

## 미국의 정보기술 투자와 경제적 성과 사이의 인과성 연구\*

이 상 호\*\*, 김 성 희\*\*\*

### A Study of Causality between Country-level IT Investment and Economic Performance in the U.S.

Sangho Lee, Soung Hie Kim

This paper investigated the causal relationship between IT investment and economic performance with the office, computing and accounting machinery (OCAM) and gross domestic product (GDP) statistics from the United States for the period 1961 to 2001. Due to non-stationary aspects of the series, found by unit root tests, it was deemed applicable to apply growth models using the first difference of the series. The results indicate that IT investment growth at the country level do not only cause economic performance growth, but are also caused by economic performance growth. While IT investment growth affect economic performance growth over shorter time periods, economic performance growth affect IT investment growth over longer time periods. As a result, this study reveals IT investment growth have the preceding effect on economic performance growth, and then economic performance growth impact subsequently on IT investment growth.

**Keywords :** IT Investment, Economic Performance, Granger Causality

---

\* 저자들은 편집위원이신 권오병 교수님과 익명의 심사위원들께 감사를 드립니다. 그분들의 건설적인 심사소견은 본 연구의 질을 강화시켰습니다. 논문의 모든 오류는 저자들의 책임입니다.

\*\* 한국국방연구원 정보화연구센터 선임연구원

\*\*\* 한국과학기술원 테크노경영대학원 교수

## I. 서론

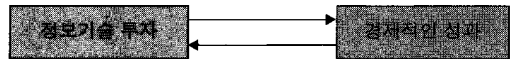
더 많은 자원이 정보기술에 투입됨에 따라 기업의 경영자들은 정보기술의 효과에 더 큰 관심을 갖게 되었다[Kohli and Devaraj, 2004]. 동시에 많은 학자들은 정보기술 투자가 조직의 성과에 영향을 줄 수 있다는 가설을 고민하게 되고, 다양한 관점에서 정보기술의 효과를 찾기 위하여 많은 실증적 연구를 시도하였다[Dedrick, Gurbaxani, and Kraemer, 2003]. 그렇지만 과거의 실증 연구들은 일관된 연구결과를 제시하지 못하는 경우가 많았다.1) 정보기술 투자의 긍정적인 효과를 보이는 연구들, 정보기술 투자와 성과와는 관련이 없다는 연구들, 정보기술 투자의 긍정적인 효과와 부정적인 효과를 동시에 제시하는 연구들이 있었다[Lee and Kim, 2006]. 동일한 사회현상에 대하여 일관되지 않은 연구결과를 보이는 이유에 대하여도 많은 설명이 있었으며 [Brynjolfsson, 1993; Brynjolfsson and Yang, 2) 1996], 정보기술 투자와 성과사이의 지연(time lag), 기업들이 활동하는 비즈니스 환경인 산업의 정보강도(information intensity of the industry)라는 개념을 이용한 Lee and Kim[2006]의 실증적 연구는 정보기술 투자의 긍정적인 효과에 대한 의문을 다소나마 해소할 수 있었다.

다양한 방법과 연구모형을 이용하며 경제적인 성과에 대한 정보기술 투자의 통계적으로 유의한 긍정적인 효과를 보이는 많은 실증적인 연구에도 불구하고, 연구에서의 인과성의 메커니즘이나 방향에 대한 의문은 추가의 조사가 필요한 주제이다[Baily and Hall, 2002; Brynjolfsson and Hitt, 2003; Dedrick 등, 2003; Hu and Quan,

2005]. 더 많은 정보기술 투자가 더 좋은 성과를 산출하는 것이 아니라, 더 좋은 성과를 산출한 기업이 정보기술이 좋은 성과를 창출할 것이라고 믿으면서 정보기술에 그들의 자원을 투입하는 것일 수 있다. 즉, 그 기업들은 더 좋은 성과 때문에 정보기술 투자를 할 수 있는 더 많은 기회를 얻은 것일 수 있다[Baily and Hall, 2002]. 게다가 성장하는 경제는 경제주체간의 조정과 관련된 정보처리의 강도를 높이고, 더 적시적이고 정확한 정보를 필요로 하게 된다. 결국 이러한 수요는 정보기술에 대한 더 큰 재무적 투자를 조장하게 마련이다[Dutta, 2001].

기존 연구자들과는 반대로 Hu and Plant[2001]는 정보기술 투자에 대한 기업성과의 영향을 실증적으로 발견하였고, Kobelsky, Richardson, and Zmud[2002]는 기업 이익이 정보기술 투자에 영향을 주는 것을 실증 연구로 찾았다. 그들의 연구 결과는 정보기술 투자와 성과간의 역방향의 인과관계(reverse causation)때문에 기존 연구에서 사용한 정보기술 투자의 효과에 관한 연구모형에 오류가 있을 수 있으며, 두 요소간의 인과성에 대한 연구가 필요하다는 것을 보이고 있다(<그림 1> 참조).

- 신고전 성장이론(Neo-classical growth theory)  
 $Q=f(L, K_0, K_1)$ , 여기서  $Q$ =경제생산,  $L$ =노동,  $K_0$ =비IT 자본,  $K_1$ =IT 자본
- 실증연구 예: Brynjolfsson[1996], Brynjolfsson and Hitt[2000], Brynjolfsson, Hitt, and Yang[2002], Dewan and Kraemer[1998, 2000] 등.



