

인력 수급 계획 수립을 위한 시스템 다이내믹스의 활용

- UIT 도입에 따른 정보 보호 환경 변화를 중심으로 -

박 상 현

(충북대학교 경영정보학과 박사과정)

연 승 준

(충북대학교 경영정보학과 박사과정)

김 상 욱

(충북대학교 경영정보학과 교수)

Abstract

한 산업에서 인력 수급을 전망하는 것은 인력의 수요자인 기업의 측면에서는 안정적인 인력 확보 전략을 수립하기 위해서, 공급자인 산업 종사자들에게 있어서는 자신들이 앞으로 진출해야 할 산업의 매력도를 파악하기 위해서, 그리고 정부 차원에서는 관련 산업에 있어서 중복 투자의 방지와 효율적이고 균형된 산업 발전을 위한 정책 수립을 위해서 매우 중요하다. 그러나 이러한 인력 수급 전망들은 종종 잘못된 시장 분석으로 인하여 인력의 과소 공급 또는 과잉 공급이라는 의도하지 않은 결과를 가져오는 경우가 있다. 이는 전체적인 시각에서 시장의 구조적 특성을 분석하기 보다는 현상을 조사하는 수준에 머물거나 현재의 상황 또는 단일 산업만을 고려할 뿐 시간의 흐름에 따른 동태적 변화와 지연된 피드백의 효과, 그리고 관련 산업간의 유기적 연관관계를 반영하지 못한 채 단기적이고 단선적인 관점에서 인력 수급을 전망하는데 그 원인이 있다고 볼 수 있다. 특히, 다른 산업과의 연관 관계가 복잡하고 인력의 수요의 급증에도 불구하고 산업에서 요구하는 인력을 양성하기까지 많은 시간이 소요되는 첨단 산업 및 신생 산업에서의 경우 이러한 현상은 더욱 두드러지게 나타날 수 있다.

이러한 관점에서 본 논문은 변수간의 상호 동태적인 관계와 시간의 흐름에 따른 행태를 분석하는 데 용이한 SD 방법론에 기초하여 최근 빠르게 성장하고 있는 정보보호산업에서의 동태적인 인력 수급 모델을 구현하여 향후 국내 정보 보호 인력의 수급 행태가 어떻게 전개될 것인지를 분석해 보았으며 이를 통하여 동태적 시각에서 인력 수급 불균형 현상의 원인을 파악하고 문제 해결을 위한 대안을 제시하고자 한다.

Keywords : 인력 수급, 정보 보호, 유비쿼터스 컴퓨팅, 시스템 다이내믹스

I. 서론

한 산업에서 인력 수급을 전망하는 것은 인력의 수요자인 기업의 측면에서는 안정적인 인력 확보 전략을 수립하기 위해서, 공급자인 산업 종사자들에게 있어서는 자신들이 앞으로 진출해야 할 산업의 매력도를 파악하기 위해서, 그리고 정부 차원에서는 관련 산업에 있어서 중복 투자의 방지와 효율적이고 균형된 산업 발전을 위한 정책 수립을 위해서 매우 중요하다. 그러나 이러한 인력 수급 전망들은 종종 잘못된 시장 분석으로 인하여 인력의 과소 공급 또는 과잉 공급이라는 의도하지 않은 결과를 가져오는 경우가 있다. 이는 전체적인 시각에서 시장의 구조적 특성을 분석하기 보다는 현상을 조사하는 수준에 머물거나 현재의 상황 또는 단일 산업만을 고려할 뿐 시간의 흐름에 따른 동태적 변화와 지연된 피드백의 효과, 그리고 관련 산업간의 유기적 연관관계를 반영하지 못한 채 단기적이고 단선적인 관점에서 인력 수급을 전망하는데 그 원인이 있다고 볼 수 있다. 특히, 다른 산업과의 연관 관계가 복잡하고 인력의 수요는 급증하는데 반하여 산업에서 요구하는 인력을 양성하기까지 많은 시간이 소요되는 첨단 산업 및 신생 산업에서의 경우 이러한 현상은 더욱 두드러지게 나타날 수 있다.

미래의 수요와 공급에 대한 가정은 관련 산업에서의 정책 결정에서 필수적이지만 때때로 정책 결정자들은 이러한 의사결정을 미래가 과거 혹은 과거 경향과 비슷할 것이라는 단순한 가정 하에서 수립한다(Lyneis, 2000). 물론 경우에 따라서는 통계적 기법이나 수리적 모델 등을 이용하여 미래 수요와 공급을 추정하기 위한 노력을 기울이기도 하지만 기존의 방법론들이 지니는 근본적인 한계들로 동태적 구조 분석이나 지연된 피드백의 효과를 파악하기에는 여전히 불충분하다. 무엇보다도 잘못 측정된 수요 예측에 기초하여 행해진 행동들은 종종 반대의 결과를 가져온다. 예를 들어 수요의 과소 평가는 주어진 생산 능력에 맞추어 판매가 이루어짐에 따라 자기 성취의 예언을 이끌어 낼 수 있으며(Lyneis, 1980) 수요의 과대 평가는 과용량과 그에 따른 재정적 어려움을 초래할 수도 있다. 이러한 예는 미국의 1970년대에 전기 설비 산업과 1980년대의 석유 산업 그리고 1980년대의 개인 컴퓨터 산업에서도 발견할 수 있으며(Barnett, 1988) 농산물 파동 현상은 작물의 종류만 달라질 뿐 해마나 어김없이 나타나고 있다.

이와 같은 의사결정에 있어 예측의 부정확성과 잠재적 오용으로 인해 많은 시스템 다이내믹스 실행자들은 경영상의 강조점을 예측보다는 이해와 정책 설계로 활용하기를 바라고 있다. Sterman(2000)은 “모델링의 목적은 환경 내에서 문제점들을 예상하고 대응하는 것이 아니라 시스템의 기초를 이루고 있는 구조를 바꿈으로써 문제를 제거하는 것이다.”라고 주장하며 시장 예측과 구조적 분석을 위해 시스템 다이내믹스 모델을 적절하게 사용하는 것

은 여러 측면에서 유용할 수 있음을 시사하고 있다.

본 연구는 이러한 관점에서 급격한 인력 수요의 증가와 수급 불균형이 예상되는 정보보호 인력 수급 정책을 사례로 시스템 다이내믹스 방법론(Forrester 1961; Goodman 1989; Richardson and Pugh 1981; Sterman 2000)에 근거한 인과 모델과 시뮬레이션 모델을 구현하고 인력 수급에 있어 나타날 수 있는 수급 불균형의 현상에 대하여 동태적인 시각에서 그 원인과 대안을 제시하기 위하으로써 인력 수급 계획을 위한 시스템 다이내믹스 활용 방안을 제시해 보고자 시도하였다.

II. 이론적 고찰

1. 선행 연구 방법 검토

인력계획의 목적은 기본적으로 해당 산업에서의 여러 가지 환경요인들(경제환경, 생산/판매 추세, 인력 기술 수준, 정부 규제, 조직의 전통 및 관례, 조직의 인력 관리 정책 등)을 고려하면서 미래 인력의 수요와 공급을 최적으로 일치시키고자 하는 것이다(Lederer, 1987). 이는 궁극적으로 인력의 수요와 공급을 함께 고려하여야 함을 의미하는 것이다.

인력 수요 예측에 관해서는 미래 직무량, 판매 혹은 기타 경제지표 등에 기초한 회귀분석 모델, 델파이 기법 등 여러 가지 모델들이 이미 많이 소개된 바 있으며(Bechet et al, 1987; Milkovich et al, 1972; Gatewood et al, 1983) 인력의 적정 공급은 해당 조직의 경영 전략과 산업 환경 변화, 그리고 그에 따른 인력 관리 목표 등을 수용한 최적화 모델이 제시되었다(Kahalas et al, 1974; Price, 1977; Welling, 1977). 무엇보다도 인력 계획의 주안점은 상충되는 사회, 경제, 조직적 목표와 여러 제약 조건하에서 해당 산업의 미래 인력 수요를 최적으로 충족시키기 위하여 유입(inflow), 저장(stock), 유출(outflow)로 형성되는 전체적인 프로세스에서 수요 인력과 공급 인력을 다각적으로 바라보는 시각이 필요하다.

마코브 분석 기법(Markov Analysis)은 이와 같은 인력 계획의 목적을 달성하기 위한 하나의 효과적인 기법으로서 '60년대 초기부터 개발되어 응용되어 왔다. 마코브 체인(Markov Chain) 분석은 현재의 각 계층별(상태별) 인력 규모는 물론 미래 기간에 있어서의 인력 변동(사직, 해고, 정년 퇴임, 사망 등) 사항에 대해서도 예측을 가능케 한다. 여기서 마코브 체인이란 바로 앞 사건(event)에 의해 발생 확율이 영향을 받는 일련의 사건들을 의미한다. 결국 이러한 체인은 기억을 가진다고 말할 수 있는데, 이것은 마지막 사건을 기억한다는 것을 의미하며 미래 사건의 확율을 결정한다는 것을 뜻한다.

