살펴보았다.

이상에서 언급한 바와 같이 본 연구는 기존의 연구가 시도하지 못했던 세 가지의 새로운 접근을 통해 정보화 촉진정책 수립에 참고가 될 수 있는 기틀을 마련하고자 하였다. 인과관계모형을 통한 정보화 확산과정의 시스템 시뮬레이션 시행, 정보수요지수의 산정 방식 모색 등 두 가지는, 비록 이용된 자료의 신뢰성과 모델의 제약 등으로 인해 아직은 그 결과가 정책 수립과 직결될 수는 없겠지만, 학술적으로는 지역정보화 부문에 새로운 이론적 접근을 가능하게 하였다고 본다. 또한 조사의 대상을 정보화 수혜집단과 소외집단으로 나누어 살펴 본 결과는 정책 수립에 참고가 될 수 있을

것이다. 정보화라는 것은 결국 '소외집단을 수혜집단으로의 편입과정'으로 볼 수 있을 것이다. 따라서 이들 소외집단에 대한 행태 및 의식을 면밀히 분석한다는 것은 매우 의미있는 일일 것이다.

이상에서 언급한 연구의 기여에도 불구하고, 본 연구는 나름대로의 한계를 가지고 있다. 첫째, 시스템 다이내믹스 개념에 입각한 시뮬레이션 모델이 너무 추상적이고 거시적이며, 또한 모델에 포함된 요소들이 제한되어 있어 현 단계에서는 실용적 가치가 없음을 인정할 수밖에 없다. 물론 이 부분에 관해서는 당초 설정되었던 본 연구의 범주를 벗어나는 것이었기 때문에 새로운 시도 그 자체로 만족할 수밖에 없다. 그러나 향후의 연구에서는 사회 정보화 진행메커니즘을 좀더 면밀히 분석하여 인과관계 모형 수립에서부터 시뮬레이션 모델에 이르는 전 과정을 재검토하고자 한다.

둘째, 정보수요지수에 관해서는 이미 정보문화센터에서 일차 시도한 바 있으나, 이를 좀더 확대한 수준에 불과하다는 점이다. 정보수요를 측정할 수 있는 변수를 좀더 과학적으로 추출하여 지표의 정확성을 기할 필요가 있으며, 푸시-풀 패러다임에 근거한 수요(저해, 지연) 측면과 공급(촉진) 측면을 서로 연계한 종합적인 지표 설정도 매우 중요한 사항이다. 앞서 논의한 바 있듯이, 한국전산원 등 우리 나라의 대표적인 정보화 정책 수립기관에서 내 놓은 정보화지표가 주로 공급 측면을 강조한 인상이 짙다면, 본 연구의 접근은 수요 측면에 집중되어 있다고 평가할 수 있다. 그 어느 한쪽도 정보화 수준을 가늠할 수 있는 완벽한 것은 결코 될 수 없으며, 양쪽이 함께 고려된 지표 설정이 가능할 때 보다 포괄적인 정보화지표가 마련될 수 있을 것이다. 따라서 향후에는 수요와 공급 혹은 저해(지연) 요인과 촉진요인들을 상호 결부지어 하나의 지표로 통합하는 방법론을 마련할 필요가 있다.

셋째, 정보화 소외집단을 추출하는 과정이 너무 단순하다는 점을 인정하지 않을 수 없다. 본 연구에서는 가정용(개인용) 컴퓨터의 이용여부 및 보유유무를 기준으로 1차 소외집단을 추출하였으며, PC는 이용하고 있으나, 이를 단말로 한 통신(PC 통신 및 인터넷)을 해 본 경험이 없는 집단을 2차 소외집단으로 규정하고 있다. 그러나 정보화 소외

집단을 이렇듯 단순한 기준만으로 추출해 내는 데에는 한계가 있을 수밖에 없다. 따라서 소외집단을 좀더 명확히 정의하고 이를 규명할 수 있는 요소들을 찾아내는 시도가 추가되어야 할 것이다.

마지막으로 본 연구를 수행하는 과정에서 가장 어려웠던 점은 추출된 각 요소별 자료의 입수가 매우 어려웠다는 것이다. 특히 영역별, 요소별로 과거부터 지금까지의 시계열 자료는 거의 입수할 수 없었으며, 그나마 입수된 자료들도 중앙의 관점에서 처리한 것들이라, 각 지역에 대한 세부적인 내용을 알 수가 없었다. 본 연구의 결정적인 한계는 결국 방법론에 대한 문제에 기인하기보다는 이용된 자료의 한계로 결론지을 수 있다.

참고문헌

- [1] 한국전산원, 『'95국가정보화백서』, 1995, pp.641-645.
 _____, 『'96국가정보화백서』, 1996, pp.700-704
- [2] Zmud, R.W., Boynton, A.C., & Jacobs, C.G., "An Examination of Managerial Strategies for Increasing Information Technology Penetration in Organizations," *Proc. of the 8th Int. Conf. on Information Systems(ICIS)*, Dec. 6-9, 1987.
- [3] Shapiro C. & H.R. Varian, *Information Rules*, Havard Business School Press, Boston, 1998 p.5.
- [4] Richardson, G.P. & D.L. Pugh, *Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO*, Cambridge, MA, The MIT Press, 1981.
- [5] Forrester, Jay W., "System Dynamics, Systems Thinking, and Soft OR," *Systems Dynamics Review*, Summer 1994, Vol. 10, No.2.