- 증가하는 경제는 정보처리의 강도를 증가시킴(더 큰 경제는, 조정과 관련된 더 많은 정보를 요구, 결국 정보처리를 위한 정보기술 투자의 증가를 유발함[Dutta, 2001])
- 정보기술 투자를 위한 능력(자원)의 증가(더 좋은 성과는 정보기술에 대한 더 많은 예산 편성이 가능) [Baily and Hall, 2002; Brynjolfsson and Hitt, 2000; Dedrick, Gurbaxani, and Kraemer, 2003]
- 실증연구 예: Kobelsky, Richardson, and Zmud[2002]

<그림 1> 기존 연구들에서의 정보기술 투자와 성과간의 영향관계

정보기술 투자와 성과간의 인과관계를 조금 더 엄격하게 이해하기 위하여 이 논문에서 해결하고자 하는 연구 질문은 다음과 같다:

- 1) 정보기술 투자의 효과에 관한 기존 연구의 정리는 Lee and Kim[2006]을 참조할 수 있다.
- 2) Yang은 얼마전까지 미국에서 정보기술 투자의 효과에 관한 연구를 활발하게 수행하셨지만, 이제는 고인이 되신 양신규 교수님입니다. 삼가 고인의 명복을 빕니다.

## 정보기술 투자와 경제적인 성과간의 인과관계가 있는가?

### 인과관계가 있다면, 인과성의 방향은 무엇인가?

이 논문의 구성은 다음과 같다: II절은 정보기술 투자와 성과간의 인과성에 관한 기존 연구를 검토하고, III절은 인과성을 탐색할 실증적 프레임워크와 방법론을 제시하며, IV절은 실증 결과를 보인다. 그리고 마지막으로 V절은 주요 발견 사항을 요약하고, 기여점을 기술하고, 미래 연구의 방향을 제안한다.

## II. 기존연구 검토: 정보기술 투자와 성과간의 인과성

X라는 요인이 Y라는 요인에 인과적인 영향을 준다는 단순한 개념은 계량경제학과 같은 사회과학의 범위를 넘어서는 주제이다[Dutta, 2001] (인과성 자체에 대한 설명은 Granger[1980]을 참조). 물리적 과학에서는 제안된 인과 메커니즘을 직접적으로 시험하기 위해서 통제된 조건하에서 많은 실험을 반복하여 수행할 수 있다. 그러나, 사회과학 분야에서는 경제적인 자료를 이용하는 대부분의 학문의 비실험적 본질때문에 가용한 자료를 가지고 철학적으로 엄격한 인과관계를 찾는 것은 어렵거나 때로는 불가능하다. 사회과학 분야에서 상충(반대)되는 인과 메커니즘이 제안되더라도 실증할 수 없는 어려움이 있었으나, 통계적 도구를 이용하여 인과관계를 시험할 수 있는 방법이 경제학 분야에서 Granger[1969]에 의하여 처음 소개되었고, 많은 학자들(예: Engel and Granger[1987]<sup>3)</sup>)에 의하여 발전되었다.

그레인저 방법은 경제학을 비롯한 다양한 분야에서 응용되며 많은 학술지에서 발표되었다(응

용된 주제에 대하여는 Dutta[2001]를 참조). 경제학의 오래된 주제인 통신(telecommunication) 분야의 투자와 성과와의 관계는 경제학 분야의 학술지에서 오랜 시간 다루어왔으며[Madden and Savage, 1998], 정보시스템 학계에서도 Dutta[2001]와 Lee, Gholami, and Tong[2005]이 다루고 있다. 그렇지만 정보기술 투자와 성과와의 관계에 그레인저 방법을 응용하여 인과성을 분석하는 것은 아직 유아기의 단계이다. 정보시스템 연구자들이 정보기술 투자와 성과와의 인과관계를 탐색하는 데 방해되는 가장 큰 장애물은 정보기술 투자에 대한 적절한 자료(예: 충분히 긴 시계열 자료)가 부족하기 때문이다[Doms, Jarmin, and Klimek, 2004].

제한된 자료수집 환경에서도 정보기술 투자와 성과와의 인과 관계에 대한 분석이 시도되었다. Hu and Plant[2001]의 연구는 다소의 한계점에도 불구하고 정보기술 투자와 기업 수준의 성과 사이의 인과관계를 분석하여 정보시스템 분야의 학술지에 발표한 최초의 연구로 기록될 수 있다. 그들의 인과모형은 정보기술 투자의 증가는 성과의 개선에 영향을 주지 못하지만, 기업의 개선된 성과는 다음년도의 정보기술 투자에 영향을 준다는 결과를 보이고 있다. 그리고 Hu and Quan[2005]은 1970년부터 1999년까지의 미국의 8개 산업을 대상으로 산업 수준의 정보기술 투자와 경제적인 성과간의 인과적 관계를 연구하였다. 4개의 산업(광산, 제조, 수송, 서비스)에서는 정보기술 투자로부터 성과로의 인과적 관계를, 2개의 산업(건설, 재무)에서는 성과로부터 정보기술 투자로의 인과적 관계를, 1개의 산업(도매)에서는 정보기술 투자와 성과와의 양방향(순환) 인과관계를 발견하였다. 한편, Devaraj and Kohli [2003]는 자신들의 연구모형의 타당성을 증명하기 위하여 그레인저 인과방법을 연구의 주요 방법이 아닌 명세화(specification) 시험의 한 방법으로 이용하기는 하였지만, 그들의 연구에 그레인저 방법과 관련된 통계적인 값들을 제시하지

3) Engle and Granger는 2003년에 노벨경제학상을 수상하였다.

는 않았다.