더욱 중요한 것은 각 상태(state)에 대한 장기적 평균 확율, 즉 안정 상태(equilibrium)를 알

수 있다는 점이다. 인력 계획에 마코브 분석 기법을 응용한 예들은 주로 기업체 보다는 군사, 정부나 공공기관에 적용된 것들이 많이 발표되었다(Kalamatianou et al, 1987; Stewman, 1978; Trivedi et al, 1987; Zanakis et al, 1980). 그러나 마코브 체인의 통계학적 타당성이 검증된지 이미 30년이 넘었음에도 불구하고 기업 조직의 여러 분야에 적용된 사례는 그다지 많지 않다. 이는 마코브 분석에서 마코브 전이확률(Markov transition probabilities)은 일정하다고 가정되기 때문이며 인력 계획에 있어서 전이 확률은 변동적 인력 전이 함수 혹은 일종의 통제된 의사결정 변수 등의 형태로 수정되어야 한다는 주장 또한 계속되어 왔다(김상욱, 1995).

한편, 인력 수요를 예측하기 위한 많은 선행 연구들이 미국 노동통계국(Bureau of Labor Statistics, BLS)의 거시경제모형을 사용하여 왔다. 거시경제모형은 경제 전반을 설명하는 거시경제 모형의 틀 안에서 인력에 대한 수요를 추정하는 인력예측방법론으로 인력 예측 관련 보고서나 논문에서 다양하게 활용되고 있다(권남훈 외, 2001; 김지수, 1991; 박재민, 2002; 서인석, 1991; 송희년, 1996; 양유석 외, 1993; 오윤진, 1993). 미 노동통계국은 이러한 거시경제 모형에 근거하여 산업별, 직업별, 주별 고용 전망을 제시하고 있으며, 노동통계국의 자료는 지난 35년간 새로운 자료와 산업 및 직업 분류의 변화, 부분적인 통계적 추정방식의 변경에도 불구하고 기본적인 분석틀이 유지되고 있다. 노동통계국은 노동생산성에 대한 계산과 산업내 직종별 고용 양상을 보여주는 산업-직업 행렬을 기반으로 고용 전망을 하고 있다(한국정보보호진흥원, 2002).

이와 같은 거시경제 모델의 경우 인력 수급을 예측하기 위하여는 다양한 변수들에 대한 다양한 데이터가 필요하며 이러한 데이터를 수집하기 위해서는 먼저 해당 산업에 대한 폭넓은 시계열자료의 확보가 전제되어야 한다. 그러나 이러한 방법들은 최근 급성장하는 산업의 경우 현재 시점에서 확보 가능한 산업 및 인력에 대한 통계자료가 충분하지 않기 때문에 많은 제약 조건들이 전제된 소수의 요인들만이 고려될 수밖에 없으며 다양한 변수들 간의 동태적 상호작용과 지연된 피드백의 영향들을 반영하기 어렵다는 문제를 지적할 수 있다.

2. 인력 수급 모델의 동태성

앞서 살펴본 바와 같이 기존의 연구 방법들은 인력 수급을 예측하는데 있어 많은 제약 조건으로 인한 근본적인 한계를 내재하고 있을 뿐만 아니라 단순히 미래의 막연한 전망치를 제시하거나 이에 근거하여 도출된 인력 수급 불균형의 문제를 해결하기 위한 대안들을 개념적으로 제시할 뿐 인력 수급 불균형의 근본 원인을 밝혀내어 정책 레버리지를 이끌어

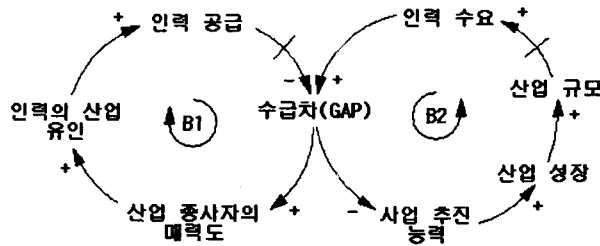
내거나 다양한 정책 대안들이 가져올 결과에 대하여 가시적으로 보여주지 못하여 왔다. 특히, 다른 산업과의 연관 관계가 복잡하고 인력의 수요는 급증하는데 반하여 산업에서 요구하는 인력을 양성하기까지 많은 시간이 소요되는 첨단 산업 및 신생 산업에서의 경우 이러한 문제는 더욱 두드러지게 나타날 수 있다. 이와 같은 기존 연구 방법들의 한계는 기본적으로 산업들간 혹은 산업내의 다양한 영향 요인들간의 동적인 상호작용을 간과하고 이들 영향간에 발생하는 지연된 피드백의 효과를 반영하지 못하는 등 인력 수급 모델을 동태적인 시각에서 바라보지 않는데 기인한다고 볼 수 있으며 동태적인 관점에서 인력 수급 모델을 접근하기 위해서는 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

1) 피드백 구조(feedback structure)

이제까지의 선행 연구들은 수요와 공급을 별개로 시스템으로 간주하여 수요와 공급간의 상호작용을 고려하지 않은 단선적 시각에서 인력 모델을 설명하여 왔다. 즉, [그림 1]에서 보여지는 바와 같이 인력의 수급 모델은 단순히 수요와 공급의 차로 발생하는 갭(gap)으로 바라보고 수요와 공급을 개별적으로 분석하여 인력 수급을 예측하였다. 그러나 현실적으로 수요와 공급은 [그림 2]에서 설명되어지는 바와 같이 개별적으로 움직이는 별개의 시스템이 아니라 수급차(gap)를 중심으로 순환하는 피드백을 형성하며 상호작용하는 유기적인 시스템으로, 한 산업에서의 인력 수요는 해당 산업으로의 인력 유인으로 작용하여 공급을 촉진하고 공급은 산업에서의 사업 추진 능력의 제약 요소로서 산업 성장에 따른 신규 인력 수요의 창출을 억제하거나 사업 추진 능력을 증대시켜 산업 성장을 촉진하여 신규 인력 수요를 창출할 수도 있다. 궁극적으로 공급과 수요는 상호 작용하는 두 개의 네가티브 피드백을 형성하여 균형점에 도달하는 행태를 발생시킨다.



[그림 1] 단선적 인력 수급 모델



[그림 2] 동태적 인력 수급 모델

2) 지연(delay)

두 번째로 인력 수급 모델을 설계함에 있어 시스템 내에서 발생하는 지연을 고려해야 한다. 인력 수급 모델에 있어 지연의 영향은 매우 중요하게 작용함에도 불구하고 기존의 수리적 혹은 통계적 연구방법들은 정태적인 본질로 인하여 이를 반영하는 것이 매우 어려워 대부분의 선행 연구들은 이를 무시하는 경향을 보이고 있다. 지연은 크게 물질지연과 정보지연으로 나누어 볼 수 있으며 대부분의 사회 시스템에서의 동태적 행태에 중요한 영향을 미치게 된다. 일반적으로 네가티브 피드백 구조를 지닌 시스템에 지연이 발생할 경우 시스템은 파동을 발생시키게되며 지연이 길어질수록 시스템은 수렴하지 못하고 반복적인 파동을 형성하게 된다. 이러한 지연의 영향은 시스템의 불안정성(*instability*)을 증대시켜 시스템의 행태를 바람직하지 않은 방향으로 유도할 수 있으며 경우에 따라서는 시스템내의 급격한 변화에 따른 바람직하지않는 영향 요소들을 필터링하거나 완충하므로써 시스템을 유지시키기도 한다(*sterman, 2000*).

인력 수급 모델에서도 마찬가지로 물질 지연과 정보 지연이 모두 고려되어야 한다. [그림 2]에서 변수와 변수사이를 연결한 화살표에 수직으로 그어진 선이 지연의 영향을 표시한 것으로 인력 수급 시스템에서는 인력 양성에 소요되는 시간으로 발생하는 공급 부분의 물질 지연과 산업 규모의 성장에 따라 요구되는 신규 인력 수요를 인지하는데 소요되는 수요 부분의 정보 지연이 발생하게 된다. 즉, 수급차의 발생으로 산업내 인력 유인이 발생하였다 하더라도 실제로 산업에 인력이 공급되어 수급차를 줄이는데는 상당한 시간이 필요하며 산업 성장에 따라 신규 인력 수요를 계획하는 과정에서도 인력 수요를 예측하는 근거가 집계된 전년도 자료에 의존하거나 업무 중 인력 부족을 인지함에 따라 인력 요구가 이루어짐으로 인해 혹은 미리 인력을 확보하기 위한 가수요의 발생으로 인해 정보 지연이 발생할 수 있다.