인과성의 존재와 인과성의 방향을 분석할 수 있는 정확한 방법으로 받아들여지고 있는 그레인저 인과성 시험은 다양한 분야(특히 경제학이나 통신)에서 응용되고 있으나, 정보시스템 분야에서 정보기술 투자와 성과와의 인과관계를 분석하기 위한 인과성 연구는 아직 희귀하다. 게다가 그레인저 방법을 응용한 기존 연구들은 사회과학 분야에서 식별하기 어려운 즉시적인 영향 관계를 연구 모형에 사용하였고[Granger, 1988, pp. 204-208], 그레인저가 제안한 인과성 연구방법의 중요한 전제인 지연의 크기를 너무 제한적으로 이용하였다. 이 주제의 중요성을 이해하고, 정보기술 투자와 경제적인 성과간의 관계에 관한 연구의 희소성과 기존 연구들의 한계점을 보완하기 위하여 정보기술 투자와 경제적 성과간의 인과성과 인과성의 방향을 분석할 필요가 있다.

### Ⅲ. 연구방법

#### 3.1 실증적 프레임워크

Granger[1969]는 시계열자료를 이용하여 인과메커니즘을 설명할 수 있는 방법을 제안하였다. 그레인저 인과성 시험은 다음과 같은 벡터 자기상관-이동평균(ARMA: autoregressive-moving average) 추정을 따르는 방법을 이용한다:

$$X_t = c + \sum_{j=1}^k \alpha_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^k \beta_j Y_{t-j} + \epsilon_t \quad (1)$$

$$Y_t = d + \sum_{j=1}^k \gamma_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^k \delta_j Y_{t-j} + \mu_t \quad (2)$$

여기서 k는 지연(lag)이고, X와 Y는 인과관계를 분석하기 위한 두개의 변수이고,  $\alpha_j, \beta_j, \gamma_j, \delta_j$ 는 계수이고, c와 d는 상수항이고,  $\epsilon_t$ 와  $\mu_t$ 는 상관되지 않은 화이트 노이즈 에러항(uncorrelated white noise error terms)이다.

그레인저 인과성 시험은 식 (1)에서 현재의  $X_t$

는 과거의  $X_{t-j}(j=1,2,\dots,k)$ 에 의하여 영향을 받고 있는 상황을 고려한다. 이 때 현재의  $X_t$ 가 과거의  $X_{t-j}(j=1,2,\dots,k)$ 뿐만 아니라 과거의  $Y_{t-j}(j=1,2,\dots,k)$  중의 어떤 하나에 의하여 영향을 받는다면(즉, 어떤  $\beta_j(j=1,2,\dots,k)$ 가 유의하다면), Y는 X에 그레인저 인과적 영향을 준다고 해석된다. 식 (2)의 경우는 X와 Y의 역할을 맞바꾸면 된다.

식 (1)과 식 (2)를 이용한 그레인저 인과성 시험은  $\beta_j, \gamma_j$ 의 유의성에 따라 다음 4가지 경우중의 한 결과를 산출한다:

- (1) 모든  $\beta_j(j=1,2,\dots,k)$ 들은 0과 통계적으로 유의하게 다르지 않고(즉, 0이고), 모든  $\gamma_j(j=1,2,\dots,k)$ 들은 0과 통계적으로 유의하게 다름(즉, 0이 아닐) 때, X는 Y에 인과적 영향을 주지만 Y는 X에 인과적 영향을 주지 못한다.
- (2) 모든  $\beta_j(j=1,2,\dots,k)$ 들은 0과 통계적으로 유의하게 다르고(즉, 0이 아니고), 모든  $\gamma_j(j=1,2,\dots,k)$ 들은 0과 통계적으로 유의하게 다름(즉, 0일) 때, Y는 X에 인과적 영향을 주지만 X는 Y에 인과적 영향을 주지 못한다.
- (3) 모든  $\beta_j(j=1,2,\dots,k)$ 들과  $\gamma_j(j=1,2,\dots,k)$ 들이 0과 통계적으로 유의하게 다름(즉, 0이 아닐) 때, X와 Y는 양방향 인과성(순환관계)이 있다.
- (4) 모든  $\beta_j(j=1,2,\dots,k)$ 들과  $\gamma_j(j=1,2,\dots,k)$ 들이 0과 통계적으로 유의하게 다르지 않을(즉, 0일) 때, X와 Y는 서로 인과성이 없다.

그레인저 인과성 시험을 이용하기 위하여는 이 방법에 내재된 몇가지 전제조건이 만족되어야 한다. 식 (1)과 식 (2)의 기반인 자기상관-이동평균 추정에 사용되는 모든 시계열은 안정적(I(0) stationary)이어야 하기 때문에, 분석에 사용되는 시계열의 안정(stationary) 여부를 판단해야 한다 [Hu and Quan, 2005; Quantitative Micro Software, 2000]. 시계열이 안정적인 시계열이 아니라면, 불안정한 시계열을 안정한 시계열로 만들

기 위하여 일반적으로 사용되는 수준의 차이(differencing)를 이용한다[Lee, Gholami, and Tong, 2005]. 시계열의 안정 여부를 판단하기 위하여 다양한 단위 루트 시험(unit root test)을 이용할 수 있지만, 일반적으로 많이 사용되는 방법인 수정된 디키-풀러(Augmented Dickey-Fuller: ADF) 시험과 필립스-페론(Phillips-Perron: PP) 시험을 이용한다[Tsukuda and Miyakoshi, 1998].

두번째 짚어야 하는 주제는 적절한 지연 구조(lag structures)의 선택이다[SAS, 2004]. 표준적인 실무적 방법은 조정 결정계수(adjusted  $R^2$ )를 최대화하거나 아카이크 정보기준(AIC: Akaike Information Criterion)을 최소화하는 지연 구조를 선택하는 것이다[Pindyck and Rubinfeld, 1998; Hu and Quan, 2005].