다시 말해서, 현재의 인력 부족은 공급을 유발하게 되지만 실질적으로 공급이 수급차를

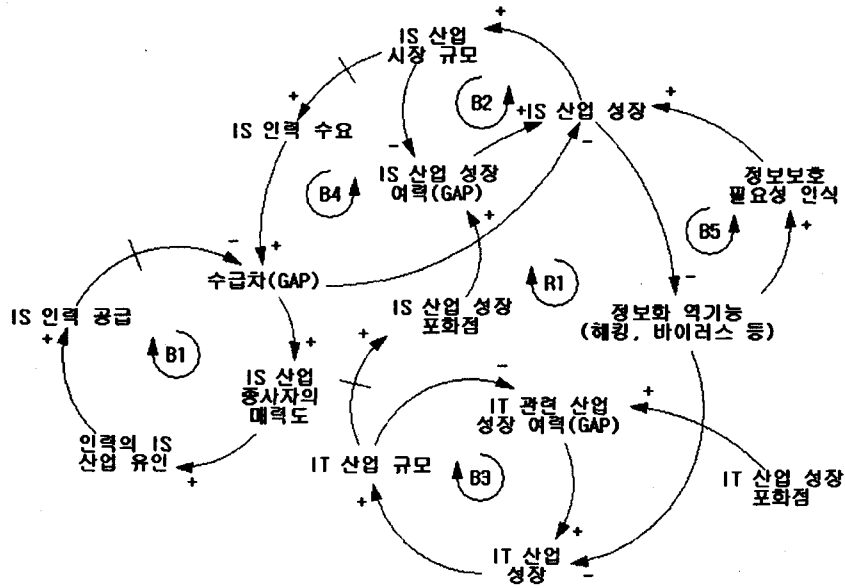
줄이기 위해서는 상당한 시간이 요구되어 공급이 지연되는 기간 동안 시장에서는 지속적으로 인력 부족을 인식하게 된다. 이 경우 공급이 충분히 이루어진 시점에서도 여전히 인력 부족에 대한 인식이 관성으로 남아 공급이 지속되므로써 시장내에 인력 공급이 수요를 초과하는 현상이 나타나게 된다. 반대로 공급이 초과하는 상황에서는 공급 과잉에 대한 인식으로 인하여 신규 공급은 줄어들고 인력 유출은 증가하여 공급 수준이 충분히 줄어든다고 하더라도 여전히 그 관성이 남아 일정 기간 공급이 이루어지지 않음으로써 다시금 인력 부족의 현상을 유발하는 파동을 나타내게 된다.

3) 이동 포화점

수요를 예측하기 위한 대부분의 모델들은 기본적으로 확산 이론(diffusion theory)에 근거하고 있으며 이는 성장이 정점에 이르지 않은 산업의 성장 과정을 설명하는 것이다. 한 산업에서의 인력 수요가 산업의 규모와 연관된다면 궁극적으로 산업에서 필요로 하는 인력의 신규 수요는 해당 산업이 시장내에서 얼마나 확산되고 성장하는가에 좌우된다고 볼 수 있다. 특히, Bass(1969)는 시스템 내에서의 수요 확산의 결정 요인인 혁신계수(외부영향요인)와 모방계수(내부영향요인)에 대한 변형과 확대를 통한 모형을 개발하였으며 이는 마케팅 분야나 기술 확산 모델에 포괄적으로 응용되고 있다(Mahajan, et. al., 1990).

그러나 이제까지의 확산 이론에 근거한 수요 예측 모형들은 기본적으로 수요 예측을 위해 가정되는 포화점을 고정시키므로써 시장의 규모를 사전에 결정지우고 있어 아직 미성숙한 산업이나 다른 산업의 성장과 깊게 연관되어 있는 산업의 경우 큰 오류를 나타낼 수 있다. 즉, 낮게 설정된 포화점은 수요를 과소평가할 수 있으며 높게 설정된 포화점은 산업 성장 속도를 지나치게 빠르게 판단하므로써 인력의 과잉공급을 발생시키는 원인이 될 수 있다. 이러한 오류는 정보보호 산업과 같이 근본적으로 정보통신 산업이라는 기간 산업의 성장과 맞물려 형성되는 산업의 경우 더욱 크게 작용할 수 있다. 즉, [그림 3]에서 설명되고 있는 바와 같이 정보통신 산업과 정보보호 산업은 상호 유기적으로 작용하는 또 하나의 시스템이며 이와 같이 관련 산업들간의 상호작용속에서 성장이 좌우되는 정보보호 산업에서 고정 포화점을 가정할 경우 시간의 흐름에 따라 나타날 수 있는 포화점 설정의 오류를 해결하기 위한 대안으로 이동 포화점의 개념을 고려할 수 있다. 이동 포화점이란 포화점을 고정하여 가정하는 것이 아니라 이미 성숙되어 비교적 전체 시장에 대한 포화점의 가정이 용이한 관련된 산업의 성장 궤적에 따라 유동적으로 변화하는 포화점을 가정하는 것으로 일반적으로 정보 보호 산업의 규모를 정보통신 산업의 10% 규모로 바라보는 견해에 따라 정보통신 산업 규모의 변화에 연동되는 정보보호 산업의 포화점을 설정하여 모델링하여 구현할 수 있다. 무엇보다도 최근 이슈가 되어지고 있는 유비쿼터스 정보기술의 도입은 정보

통신 산업의 신성장 동력으로 작용할 것으로 예상되고 있으며 정보보호 산업에 있어서의 그 파급효과도 막대하게 나타날 것으로 전망되고 있어 정보 보호 산업만을 고려한 인력수급 전망은 인력 수요를 지나치게 과소 평가하거나 왜곡할 가능성이 더욱 클 수 있다.



[그림 3] 정보통신 산업과 정보보호 산업간의 동태성

3. UIT도입에 따른 정보보호 인력 수급 모델의 동태적 영향

1) 유비쿼터스 정보 기술 도입에 따른 정보 보호 환경의 변화

유비쿼터스(ubiquitous)의 어원은 편재한다 또는 어디에나 존재한다는 의미를 가진 라틴어로 정보통신 분야에서는 유비쿼터스 컴퓨팅(ubiquitous computing)이나 유비쿼터스 네트워크(ubiquitous network) 등과 같은 유비쿼터스화 되고 있는 새로운 정보통신 환경과 패러다임들을 논의하는데 사용되고 있다(하원규 외, 2002; 한국전자통신연구원, 2002; 김선경 외, 2003). 유비쿼터스 정보화의 효시는 1988년 Xerox사 Palo Alto 연구소(PARC)의 연구원인 마크 와이저(Mark Weiser, 1952-1999)가 유비쿼터스 컴퓨팅이란 개념을 제시하면서 시작되었다. 이 개념은 실세계의 각종 사물들과 물리적 환경 전반(물리공간)에 걸쳐 컴퓨터들이 편재되게 하되, 이것이 사용자들에게는 컴퓨터로서 겉모습이 드러나지 않도록 환경 내에 효과적으로 섞여지고, 통합되도록 함으로써 사용자들이 컴퓨터라는 거부감을 느끼지 않

고서도 언제, 어디에나 도처에 존재하는 작고, 대상에 맞는 특수한 기능을 보유 컴퓨터들을 편리하게 이용할 수 있게 한다는 데 있다(Weiser, 1991; Weiser, 1993).

마크 와이저의 뒤를 이어 유비쿼터스 컴퓨팅이라는 개념을 발전시킨 스위스 쥘리히 ETH 연구소의 프리드만 매턴(Friedemann Mattern)은 ‘유비쿼터스 컴퓨팅 기술이 현실세계와 가상세계와의 차이를 연결하는 다리를 놓을 수 있는 새로운 기술이다’ 라고 주장하면서 ‘Many computers (mainframes) for everyone’ 시대, 언제, 어디서나, 어떤 단말로든지, 무엇을 하려고 하던지 접속이 가능한 ubiquitous access 시대, 모든 사물/기계가 지능화되어 사물들의 인터넷(The Internet of Things)이 등장하는 시대, 우리가 활용하는 아주 작은 컴퓨터들은 우리가 의식할 수 없을 정도로 사물에 내재되고(embedded computing), 보이지 않게 되어(invisible computing) 아주 조용하고, 귀찮은 조작을 하지 않아도 스스로 주어진 일을 처리하는 컴퓨팅 시대가 될 것이라고 예견하고 있다. 이와 같이 대량의 칩 센서와 무선에 기반한 네트워크, 그리고 언제 어디서나 사용 가능한 모바일 단말들에 의하여 구현되어질 유비쿼터스 정보 기술은 우리 생활에 많은 변화를 가져올 것이며 이제까지 실현하지 못하였던 많은 유익한 어플리케이션의 출현을 가능하게 하므로써 정보통신 분야는 물론 여러 다양한 분야의 발전과 성장을 이끌어갈 것으로 기대되어지고 있다.

그러나 이와 같은 정보기술 패러다임의 변화는 정보 보호 환경에 막대한 영향을 미치게 될 것으로 판단되며 이를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 컴퓨팅 환경이 기존의 PC 기반의 고정 단말 중심에서 이동이 용이한 휴대 단말 중심으로 변화함에 따라 다양한 보안 취약성을 드러내게 될 것이다. 우선, 모바일 단말의 경우 전력 공급이 배터리에 의존함에 따라 CPU의 처리 능력에 제약을 가져오게 되어 기존 PC와 비교하여 하드웨어적으로 암호 기반이 매우 취약해질 수 밖에 없는 한계를 지닌다.

둘째, 네트워크 환경이 기존의 유선 기반에서 무선 기반으로 변화해감에 따라 데이터의 기밀성 및 무결성 보장이 더욱 어려워질 수 있다. 무선 통신은 상대적으로 유선에 비하여 wiretapping에 의한 기밀성 침해가 용이하며 UIT의 무선 네트워크 환경은 상대적으로 근거리 통신이 주류를 이룰 것이 예상되므로 이러한 문제는 더욱 심각하게 나타날 수 있다.

셋째, 디지털 기술의 발전과 정보 전송 용량의 증대, 그리고 휴대 단말의 보급은 문서와 같은 정형화된 정보는 물론 정황 정보를 포함한 다양한 아날로그 정보를 실시간으로 디지털화하여 전송이 가능하도록 지원하게 됨에 따라 정보 노출 및 유출의 위험은 현저히 증가될 것으로 판단된다.

결과적으로 UIT 기술 도입에 따른 정보보호 환경의 변화는 새로운 정보 보호 인력 수요를 창출할 것이며 새로운 기술 인력에 대한 끊임없는 요구가 나타날 것임을 예상할 수 있다.

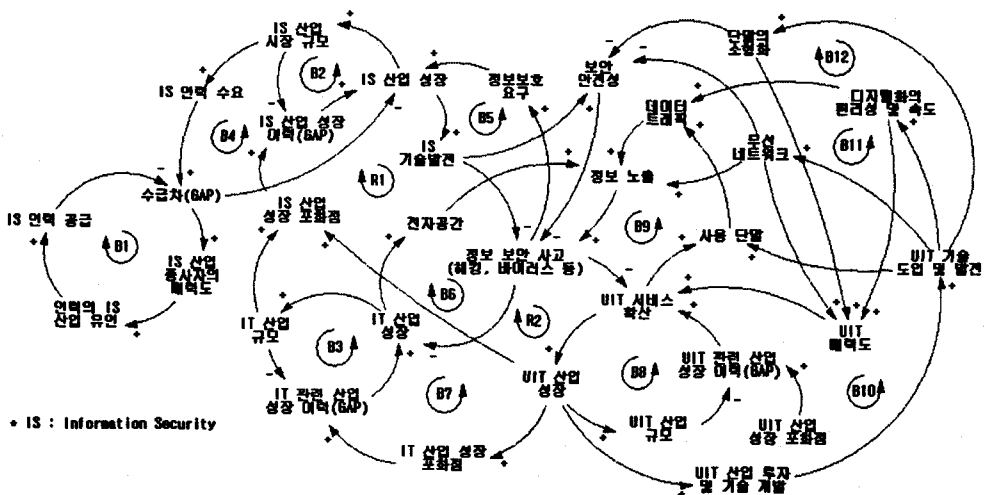
2) IT와 UIT 그리고 정보 보호 산업간의 역학 관계

UIT 도입에 이루어짐에 따라 정보 보호 정책에 있어서 기밀성, 무결성, 가용성 확보라는 근본적인 보안 개념이 바뀌는 것은 아니다. 궁극적으로 IT와 UIT는 상호 순기능을 할 것이라 판단되며 정보 보호 산업은 상호 유기적인 관계속에서 상호 보완적으로 기능할 것으로 분석된다.

UIT의 도입 확산은 IT 산업의 새로운 성장의 가능성을 제공하게 될 것이며 정보 보호 산업에서는 IT 산업의 성장에 따른 기본적인 인력의 신규 수요 발생과 동시에 새로운 정보 보호 환경에서 요구되는 신기술의 개발 및 이를 위한 인력의 수요 창출이 이루어질 것을 예상할 수 있다.

[그림 4]에서 보여지는 바와 같이 IT 산업의 발전은 정보 보호 산업을 수반하며 정보 보호 산업의 발전은 정보화 역기능의 문제를 해결하므로써 IT 산업이 안정적으로 성장할 수 있는 기반을 마련해 준다. 또한 정보 보호 산업의 발전은 정보 보호 인력의 수요를 발생시키며 정보 보호 인력은 정보 보호 산업의 안정적 성장의 기반으로 상호 작용한다. 이처럼 IT 산업과 정보 보호 산업이 상호 보완적으로 상생의 성장을 하는 구조속에서 UIT의 출현은 앞서 설명한 다양한 정보 기술 환경의 변화로 인하여 전반적인 IT 산업의 신성장 동력으로써 IT 산업의 성장을 촉진함과 동시에 보안안전성의 저하와 정보 노출의 증대시키므로써 정보 보안 사고의 가능성을 높이게 되며 이는 다시금 정보 보호 기술 및 인력의 신규 수요를 창출하게 된다.

이처럼 정보 보호 인력은 직간접적으로 상위 산업인 IT 산업과 밀접한 연관관계 속에서



[그림 4] IT, UIT 그리고 정보 보호 산업의 동태성

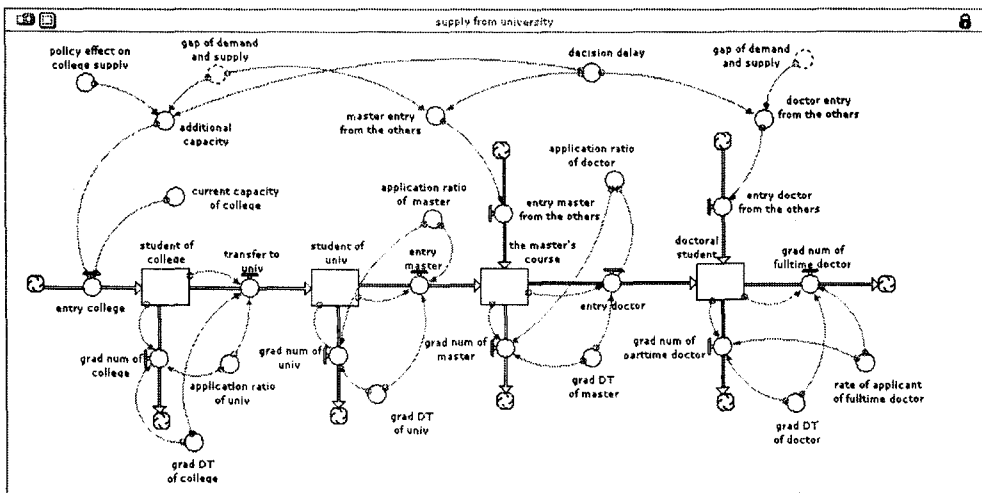
동태적으로 성장 발전하고 있으며 UIT 산업과 같은 신기술 패러다임의 도입에 따라 그 성장 구도가 더욱 동태적으로 변화해 가고 있기 때문에 이를 보다 가시적으로 분석할 필요가 인식된다.

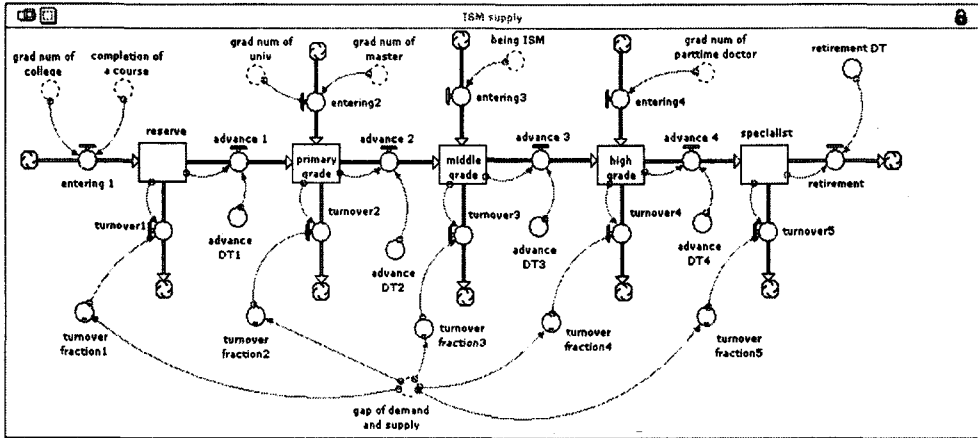
Ⅲ. 동태적 인력 수급 모델 개발

1. 시뮬레이션 모델 설계

앞서 제시된 인과 모델에 기초하여 [그림 4]와 같이 시뮬레이션 모델을 설계하였다. 현재 시스템 다이내믹스 기법을 이용한 시뮬레이션을 지원하는 다수의 컴퓨터 프로그램이 개발되어 있으며, 본 논문에서는 그래픽 기능이 우수하고 변수 조절에 따른 결과 비교가 용이한 STELLA를 이용하였다.

먼저 시뮬레이션 모델을 구현함에 있어 대입된 상수 값은 정보통신부가 2002년 8월에 발표한 “중장기 정보보호 기본계획”과 정보 보호 인력 현황에 대하여 이루어진 선행 연구(한국정보통신대학원대학교, 2002; 한국정보보호진흥원, 2002)에 근거하여 대입하였으며, 가능한 실제 데이터를 입력하였으나 계량화가 곤란한 일부 변수의 경우 비율 값(%)으로 설정하여 상황에 따라 조절 할 수 있도록 하였다.