이 연구에서 그레인저 인과성 시험의 방법은 다음과 같은 순서를 따른다: 첫째, X와 Y의 안정적 시계열을 찾는다. 둘째, 다양한 k값에 대하여 식 (1)과 식 (2)를 추정한다. 셋째, 추정된 회귀식들중에서 최대의 조정 결정계수를 갖거나 최소의 AIC값을 갖는 최적의 회귀식을 선택하고, 선택된 회귀식의  $\beta_j$ 들과  $\gamma$ 들의 통계적 유의성을 고려하여 인과성의 결과를 앞에서 언급한 대로 의미를 해석한다.

### 3.2 자료

이 연구에서 사용된 자료는 1961년부터 2001년까지의 41년간의 미국의 실질 국내총생산(GDP: Gross Domestic Product)(1996년 가치)과 사무, 계산 및 회계 기계(OCAM: Office, Computing and Accounting Machinery)에 대한 연간 시계열 자료이다. 국가 수준의 경제적인 성과 변수로 국내총생산을 이용하는 것은 연구자들 사이에 이견이 적지만, 정보기술은 연구자에 따라 다양한 범위로 정의된다[Brynjolfsson and Yang, 1996]. 어떤 연구자들은 미국 상무부(US Department of Commerce) 경제분석국(Bureau of Eco-

nomics Analysis)의 범주인 사무, 계산 및 회계 기계(OCAM: Office, Computing and Accounting Machinery)를 이용하기도 하고, 어떤 연구자들은 조금 더 넓은 범주인 정보처리장비(IPE: Information Processing Equipment)를 이용하기도 한다. 또 다른 연구자들은 정보기술 투자에 소프트웨어와 관련된 서비스를 포함하기도 한다. 이 연구에서는 Brynjolfsson[1996]의 연구에 따라 사무, 계산 및 회계 기계 범주를 정보기술 투자로 이용한다.

OCAM과 GDP 자료는 미국 경제분석국의 국가 소득 및 제품 계정(NIPA: National Income and Product Account)표 웹사이트에서 얻었다. 명목 OCAM((NIPA표 5.8에서 획득)을 OCAM 가격 지수(NIPA표 7.8에서 획득)로 나누어 실질 OCAM(1996년 가치)을 구하였다. 이 연구에서 실질 GDP와 실질 OCAM은 각각 국가 수준의 경제적 성과와 정보기술 투자의 조작적 정의이다. 이후로는 실질 GDP와 실질 OCAM을 'GDP'와 '정보기술 투자'로 사용한다.

## IV. 연구결과

식 (1)과 식 (2)의 X와 Y를 각각 정보기술 투자와 GDP로 대체하여 분석하였다. 우선 안정적인 시계열을 찾기 위하여 정보기술 투자와 GDP 시계열이 안정적인 시계열이 아니라는 귀무가설을 이용한 ADF 검정에 기초하여 정보기술 투자는 1% 유의수준에서 안정적이었으나 GDP는 안정적인 시계열이 아니었다(Eviews 4.0에 의한 결과인 <표 1> 참조). III절 연구방법에서 언급한대로 불안정한 시계열인 정보기술 투자와 GDP 시계열을 안정적인 시계열로 만들기 위하여 차이(differencing)를 이용한 증가 모형을 이용하였다. 증가 모형을 이용한 시계열은 정보기술 투자와 GDP 시계열 모두 1% 유의수준에서 안정적이었다. 다른 단위 루트 시험인 필립스-페론 시험에서도 증가 모형을 이용한 시계열이 안정적인 시계열이었다.

<표 1> 단위 루트 시험

시계열명	수정된 디키-풀러 Augmented Dickey-Fuller (ADF)	필립스-페론 Phillips-Perron (PP)
정보기술 투자	-5.417***	4.559
GDP	-1.097	-0.338
정보기술 투자 증가	-5.413***	-2.147**
GDP 증가	-4.322***	-4.295***

주) \*\*\*는 1% 수준에서 통계적으로 유의함을 의미하고,  
\*\*는 5% 수준에서 통계적으로 유의함을 의미한다.  
판단의 기준은 맥키논(MacKinnon) 임계치이다.

$\beta_j(j=1,2,\dots,k)$ 들이 동시에 0이 아닌지를 판단하는 통계량은 F-통계량을 이용한다.  $\gamma_j(j=1,2,\dots,k)$ 의 경우에도 마찬가지이다. 시간 지연을 1부터 9까지 변화시키면서 식 (1)과 식 (2)를 추정한 결과가 <표 2>에 제시되었다.

<표 2> 정보기술 투자의 증가와 GDP 증가의 인과성 시험 결과

귀무가설	지연값	F-통계량	확률	조정 R <sup>2</sup>	AIC
H <sub>0</sub> <sup>1</sup> : 정보기술 투 자의 증가가 GDP 증가에 인과적인 영 향을 주지 않는다	1	2.400	0.130	.130	12.278
	2	6.022***	0.006	.289	12.144
	3	4.203**	0.014	.271	12.243
	4	2.950**	0.038	.222	12.379
	5	2.283*	0.078	.192	12.484
	6	2.400*	0.063	.238	12.470
	7	2.137*	0.092	.209	12.558
	8	1.523	0.230	.087	12.725
	9	1.415	0.282	.051	12.706
H <sub>0</sub> <sup>2</sup> : GDP 증가는 정보기술 투 자의 증가에 인과적인 영 향을 주지 않는다	1	0.004	0.950	.598	7.286
	2	0.795	0.460	.824	6.529
	3	0.482	0.697	.817	6.636
	4	0.255	0.904	.839	6.574
	5	1.939	0.125	.888	6.272
	6	2.742**	0.040	.903	6.187
	7	2.816**	0.036	.908	6.174
	8	4.108***	0.009	.934	5.867
	9	3.516**	0.023	.930	5.918

주) \*\*\*는 1% 수준에서, \*\*는 5% 수준에서, \*는 10% 수준에서 통계적으로 유의함을 의미한다.