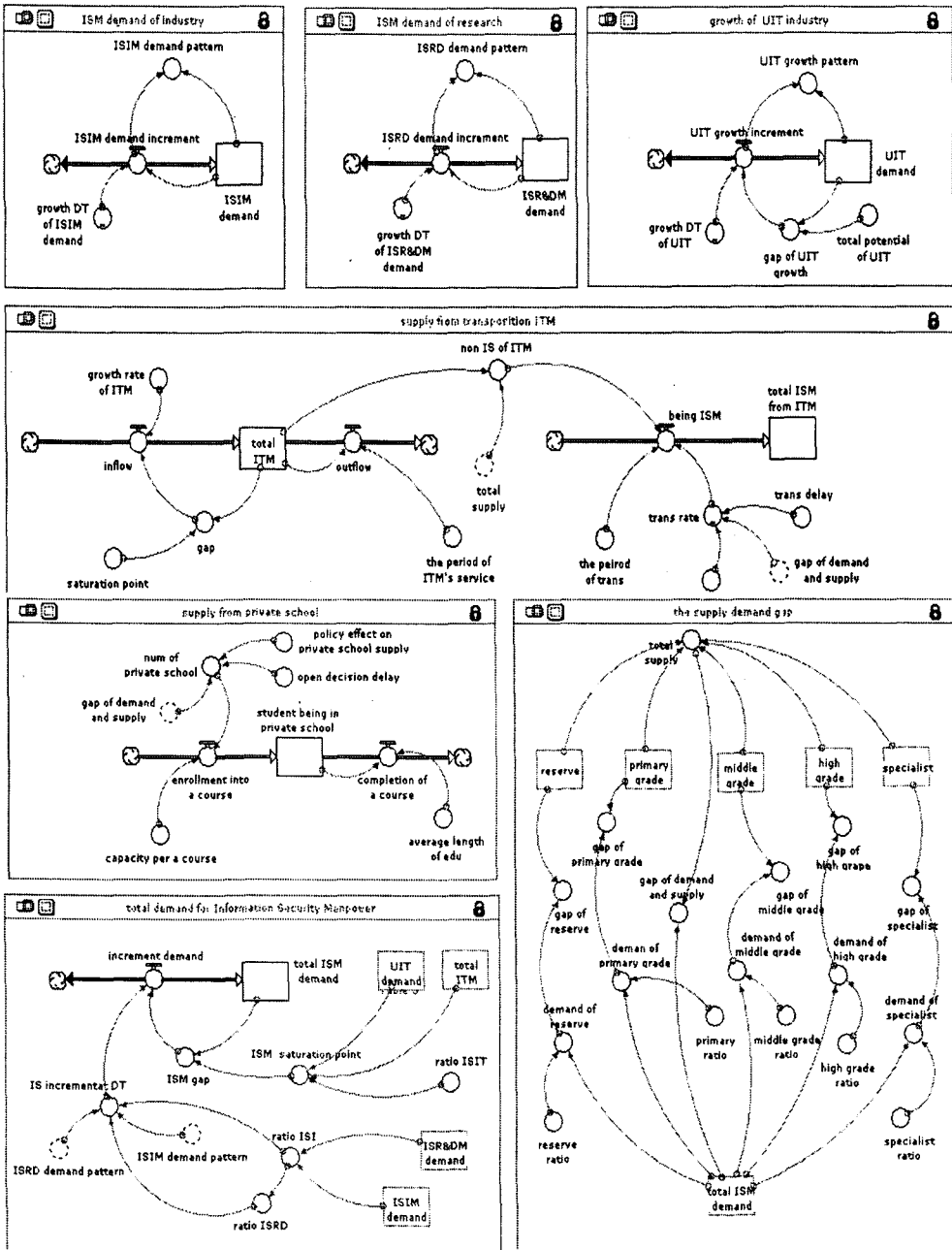




[그림 5] 인력 수급 시뮬레이션 모델

정보보호인력의 공급은 정규교육기관(대학 또는 대학원), 시설교육기관(학원 또는 대학의 비정규 교육 과정), 타 산업으로부터의 전환 등으로 이루어지며, 매년 각 공급원으로부터 창출되는 졸업생, 교육과정 이수자, 전환인력의 합을 각 년도의 정보보호인력의 신규 공급으로 보며 여기서 퇴직 또는 이직 등으로 유출되는 인력을 뺀 순흐름의 누적을 총 공급으로 설계하였으며 정보보호인력의 수요는 정보보호 관련 업체 및 관련 산업과 정보보호 관련 연구기관으로 구분하였으며 UIT 도입에 따른 추가 수요를 별도로 가정하여 매년 각 수요처로부터 창출되는 인력에 대한 신규 고용 예정자수의 합을 각 년도 정보보호인력의 신규 수요로 보며 이들의 누적을 총 수요로 보았다. 이 때, 신규 고용 예정자수는 산업의 향후 매출액 전망과, 연구 분야의 연구개발비의 예산 등에 의해 결정되는 것으로 가정하였으며 시장의 규모가 실질적인 수요로 반영되는데 1년의 시간 지연이 발생하도록 모델링하였다. 그런 다음, 마지막으로 공급원의 공급인력의 합과 수요처의 수요인력의 합에 대한 모형을 각각 작성하여 별도의 영역으로 표현하고, 두 값간의 차이를 정보보호인력의 수급차로 모형을 작성하고 마찬가지로 하나의 영역로 표현하였다. 이때 수급차는 정보 보호 인력 공급에 영향을 미치게 된다.

정규 교육과정의 인력 양성 영역은 2년제 대학 및 4년제 대학의 학부과정(2학년)을 한 집단으로 구분하고 전공이 결정되는 4년제 대학 3·4학년을 한 집단으로 구분하여 모델링하였으며 석사과정과 박사과정은 각각 2년과 5년으로 이수 기간을 설정하였다. 또한, 인력 공급 영역은 [표 1]에서 정의되어진 바와 같이 수준별로 예비, 초급, 중급, 고급, 특급의 5 단계로 구분하여 해당 수준에서 적정 기간이 경과하면 다음 수준으로 이전되어지도록 모델링 하였으며 수준별 인력 수요는 전체 수요에서 차지하는 비율의 곱으로 계산하였다.



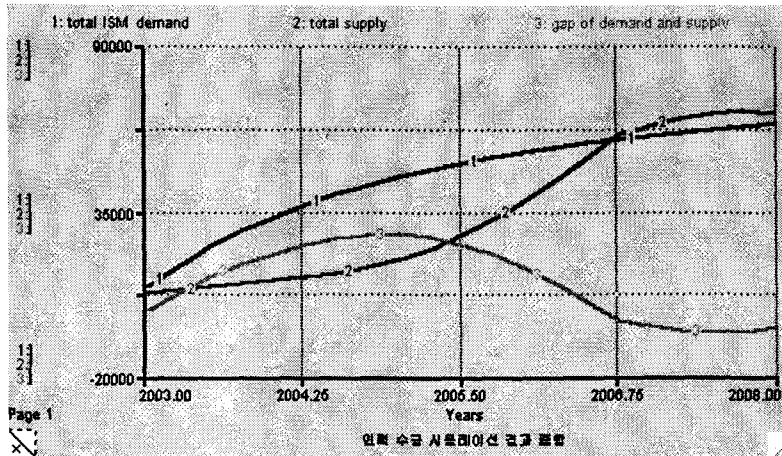
[그림 6] 인력 수급 시뮬레이션 모델(계속)

[표 1] 인력 수준에 대한 정의 및 수요 비율

구분	정 의	수요 비율
예비인력 reserve	- 관련학과 2년제 대학을 졸업한자 - 사설교육기관의 단기 교육과정을 이수한 자	20%
초급인력 primary grade	- 관련학과 2년제 대학 졸업 후 2년 이상 정보 보호 관련업무를 수행한 자 - 관련학과 학사 및 석사학위를 취득한 자	20%
중급인력 middle grade	- 관련학과 2년제 대학 졸업 후 9년 이상 정보 보호 관련 업무를 수행한 자 - 관련학과 학사학위 취득 후 6년 또는 석사학위를 취득한 후 3년 이상 정보보호 관련 업무를 수행한 자 - 모델상에서는 단순화하여 초급인력의 20%가 매년 중급으로 이동하도록 설계하였음	35%
고급인력 high grade	- 관련학과 2년제 대학 졸업 후 12년 이상 정보 보호 관련 업무를 수행한 자 - 관련학과 학사학위 취득 후 9년 이상 정보보호 관련업무를 수행한 자 - 관련학과 석사학위 취득후 6년 이상 정보 보호 관련업무를 수행한 자 - 관련학과 박사학위를 취득한 자 - 모델상에서는 단순화하여 중급 인력의 1/3이 매년 고급으로 이동하도록 설계하였음	15%
특급인력 specialist	- 관련학과 2년제 대학 졸업 후 15년 이상 정보 보호 관련 업무를 수행한 자 - 관련학과 학사학위 취득 후 12년 이상 정보 보호 관련업무를 수행한 자 - 관련학과 석사학위 취득후 9년 이상 정보 보호 관련업무를 수행한 자 - 관련학과 박사학위 취득 후 3년 이상 정보 보호 관련업무를 수행한 자 - 모델상에서는 단순화하여 고급 인력의 1/3이 매년 특급으로 이동하도록 설계하였음	10%

3. 모델 구현 및 정책적 시사점

시뮬레이션 결과 [그림 6]에서 볼 수 있는 바와 같이 현재 정보보호 인력 수요와 공급의 행태는 수요가 공급을 초과하는 인력 부족 상태라고 볼 수 있으며 이러한 수급 불균형은 UIT 확산에 따라 당분간 더욱 커질 것으로 전망된다. 이에 대한 대책으로 현 시점에서 관련 학과의 신설, 기존 IT 인력의 전환, 사설 교육기관을 통한 교육 과정의 개설 등 인력 양성을 위한 다각적인 노력이 이루어지고 있으며 5년 이내에 이러한 수급의 불균형은 해결 될 것으로 보여진다.

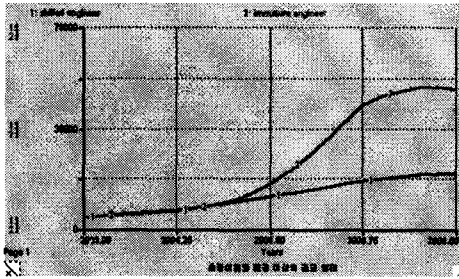


[그림 7] 인력 수급 행태(종합)

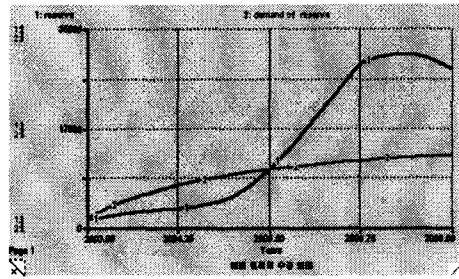
또한, KISA와 ICU를 중심으로 2001년도부터 정보 보호 전문가 자격 제도가 시행되어짐에 따라 이러한 인력 수급 불균형은 어느 정도 해소될 것이 기대되어 진다.

그러나, 인력 수급 현상을 좀더 자세히 분석하여 정보 보호 인력을 수준별로 분석해 보기 위하여 수준별 인력 수요와 공급 행태를 본 결과, [그림 7]에서 [그림 12]까지의 그래프에서 보여지는 바와 같이 대다수의 인력이 초급 이하 수준의 단기 양성된 인력으로 실질적으로 시장에서 요구되는 중급 이상의 인력 수급은 여전히 부족할 것으로 예상된다. 즉, 업무 경력이 없는 예비 인력 및 초급 인력의 경우 짧은 시간안에 공급이 수요를 초과하는 반면 중급 이상의 인력은 여전히 공급이 수요를 따르지 못하는 수급 불균형 현상이 남아있다. 즉, 인력 수급 정책에 있어 양적 성장은 5년이내에 해결될 것이 예상되지만 질적 측면에서의 수급 불균형은 단기에 해결할 수 없을 것이므로 고급 인력의 조기 확보를 위한 노력이 이루어지지 않을 경우 정보 보호 인력의 부족 현상은 장기화될 수 있으며 이는 궁극적으로 IT 산업과 UIT 산업의 성장에 한계를 가져다주는 요인으로 작용할 수 있다.

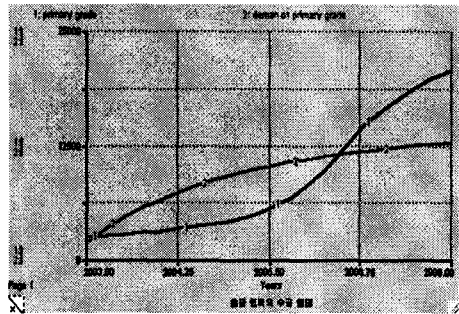
이와 같은 현재의 정보보호 인력 수급 행태는 양적 성장의 양상을 보이고 있으며 그로 인하여 전반적인 공급 부족 현상은 단기간내에 해결될 것이 기대되지만 수준별 분석에서 질적인 수급 불균형이 나타나는 원인은 다음과 같이 분석된다.



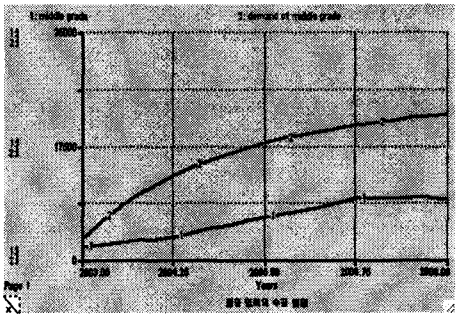
[그림 8] 초급이하/중급이상 인력 공급 행태



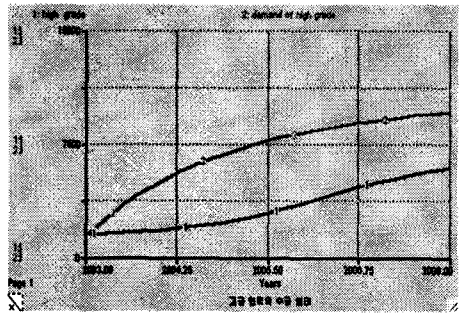
[그림 9] 예비 인력 수급 행태



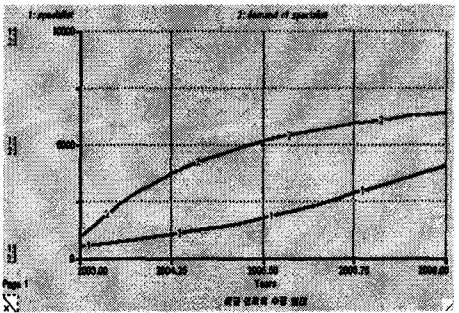
[그림 10] 초급 인력 수급 행태



[그림 11] 중급 인력 수급 행태



[그림 12] 고급 인력 수급 행태



[그림 13] 특급 인력 수급 행태

인력의 공급과 수요간의 동태적 관계에 기인한다. 인력의 공급은 수요에 영향을 받게 되는데 상대적으로 단기적 인력 양성 기관인 학원 및 비정규 강좌의 경우 수요변화에 더욱 민감하게 반응하기 때문에 초급 이하의 인력의 공급이 급격히 나타날 수 있다. 그러나 이와 같은 초급 이하 인력의 공급은 시장의 수급 불균형을 단기적으로 해결할 수 없기 때문에 시장은 여전히 수요 부족을 호소하게 되고 공급은 지속적으로 이루어져 과잉 공급의 원

인이 된다. 즉, 정보보호 인력의 수요가 발생하더라도 시장에서 요구하는 중급 이상의 인력을 양성하여 공급하기 위해서는 교육 및 경력 축적에 소요되는 시간지연이 존재한다. 실업난으로 구직이 어려운 상황에서도 업계에서는 쓸만한 사람이 없어 인력난에 사업을 추진할 수 없다는 호소는 이러한 이유로 나타나는 현상이라 할 수 있다.

이와 같은 결과에 근거하여 정보 보호 산업에서의 인력 수급 불균형 문제를 해결하기 위한 대안은 다음과 같이 제시될 수 있다.

첫째, 인력 양성을 위해서는 상당한 시간이 소요되며 전문 인력은 더욱 많은 시간이 소요되므로 인력의 공급 정책은 수요의 증가가 예상되는 시점에서 이루어져야 한다. 특히, 정보보호산업의 핵심인력은 주로 대학원의 석·박사를 통해 공급된다. 따라서, 석·박사 인력을 정보보호 학과 및 관련 학과로 유도하기 위한 정책을 마련하여 이러한 인력의 공급 규모를 늘리는 것은 직접적인 정보보호인력의 질적 수급 불일치를 해소하는 하나의 방안이 될 것이다. 이에 연구비 지원규모의 확대, 국외 연구소 또는 학회와의 공동연구 기반 확대 등을 위한 정책이 수반되어야 할 것이다(정보보호진흥원, 2002).

둘째, 사설 교육기관의 단기 교육과정을 통한 인력 양성은 초급이하 인력 중심의 공급이 불가피하므로 고급 인력 양성을 위한 기존 IT 고급 인력에 대한 전환 교육 과정 운영 및 대학 부설 교육 기관의 운영을 통한 전문 인력 양성 과정의 운영이 필요하다.

셋째, 현행 자격제도의 경우 초급 수준의 인력에 대하여 2급을, 중급 수준 인력에 대하여 1급을 부여하고 있으므로 기능사(초급), 기사(중급), 기술사(고급) 등으로 세분화된 자격제도를 운영하여 고급 인력을 조기에 확보할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다.

IV. 결론

한 산업에서 인력 수급을 전망하는 것은 인력의 수요자인 기업의 측면에서는 안정적인 인력 확보 전략을 수립하기 위해서, 공급자인 산업 종사자들에게 있어서는 자신들이 앞으로 진출해야 할 산업의 매력도를 파악하기 위해서, 그리고 정부 차원에서는 관련 산업에 있어서 중복 투자의 방지와 효율적이고 균형된 산업 발전을 위한 정책 수립을 위해서 매우 중요하다. 그러나 이를 전체적인 시각에서 시장의 구조적 특성을 분석하기보다는 현상을 조사하는 수준에 머물거나 현재의 상황 또는 단일 산업만을 고려할 경우 시간의 흐름에 따른 동태적 변화와 지연된 피드백의 효과, 그리고 관련 산업간의 유기적 연관관계를 반영하지 못하게되어 인력 수급을 지나치게 과소 평가하거나 과대 평가할 수 있다. 특히, 다른 산업과의 연관 관계가 복잡하고 인력의 수요는 급증하는데 반하여 산업에서 요구하는 인력을

양성하기까지 많은 시간이 소요되는 첨단 산업 및 신생 산업에서의 경우 이러한 현상은 더욱 두드러지게 나타날 수 있다.