이 연구에서 고려한 최대의 지연 구조는 9이다. 이는 정보기술 투자의 증가가 경제적인 성과의 증가에(또는 경제적인 성과의 증가가 정보기술 투자의 증가에) 영향을 줄 수 있는 최대 기간이다. 이와 관련된 기존 연구들은 1년[*Hu and Quan, 2005*], 2년[*Hu and Plant, 2001*], 3년[*Shafer and Byrd, 2000*], 4년[*Francalanci and Galal, 1998*], 4년~7년[*Brynjolfsson and Hitt, 2000*]과 같이 다양하게 이용하고 있다. 또한 미국 경제분석국은 컴퓨터 하드웨어의 수명을 7년이라고 가정하고 있다[*Shao and Lin, 2002*]. 최대기간을 사전에 가정하지 않고 통계적 분석기법을 이용한 *Lee and Kim[2006]*의 연구에서는 기대보다 짧은 2년 미만이었다. 정보기술 투자에 의하여 도입된 컴퓨터는 일정기간의 수명이 경과하면 폐기된다. 폐기된 컴퓨터가 경제적인 성과에 영향을 준다고 하는 것은 의미가 적다. 따라서 최대의 지연 구조는 컴퓨터와 같은 정보기술의 수명을 의미한다고 할 수 있는데, 9년은 충분히 길게 고려한 것이다.

1부터 9까지의 지연을 이용한 회귀모형중 최대의 조정 결정계수(adjusted R<sup>2</sup>=0.289)를 갖거나 최소의 AIC값(12.144)을 갖는 지연 구조는 2이다(<표 2>에서 밑줄친 회귀식). 이 결과를 해석하여 정보기술 투자의 증가가 GDP 증가에 영향을 주는가를 판단해야 한다. F값은 6.022이고 1% 수준에서 유의하여 정보기술 투자의 증가가 GDP 증가에 영향을 주지 않는다는 귀무가설(H<sub>0</sub><sup>1</sup>)은 기각된다. 따라서 정보기술 투자의 증가는 경제적인 성과의 증가에 (2년 동안) 인과적인 영향을 준다는 결과를 얻을 수 있다.

GDP 증가가 정보기술 투자의 증가에 영향을 주는가의 여부도 동일한 방법으로 분석된다. 우선 1부터 9까지의 지연 구조를 이용한 식의 결과값들을 구한다. 이들 결과값들중에 지연이 8인 연구모형의 결과값이 최대의 조정 결정계수(adjusted R<sup>2</sup>=0.934)나 최소의 AIC값(5.867)을 보이고 있다. 이 결과를 해석하여 GDP 증가가 정보기술 투자

의 증가에 영향을 주는가를 판단해야 한다. F값은 4.108이고 1% 수준에서 유의하여 GDP 증가가 정보기술 투자의 증가에 영향을 주지 않는다는 귀무가설( $H_0^2$ )은 기각된다. 따라서 경제적인 성과의 증가는 정보기술 투자의 증가에 (8년 동안) 인과적인 영향을 준다는 결과를 얻게 된다.

정보기술 투자의 증가와 GDP 증가간의 상관분석을 시도하였다면, 상관성(양의 관계이든, 부의 관계이든)을 파악할 수는 있었을 것이나 영향관계의 방향성을 파악하기는 어려웠을 것이다. 그레인저 인과성 시험의 결과로 정보기술 투자의 증가가 GDP 증가에 인과적인 영향을 주며, GDP 증가도 정보기술 투자의 증가에 영향을 준다는 것을 알 수 있었다. 이는 정보기술 투자의 증가와 경제적인 성과의 증가 사이에는 양방향 인과성(순환관계)이 있음을 보이고 있다. 다양한 지연값을 이용한 회귀모형의 결과들(<표 2>)을 보면, 정보기술 투자의 증가는 GDP 증가에 주로 단기적으로 인과적인 영향을 주지만, GDP 증가는 정보기술 투자의 증가에 주로 장기적으로 인과적인 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 이는 정보기술 투자의 증가가 GDP 증가에 영향을 주고, 성장된 국내 경제는 정보기술 투자의 수요를 증가시켜 투자가 늘어나는 모습을 보이고 있다.

본 실증연구는 <그림 1>의 기존 학자들의 상반된 주장은 모두 옳바르다는 것을 보이고 있다. 즉, 이 결과는 기업이나 국가의 성과가 정보기술 투자에 영향을 줄 수 있다는 몇몇 연구자들[Baily and Hall, 2002; Brynjolfsson and Hitt, 2000; Dutta, 2001]의 주장과 정보기술 투자의 가치를 연구하였던 기존 학자들[Brynjolfsson and Hitt, 2003; Dewan and Kraemer, 1998; 2000 등<sup>4)</sup>]이 사용하였던 신고전 성장이론(neo-classical growth theory)에 기반한 연구모형들이 모두 적절하다는 것을 보이고 있다.

4) 이에 대하여는 Lee and Kim[2006]을 참조할 수 있다.