이에 따라 본 논문은 정보 보호 인력 수급을 사례로 인력 수급의 불균형이 나타나는 원인을 동태적인 시각에서 분석하고 그 대안을 제시하여 보았다. 본 연구는 인력 수급의 불균형의 원인과 해결 방안을 가시적으로 설명하였다는데 그 의의를 들 수 있지만 여전히 반영하지 못한 다양한 요인들로 한계를 지니고 있다. 예를 들어, 인력의 수급은 양적인 부분과 질적인 부분이 고르게 고려되어야 하며 질적인 부분은 단순히 수준만으로 다룰 수 있는 문제는 아니다. 보다 세밀한 분석을 위해서는 요소 기술들에 따른 세부 수요와 공급 행태가 함께 고려되어야 할 것이다. 또한, 본 연구는 가능한 선행 연구들을 통하여 실제 데이터에 기초하여 모델을 구현하고자 노력하였지만 정책과 관련된 일부 변수의 경우 기초값을 입력하거나 비율값을 입력하여 구현하므로써 시스템 다이내믹스의 기본 철학이 파라미터의 정확성을 추구하기 보다는 행태와 구조에 중점을 두고 있다는 점을 감안하더라도 그 측정치의 정확성은 다소 떨어진다는 점을 지적하지 않을 수 없다.

향후 모델의 정교화와 확장을 통하여 인력의 보유 기술에 따른 수요와 공급 행태를 반영하고 보다 정확한 실측값을 반영하므로써 모델을 발전시키는 것이 중요한 과제가 될 것이다.

[참고문헌]

- 김상욱. (1995). 대단위 조직에서의 적정인력 수급 계획수립을 위한 마코브(Markov Chain)과 다목표계획법(GP)의 혼용 접근 방법, 「산업과 경영」:52~73.
- 김선경 · 이미숙. (2002). 유비쿼터스 정보기술(UIT)를 활용한 차세대 전자정부 서비스의 구도와 프로토타입에 관한 연구, 한국전산원: 125~150.
- 하원규 · 김동환 · 최남희. (2002). 「유비쿼터스 IT혁명과 제3공간」, 전자신문사.
- 한국전자통신연구원. (2002). 초공간화 발전모델을 통한 u-Korea 전략의 역동성 분석.
- 한국정보보호진흥원. (2002). 정보보호인력 수요 예측모형 개발 및 수급 전망 조사.
- 한국정보통신대학원대학교. (2002). 정보보호 인력 양성을 위한 정책 분석 연구.
- A. G. Kalamatianou. (1987). Attainable and Maintainable Structures in Markov Manpower Systems with Pressure in the Grade, *Journal of Operational Research Society*, 38(2).
- A. L. Lederer. (1987). Planning and Developing a Human Resource Information System, *Personnel Administration*, August.
- F. M. Bass. (1969). A New Product Growth for Model Consumer Durable, *Management Science*, 15.
- G. Richardson and A. Pugh. (1981). *Introduction to System Dynamics Modelling*, Productivity Press.
- G. T. Milkovich, A. J. Annoni and T. A. Mahoney. (1972). The Use of the Delphi Procedures in Manpower Forecasting, *Management Science*, 19(4).
- H. Kahalas and R. Key. (1974). A Decisionally Oriented Manpower Model for Minority Group Hiring, *Quarterly Review of Economics and Business*, 14(3).
- J. D. Sterman. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Irwin McGraw-Hill.
- J. M. Lyneis. (1980). *Corporate Planning and Policy Design: A System Dynamics Approach*, MIT Press: Cambridge, MA.
- J. M. Lyneis. (2000). System Dynamics for market forecasting and structural analysis, *System Dynamics Review* Vol. 16.
- J. W. Forrester. (1961). *Industrial Dynamics*, MIT Press: Cambridge, MA.
- Mark Weiser. (1991). The Computer for the Twenty-First Century," *Scientific American*: 94-10.

- Mark Weiser. (1993). Some Computer Science Problems in Ubiquitous Computing, Communications of the ACM, July 1993. (reprinted as "Ubiquitous Computing". Nikkei Electronics; December 6, 1993: 137-143.)
- M. R. Goodman. (1989). *Study Notes in System Dynamics*, Productivity Press.
- R. D. Gatewood and E. J. Gatewood. (1983). The Use of Expert Data in Human Resource Planning: Guidelines from Strategic Forecasting, *Human Resource Planning*, 6(2).
- P. Welling. (1977). A Goal Programming Model for Human Resource Accounting in a CPA Firm, *Accounting, Organizations and Society*, 2(2).
- S. H. Zanakis and M. W. Maret. (1980). A Markov Chain Application to Manpower Supply Planning, *Journal of the Operational Research Society*, 32(12).
- S. Stewman. (1978). Markov and Renewal Models for Total Manpower System, *OMEGA*, 6.
- V. E. Mahajan, Muller and F. M. Bass. (1994). New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research, *Journal of Marketing*, 54.
- T. P. Bechet and W. R. Maki. (1987). Modeling and Forecasting Focusing on People as A strategic Resource, *Human Resource Planning*, 10(4).
- V. Trivedi, I. Moscovice, R. Bass and J. Brooks. (1987). A Semi-Markov model for Primary Health Care Manpower Supply Prediction, *Management Science*, 33(2).
- W. Barnett. (1988). Four steps to forecast total market demand, *Harvard Business Review*, July-August.
- W. L. Price. (1978). Solving Goal Programming Manpower Models using advanced Network Codes, *Journal of Operational Research Society*, 29(3).

[부록 : 모델 방정식]

◎ growth of UIT industry

UIT_demand(t) = UIT_demand(t - dt) + (UIT_growth_increment) * dt
 INIT UIT_demand = 2000

INFLOWS:

UIT_growth_increment = gap_of_UIT_growth*growth_DT_of_UIT
 gap_of_UIT_growth = total_potential_of_UIT-UIT_demand
 total_potential_of_UIT = 100000
 UIT_growth_pattern = UIT_growth_increment/UIT_demand
 growth_DT_of_UIT = GRAPH(TIME)
 (2003, 0.0675), (2004, 0.0775), (2005, 0.11), (2006, 0.17), (2007, 0.345), (2008, 0.425), (2009, 0.445), (2010, 0.435), (2011, 0.42), (2012, 0.37)

◎ ISM demand of industry

ISIM_demand(t) = ISIM_demand(t - dt) + (ISIM_demand_increment) * dt
 INIT ISIM_demand = 3755

INFLOWS:

ISIM_demand_increment = ISIM_demand*growth_DT_of_ISIM_demand
 ISIM_demand_pattern = ISIM_demand_increment/ISIM_demand
 growth_DT_of_ISIM_demand = GRAPH(TIME)
 (2003, 0.495), (2004, 0.45), (2005, 0.41), (2006, 0.365), (2007, 0.32), (2008, 0.29), (2009, 0.255), (2010, 0.23), (2011, 0.2), (2012, 0.135)

◎ ISM demand of research

ISR&DM_demand(t) = ISR&DM_demand(t - dt) + (ISR&DM_demand_increment) * dt
 INIT ISR&DM_demand = 266

INFLOWS:

ISR&DM_demand_increment = ISR&DM_demand*growth_DT_of_ISR&DM_demand
 ISR&DM_demand_pattern = ISR&DM_demand_increment/ISR&DM_demand
 growth_DT_of_ISR&DM_demand = GRAPH(TIME)
 (2001, 0.38), (2002, 0.37), (2003, 0.33), (2004, 0.31), (2005, 0.29), (2007, 0.26), (2008, 0.21)

(2009, 0.15), (2010, 0.09), (2011, 0.03)

◎ ISM supply

high_grade(t) = high_grade(t - dt) + (advance_3 + entering4 - advance_4 - turnover4) * dt
 INIT high_grade = 1500

INFLOWS:

advance_3 = middle_grade/advance_DT3
 entering4 = grad_num_of_parttime_doctor

OUTFLOWS:

advance_4 = high_grade/advance_DT4
 turnover4 = high_grade*turnover_fraction4
 middle_grade(t) = middle_grade(t - dt) + (advance_2 + entering3 - advance_3 - turnover3) * dt
 INIT middle_grade = 2000

INFLOWS:

advance_2 = primary_grade/advance_DT2
 entering3 = being_ISM

OUTFLOWS:

advance_3 = middle_grade/advance_DT3
 turnover3 = middle_grade*turnover_fraction3
 primary_grade(t) = primary_grade(t - dt) + (advance_1 + entering2 - advance_2 - turnover2) * dt
 INIT primary_grade = 2500

INFLOWS:

advance_1 = reserve/advance_DT1
 entering2 = (grad_num_of_univ+grad_num_of_master)*0.6

OUTFLOWS:

advance_2 = primary_grade/advance_DT2
 turnover2 = primary_grade*turnover_fraction2
 reserve(t) = reserve(t - dt) + (entering_1 - advance_1 - turnover1) * dt
 INIT reserve = 1500

INFLOWS:

entering_1 = (grad_num_of_college+completion_of_a_course)*0.5

OUTFLOWS:

advance_1 = reserve/advance_DT1
 turnover1 = reserve*turnover_fraction1
 specialist(t) = specialist(t - dt) + (advance_4 - retirement - turnover5) * dt

INIT specialist = 500

INFLOWS:

advance_4 = high_grade/advance_DT4

OUTFLOWS:

retirement = specialist/retirement_DT

turnover5 = specialist*turnover_fraction5

advance_DT1 = 2

advance_DT3 = 3

advance_DT4 = 3

advance_DT2 = 5

retirement_DT = 7

turnover_fraction1 = GRAPH(gap_of_demand_and_supply)