## V. 결 론

이 연구는 정보기술 투자의 증가와 경제적 성과의 증가 사이의 인과성의 존재 여부와 인과성의 방향에 대한 실증 연구이다. 그레인저 인과성 시험결과는 정보기술 투자의 증가는 경제적인 성과의 증가에 인과적인 영향을 주고 경제적인 성과의 증가도 정보기술 투자의 증가에 인과적인 영향을 주는 것을 보이고 있다. 즉, 정보기술 투자의 증가와 경제적인 성과의 증가 사이에는 양방향의 인과성이 있다. 그리고 최대 조정 결정계수나 최소 AIC값이 제안하는 회귀모형의 지연구조를 볼 때, 국가 수준의 정보기술 투자의 증가는 경제적인 성과의 증가에 단기간에 영향을 주고 국가 경제의 증가는 정보기술 투자의 증가에 장기적으로 영향을 준다는 결과를 보이고 있다.<sup>5)</sup>

국가 수준의 정보기술 투자와 성과간의 관계 연구에 그레인저 인과성 시험 방법을 응용한 이 연구는 다음과 같은 몇가지 의의가 있다. 첫째, 정보기술 투자와 성과간의 인과성의 방향에 관한 의문을 실증적으로 해결하였다. <그림 1>에서와 같이 가설 수립의 기반이 되는 이론에 따라 제안될 수 있는 상충되는 인과성의 방향이 아닌 인과성의 존재와 방향을 제시할 수 있는 통계적인 방법을 이용하여 실질적인 증거를 탐색적으로 찾았다. 둘째, 정보기술 투자와 성과간의 관계 연구는 주로 기업 수준의 분석이 많으며 국가 수준의 연구는 부족한데[Dedrick 등, 2003], 이 연구는 국가 수준의 분석을 시도하였다. 적절한 통계적 분석을 위한 풍부한 자료 수집의 어려움 때문에[Doms 등, 2004], 최근까지도 정보기술 투자의 몇몇 실증적인 연구[Dewan and Kraemer, 1998; 2000]만이 국가 수준에서 수행되었다. 경제학자들은 미시(micro)적인 분석부터 거시(macro)적인 분석까지 넓은 대역폭에 걸쳐 연구하고 있

5) 기업 수준에서 분석한 Lee and Kim[2006]의 연구는 정보기술 투자와 성과간의 시간 지연이 짧은 것을 보이고 있다.

지만, 경영정보학자들은 주로 기업 수준의 미시적인 연구에 집중하고 있어 거시적인 시각의 분석으로 연구의 범위를 확장할 필요가 있다. 국가 수준의 분석을 시도한 본 연구는 Berthon, Pitt, Ewing, and Carr[2002]이 제안한 상황 확장(context extension)에 해당되며, 본 연구를 통하여 정보기술 투자가 성과에 인과적인 영향을 주는 현상이 기업 수준뿐만 아니라 국가 수준에서도 발생된다는 것을 실증하고 있다. 셋째, 경제학계와는 달리 정보기술 투자와 성과간의 관계에 관한 오래된 주제를 경영정보학계에서 몇몇 연구만(예: Devaraj and Kohli[2003], Hu and Plant[2001], Hu and Quan[2005])이 시도하여 상대적으로 새로운 그래인저 인과성 시험 방법을 본 연구는 이용하였는데, 이는 Berthon 등[2002]의 방법 확장(method extension)에 해당된다. 다른 학문 분야의 연구방법을 경영정보학계는 적극적으로 수용할 필요가 있다. 마지막으로, 본 연구는 이용한 연구방법의 특성 때문에 정보기술 투자와 성과간의 관계에서 고려해야 하는 요소인 적절한 시간 지연(예: Brynjolfsson[1993], Dedrick 등[2003], Lee and Kim[2006])을 고려할 수 있었다.

아일랜드, 핀란드, 한국과 같은 많은 국가들은 정보기술에 많은 자원을 투입하였으며, 정보기술 영역에서 부가가치의 많은 부분을 산출할 수 있었다[OECD, 2005]. 이러한 현상은 이 국가들이 선택한 정보기술 투자에 의한 경제성장의 추구는 적절한 정책이라는 것을 보이고 있으며, 미국 자료를 이용한 본 연구의 결과는 이를 실증적으로 지지하고 있다. 결과적으로 전자정부의 적극적인 추진과 같이 국가적으로 지속적인 정보기술 투자를 추진하고, 기업들의 정보기술 투자를 유도할 수 있는 경제정책을 입안하는 것은 지속

적인 경제성장을 위하여 필요한 요소라는 것을 보이고 있다.

특히 이 연구의 결과와 같이 정보기술 투자는 경제적인 성과에 영향을 주고, 다시 경제적인 성과의 증가는 정보기술 투자의 증가를 유도하는 선순환 관계가 있는 것을 고려해야 한다. 경제 상황이 좋지 않을 때 이러한 경제 상황은 정보기술 투자를 위축시키며, 위축된 정보기술 투자는 국가 경제를 더욱 축소시키게 된다. 축소된 경제는 정보기술 투자를 더욱 위축시키고, 위축된 정보기술 투자는 더욱 더 국가 경제를 축소시킬 수 있다. 이러한 악순환의 연결고리를 끊어야 한다. 비록 경제 상황이 좋지 않더라도 정보기술 투자를 증가시키면, 증가된 정보기술 투자는 경제를 성장시킬 수 있는 동력이 될 수 있다. 성장하는 국가 경제는 정보기술 투자의 증가를 유도하게 되며, 정보기술 투자의 증가는 국가 경제의 성장을 유발하는 선순환의 중심에 있어야 한다. 국내에서 추진되고 있는 IT839전략과 같이 정보기술 투자를 유도하는 전략은 국가경제를 발전시킬 수 있는 좋은 수단이 될 수 있음을 이 연구는 보이고 있다.

정보기술 투자와 경제적인 성과 사이의 인과성 연구에서 추가적으로 수행되어야 하는 연구 주제가 있다. 우선 미국이 아닌 다른 국가의 현상도 추가적으로 분석하여 연구 결과의 일반화를 추구해야 할 필요가 있다. 둘째, 국가 수준이 아닌 기업 수준에서의 자료를 이용한 인과성 연구도 필요하다. 국가의 정보기술 투자는 국가의 정책자들이 결정하지만, 기업의 투자는 기업의 경영자들이 의사결정한다. 그들에게는 국가 수준의 분석보다는 기업 수준의 분석이 더욱 가깝게 느껴질 것이다. 특히 기업의 재무적인 성과를 이용한 연구는 아직 미래 연구의 기회이다[Dedrick 등, 2003].

## 〈참 고 문 헌〉

[1] Baily, M.N. and Hall, R.E., "Comments and Discussion," *Brookings Paper on Economic*

*Activity*, Vol. 2002, No. 1, 2002, pp. 182-193.

[2] Berthon, P., Pitt, L., Ewing, M., and Carr,



- C.L., "Potential Research Space in MIS: A Framework for Envisioning and Evaluating Research Replication, Extension, and Generation," *Information Systems Research*, Vol. 13, No. 4, 2002, pp. 416-427.
- [3] Brynjolfsson, E., "The Productivity of Information Technology," *Communications of the ACM*, Vol. 36, No. 12, 1993, pp. 67-77.
- [4] Brynjolfsson, E., "The Contribution of Information Technology to Consumer Welfare," *Information System Research*, Vol. 7, No. 3, 1996, pp. 281-300.
- [5] Brynjolfsson, E. and Hitt, L.M., "Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance," *Journal of Economic Perspective*, Vol. 14, No. 4, 2000, pp. 23-48.
- [6] Brynjolfsson, E. and Hitt, L.M., "Computing Productivity: Firm-level Evidence," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 85, No. 4, 2003, pp. 793-808.
- [7] Brynjolfsson, E., Hitt, L.M., and Yang, S., "Intangible Assets: Computers and Organizational Capital," *Brookings Paper on Economic Activity*, Vol. 2002, No. 1, 2002, pp. 137-198 [An earlier version appeared as "Intangible Assets: How the Interaction of Computers and Organizational Structure Affects Stock Market Valuations," *Proceedings of the Nineteenth International Conference on Information Systems*, 1998, pp. 8-29.]
- [8] Brynjolfsson, E. and Yang, S., "Information Technology and Productivity: A Review of the Literature," *Advances in Computers*, Vol. 43, 1996, pp. 179-214.
- [9] Dedrick, J., Gurbaxani, V., and Kraemer, K.L., "Information Technology and Economic Performance: A Critical Review of the Empirical Evidence," *ACM Computing Survey*, Vol. 35, No. 1, 2003, pp. 1-28.
- [10] Devaraj, S. and Kohli, R., "Performance Impacts of Information Technology: Is Actual Usage the Missing Link?," *Management Science*, Vol. 49, No. 3, 2003, pp. 273-289.
- [11] Dewan S. and Kraemer, K.L., "Information Technology and Productivity: Evidence from Country-level Data," *Management Science*, Vol. 46, No. 4, 2000, pp. 548-562.
- [12] Dewan, S. and Kraemer, K.L., "International Dimensions of the Productivity Paradox," *Communications of the ACM*, Vol. 41, No. 8, 1998, pp. 56-62.
- [13] Doms, M.E., Jarmin, R.S., and Klimek, S.D., "Information Technology Investment and Firm Performance in US Retail Trade," *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 13, No. 7, 2004, pp. 595-613.
- [14] Dutta, A., "Telecommunications and Economic Activity: An Analysis of Granger Causality," *Journal of Management Information Systems*, Vol. 17, No. 4, 2001, pp. 71-95.
- [15] Engle, R.F. and Granger, C.W.J., "Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing," *Econometrica*, Vol. 55, No. 2, 1987, pp. 251-276.
- [16] Francalanci, C. and Galal, H., "Information Technology and Work Composition: Determinants of Productivity in the Life Insurance Industry," *MIS Quarterly*, Vol. 22, No. 2, 1998, pp. 227-241.
- [17] Granger, C.W.J., "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods," *Econometrica*, Vol. 37, No. 3, 1969, pp. 424-438.
- [18] Granger, C.W.J., "Some Recent Developments in a Concept of Causality," *Journal*