(0.00, 0.385), (100, 0.333), (200, 0.26), (300, 0.218), (400, 0.19), (500, 0.163), (600, 0.138), (700, 0.113), (800, 0.0925), (900, 0.0675), (1000, 0.05)

turnover_fraction2 = GRAPH(gap_of_demand_and_supply)

(0.00, 0.4), (100, 0.326), (200, 0.238), (300, 0.178), (400, 0.148), (500, 0.13), (600, 0.116), (700, 0.094), (800, 0.076), (900, 0.06), (1000, 0.038)

turnover_fraction3 = GRAPH(gap_of_demand_and_supply)

(0.00, 0.3), (100, 0.263), (200, 0.213), (300, 0.176), (400, 0.137), (500, 0.108), (600, 0.075), (700, 0.057), (800, 0.0375), (900, 0.0255), (1000, 0.015)

turnover_fraction4 = GRAPH(gap_of_demand_and_supply)

(0.00, 0.1), (100, 0.0725), (200, 0.053), (300, 0.0425), (400, 0.035), (500, 0.028), (600, 0.022), (700, 0.0155), (800, 0.01), (900, 0.0045), (1000, 0.0025)

turnover_fraction5 = GRAPH(gap_of_demand_and_supply)

(0.00, 0.1), (100, 0.079), (200, 0.064), (300, 0.0545), (400, 0.044), (500, 0.034), (600, 0.026), (700, 0.0195), (800, 0.0125), (900, 0.007), (1000, 0.00075)

◎ supply from private school

student_being_in_private_school(t) = student_being_in_private_school(t - dt) +
(enrollment_into_a_course -
completion_of_a_course) * dt

INIT student_being_in_private_school = 5742

INFLOWS:

enrollment_into_a_course = capacity_per_a_course*num_of_private_school

OUTFLOWS:

completion_of_a_course = (student_being_in_private_school/average_length_of_edu)

average_length_of_edu = 1

```

capacity_per_a_course = 50
num_of_private_school =
((DELAY(gap_of_demand_and_supply,open_decision_delay))*0.05)*policy_effect_on_private_scho
ol_supply
open_decision_delay = 1
policy_effect_on_private_school_supply = 1

```

◎ supply from transposition ITM

```

total_ISM_from_ITM(t) = total_ISM_from_ITM(t - dt) + (being_ISM) * dt
INIT total_ISM_from_ITM = 8000

```

INFLOWS:

```

being_ISM = ((non_IS_of_ITM*trans_rate)/the_peirod_of_trans)
total_ITM(t) = total_ITM(t - dt) + (inflow - outflow) * dt
INIT total_ITM = 690000

```

INFLOWS:

```

inflow = gap*growth_rate_of_ITM

```

OUTFLOWS:

```

outflow = total_ITM/the_period_of_ITM's_service
gap = saturation_point_of_ITM-total_ITM
growth_rate_of_ITM = 0.1
non_IS_of_ITM = total_ITM-total_supply
policy_effect_on_trans_rate = 1
saturation_point_of_ITM = 1000000
the_peirod_of_trans = 2
the_period_of_ITM's_service = 25
trans_delay = 1
trans_rate

```

```

GRAPH(DELAY(gap_of_demand_and_supply,trans_delay)*policy_effect_on_trans_rate)
(0.00, 0.002), (2500, 0.005), (5000, 0.007), (7500, 0.009), (10000, 0.0099)

```

◎ supply from university

```

doctoral_student(t) = doctoral_student(t - dt) + (entry_doctor_ + entry_doctor_from_the_others -
grad_num_of_fulltime_doctor - grad_num_of_parttime_doctor) * dt
INIT doctoral student = 179

```


INFLOWS:

$$\text{entry_doctor_} = (\text{the_master's_course} * \text{application_ratio_of_doctor}) / \text{grad_DT_of_master}$$

$$\text{entry_doctor_from_the_others} = \text{doctor_entry_from_the_others}$$

OUTFLOWS:

$$\text{grad_num_of_fulltime_doctor} =$$

$$\text{doctoral_student} / \text{grad_DT_of_doctor} * \text{rate_of_applicant_of_fulltime_doctor}$$

$$\text{grad_num_of_parttime_doctor} =$$

$$(\text{doctoral_student} * \text{rate_of_applicant_of_fulltime_doctor}) / \text{grad_DT_of_doctor}$$

$$\text{student_of_college}(t) = \text{student_of_college}(t - dt) + (\text{entry_college} - \text{transfer_to_univ} - \text{grad_num_of_college}) * dt$$

$$\text{INIT student_of_college} = 800$$

INFLOWS:

$$\text{entry_college} = \text{additional_capacity} + \text{current_capacity_of_college}$$

OUTFLOWS:

$$\text{transfer_to_univ} = \text{student_of_college} / \text{grad_DT_of_college} * \text{application_ratio_of_univ}$$

$$\text{grad_num_of_college} = \text{student_of_college} / \text{grad_DT_of_college} * (1 - \text{application_ratio_of_univ})$$

$$\text{student_of_univ}(t) = \text{student_of_univ}(t - dt) + (\text{transfer_to_univ} - \text{entry_master} - \text{grad_num_of_univ}) * dt$$

$$\text{INIT student_of_univ} = 500$$

INFLOWS:

$$\text{transfer_to_univ} = \text{student_of_college} / \text{grad_DT_of_college} * \text{application_ratio_of_univ}$$

OUTFLOWS:

$$\text{entry_master} = \text{student_of_univ} * \text{application_ratio_of_master} / \text{grad_DT_of_univ}$$

$$\text{grad_num_of_univ} = \text{student_of_univ} / \text{grad_DT_of_univ} * (1 - \text{application_ratio_of_master})$$

$$\text{the_master's_course}(t) = \text{the_master's_course}(t - dt) + (\text{entry_master} + \text{entry_master_from_the_others} - \text{entry_doctor_} - \text{grad_num_of_master}) * dt$$

$$\text{INIT the_master's_course} = 300$$

INFLOWS:

$$\text{entry_master} = \text{student_of_univ} * \text{application_ratio_of_master} / \text{grad_DT_of_univ}$$

$$\text{entry_master_from_the_others} = \text{master_entry_from_the_others}$$

OUTFLOWS:

$$\text{entry_doctor_} = (\text{the_master's_course} * \text{application_ratio_of_doctor}) / \text{grad_DT_of_master}$$

$$\text{grad_num_of_master} = \text{the_master's_course} * (1 - \text{application_ratio_of_doctor}) / \text{grad_DT_of_master} + \text{additional_capacity} =$$

$$\text{DELAY}(\text{gap_of_demand_and_supply} * 0.01, \text{decision_delay}) * \text{policy_effect_on_college_supply}$$

$$\text{application_ratio_of_doctor} = 0.3$$

$$\text{application_ratio_of_univ} = 0.7$$

$$\text{application_ratio_of_master} = 0.1$$

```

current_capacity_of_college = 1200
decision_delay = 1
doctor_entry_from_the_others = DELAY(gap_of_demand_and_supply*0.01,decision_delay)
grad_DT_of_doctor = 5
grad_DT_of_master = 2
grad_DT_of_univ = 2
grad_DT_of_college = 2
master_entry_from_the_others = DELAY(gap_of_demand_and_supply*0.01,decision_delay)
policy_effect_on_college_supply = 0.5
rate_of_applicant_of_fulltime_doctor = 0.5
    
```

◎ the supply demand gap

```

demand_of_high_grade = total_ISM_demand*high_grade_ratio
demand_of_middle_grade = total_ISM_demand*middle_grade_ratio
demand_of_specialist = total_ISM_demand*specialist_ratio
demand_of_reserve = total_ISM_demand*reserve_ratio
deman_of_primary_grade = total_ISM_demand*primary_ratio
gap_of_demand_and_supply = (total_ISM_demand-total_supply)
gap_of_high_grape = demand_of_high_grade-high_grade
gap_of_middle_grade = demand_of_middle_grade-middle_grade
gap_of_specialist = demand_of_specialist-specialist
gap_of_primary_grade = deman_of_primary_grade-primary_grade
gap_of_reserve = demand_of_reserve-reserve
high_grade_ratio = 0.15
middle_grade_ratio = 0.35
primary_ratio = 0.2
reserve_ratio = 0.2
specialist_ratio = 0.1
total_supply = high_grade+middle_grade+primary_grade+reserve+specialist
    
```

◎ total demand for Information Security Manpower

```

total_ISM_demand(t) = total_ISM_demand(t - dt) + (increment_demand) * dt
INIT total_ISM_demand = 10032
    
```

INFLOWS:

```

increment_demand = ISM_gap*IS_incrementat_DT
ISM_gap = ISM_saturation_point-total_ISM_demand
ISM_saturation_point = (total_ITM+UIT_demand)*ratio_ISIT
    
```

$$IS_incrementat_DT = (ISIM_demand_pattern*ratio_ISI)+(ISR_demand_pattern*ratio_ISR)$$

$$ratio_ISI = ISIM_demand/(ISIM_demand+ISR\&DM_demand)$$

$$ratio_ISIT = 0.1$$

$$ratio_ISR = 1 - ratio_ISI$$