- of *Econometrics*, Vol. 39, No. 1-2, 1988, pp. 199-211.
- [19] Granger, C.W.J., "Testing for Causality," *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 2, No. 3, 1980, pp. 329-352.
- [20] Hu, Q. and Plant, R., "An Empirical Study of the Casual Relationship between IT Investment and Firm Performance," *Information Resources Management Journal*, Vol. 14, No. 3, 2001, pp. 15-26.
- [21] Hu, Q. and Quan, J.J., "Evaluating the Impact of IT Investments on Productivity: A Causal Analysis of Industry Level," *International Journal of Information Management*, Vol. 25, 2005, pp. 39-53.
- [22] Kobelsky, K., Richardson, V.J., and Zmud, R.W., "Determinants of Budgeted Information Technology Expenditures," *Proceedings of Twenty-Third International Conference on Information Systems*, 2002, pp. 459-468.
- [23] Kohli, R. and Devaraj, S., "Realizing the Business Value of Information Technology Investments: An Organizational Process," *MIS Quarterly Executive*, Vol. 3, No. 1, 2004, pp. 53-68.
- [24] Lee, S. and Kim, S.H., "A Lag Effect of IT Investment on Firm Performance," *Information Resources Management Journal*, Vol. 19, No. 1, pp. 43-69.
- [25] Lee, S.-Y.T., Gholami, R., and Tong, T.Y., "Time Series Analysis in the Assessment of ICT Impact at the Aggregate Level - Lessons and Implications for the New Economy," *Information and Management*, Vol. 42, 2005, pp. 1009-1022.
- [26] Madden, G. and Savage, S.J., "CEE Telecommunications Investment and Economic Growth," *Information Economics and Policy*, Vol. 10, No. 2, 1998, pp. 173-195.
- [27] OECD, *OECD Factbook 2005*, 2005. OECD 웹사이트에서 획득.
- [28] Pindyck, R.S. and Rubinfeld, D.L., *Econometric Models and Economic Forecasts*, 4th ed., McGraw-Hill Book, Singapore, 1998.
- [29] Quantitative Micro Software, LLC., *EViews 4.0 User's Guide*, Irvine, CA, 2000.
- [30] SAS, *Examples: Bivariate Granger Causality Test*, 2004. Available from <<http://support.sas/rnd/app/examples/ets/granger/index.htm>>.
- [31] Shafer, S.M. and Byrd, T.A., "A Framework for Measuring the Efficiency of Organizational Investments in Information Technology Using Data Envelopment Analysis," *Omega*, Vol. 28, No. 2, 2000, pp. 125-141.
- [32] Shao, B.B.M. and Lin, W.T., "Technical Efficiency Analysis of Information Technology Investments: A Two-stage Empirical Investigation," *Information and Management*, Vol. 39, No. 5, 2002, pp. 391-401.
- [33] Tsukuda, Y. and Miyakoshi, T., "Granger Causality between Money and Income for the Japanese Economy in the Presence of a Structural Change," *The Japanese Economic Review*, Vol. 49, No. 2, 1998, pp. 191-209.

부 록

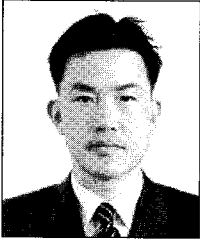
<표 A> 실질 정보기술 투자와 실질 GDP

(단위: 10억달러, 1996년 기준)

연도	정보기술 투자(OCAM)	정보기술 투자의 증가	GDP	GDP 증가
1961	1.71		2,432.00	
1962	1.56	-0.15	2,578.90	146.90
1963	1.55	-0.01	2,690.40	111.50
1964	1.55	0.00	2,846.50	156.10
1965	1.70	0.15	3,028.50	182.00
1966	2.15	0.45	3,227.50	199.00
1967	1.95	-0.19	3,308.30	80.80
1968	1.95	0.00	3,466.10	157.80
1969	2.22	0.27	3,571.40	105.30
1970	1.89	-0.33	3,578.00	6.60
1971	1.74	-0.15	3,697.70	119.70
1972	2.05	0.31	3,898.40	200.70
1973	2.98	0.93	4,123.40	225.00
1974	3.83	0.85	4,099.00	-24.40
1975	3.23	-0.60	4,084.40	-14.60
1976	3.80	0.57	4,311.70	227.30
1977	3.97	0.17	4,511.80	200.10
1978	5.95	1.98	4,760.60	248.80
1979	7.63	1.68	4,912.10	151.50
1980	8.57	0.94	4,900.90	-11.20
1981	9.57	1.01	5,021.00	120.10
1982	8.31	-1.26	4,919.30	-101.70
1983	12.84	4.53	5,132.30	213.00
1984	16.31	3.47	5,505.20	372.90
1985	17.65	1.34	5,717.10	211.90
1986	19.73	2.08	5,912.40	195.30
1987	17.69	-2.03	6,113.30	200.90
1988	18.38	0.69	6,368.40	255.10
1989	21.26	2.88	6,591.80	223.40
1990	19.98	-1.28	6,707.90	116.10
1991	20.80	0.82	6,676.40	-31.50
1992	27.22	6.42	6,880.00	203.60
1993	33.36	6.14	7,062.60	182.60
1994	39.61	6.25	7,347.70	285.10
1995	56.62	17.01	7,543.80	196.10
1996	78.70	22.08	7,813.20	269.40
1997	110.92	32.22	8,159.50	346.30
1998	155.80	44.89	8,508.90	349.40
1999	214.38	58.58	8,858.96	350.06
2000	253.93	39.55	9,191.41	332.45
2001	247.83	-6.11	9,214.54	23.13

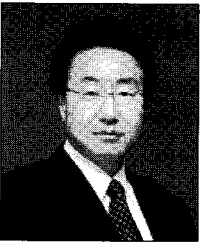
자료원: 미국 경제분석국.

◆ 저자소개 ◆



이상호 (Lee, Sangho)

현재 한국국방연구원(KIDA) 정보화연구센터 선임연구원으로 재직 중이며, 성균관대학교 경영학과에서 학사 및 석사를 취득하고 한국과학기술원(KAIST) 테크노경영대학원에서 경영공학박사를 취득하였다. Information Resources Management Journal, 한국SI학회지, 국방정책연구 등의 학술지에 논문을 게재한 바 있다. 주요 관심분야는 정보기술 투자 평가, 경영혁신과 정보기술 활용, 정보화전략, e-비즈니스, S/W개발 프로젝트관리, S/W 프로세스 개선 등이다.



김성희 (Kim, Soung Hie)

현재 한국과학기술원(KAIST) 테크노경영대학원 교수로 재직 중이다. 서울대학교에서 공학사, University of Missouri-Columbia에서 공학석사, Stanford University에서 박사를 취득하였다. 많은 국제학술지 및 국내학술지에 논문을 게재한 바 있다. 주요 관심분야는 의사결정지원시스템, 전자정부, e-비즈니스, 데이터마이닝, 정보시스템 아웃소싱전략 등이다.

◆ 이 논문은 2005년 12월 17일 접수하여 1차 수정을 거쳐 2006년 4월 19일 게재확정되었습니다.