

Insight Report

ICT 투자와 GDP 증대간의 상호관계 연구





본 저작물은 공공누리 제4유형: 출처표시+상업적이용
금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

↓	요 약	1
	I. 연구의 배경 및 목적	2
	II. 기존 연구 검토	5
	III. 연구 모형	9
	IV. 연구 결과	18
	V. 결론 및 시사점	24
	참고문헌	26



요 약

■ 연구 배경 및 필요성

- Solow(1987)는 ICT 투자가 생산성 향상을 초래하는지 그 효과는 불확실하다고 했는데, 이를 소위 ‘정보 생산성 역설’ (*Information Productivity Paradox*)이라 부름
- 실제로 1980년대 이전의 많은 실증연구에서는 ICT 투자의 생산성은 마이너스로 나타났지만, 1990년대 이후의 많은 실증연구에서는 그 반대의 결과가 많이 나왔음. 하지만 1990년대 이후의 실증연구에서도 ICT 투자는 경제성장에 유의한 영향을 미치지 못한다는 결과를 발표한 논문이 적지 않음
- 국가의 발전 단계나 분석 대상 기간에 따라 결과가 매우 상이하게 나타날 것으로 예상됨. 여기에 실증분석의 필요성이 제기됨

■ 분석 데이터 및 모형 설정

- 1999년부터 1월부터 2016년 6월까지의 계절 조정된 분기별 시계열 자료를 토대로 하여 한국의 ICT 투자와 GDP 증대간의 인과관계를 규명
- 본 연구에서는 두 변수 간에 공적분 관계식이 존재한다는 사실을 확인하였기 때문에 표준적인 Granger-인과성 검정을 하지 않고 벡터수정모형(Vector Error Correction Model)을 통하여 ICT 투자와 GDP 증대간의 인과성 여부를 판단

■ 주요 결과 및 시사점

- ICT 투자로부터 GDP 증대로의 단기 인과성을 제외하고는 양방향으로 장·단기 인과성 및 강 인과성이 존재한다는 사실을 발견
- 이는 ICT 산업에 대한 투자는 한국의 경제성장에 큰 영향을 미쳤으며, 또한 경제가 성장함에 따라 ICT 산업에 대한 투자도 커지고 있다는 사실을 입증함. 다만 현재와 같은 ICT 투자 침체가 장기간에 걸쳐 지속되면 ICT 투자가 GDP 증대를 단기적으로는 물론 장기적으로도 인과하지 못하는 현상이 나타날 우려가 있음.

■ 연구의 배경

● ICT 투자와 경제 성장

- (긍정론) 직관적으로 볼 때 ICT(Information and Communication Technology)에 대한 투자는 근로자들이 사용할 수 있는 자본스톡을 증가시켜 노동생산성을 증대시키고, 노동생산성의 증대는 다시 ICT에 대한 투자를 유발시킬 것이라는 예측이 가능함
- 실제로 1990년대 OECD에 속하는 대다수의 국가에서는 ICT 투자가 경제성장을 촉진시키는 데 기여한 것으로 나타나고 있음
- 특히 미국에서 이러한 경향은 더욱 두드러졌음(OECD, 2004). 미국의 ITIF 보고서에 따르면, ICT는 정보를 디지털 형태로 변환하고 이를 다른 산업부문에 융합시킴으로써 물량적인 성장을 촉진했을 뿐 아니라 보건의료 체제의 개선, 소비자-기업-정부의 상호작용 등을 통한 삶의 질 개선에도 기여한 것으로 나타나고 있음
- (부정론) 하지만 ICT가 발전할수록 악성코드, 스팸 등의 처리를 위한 경제적 비용도 증가하고, 해킹 기술의 발달로 개인정보 유출이 쉽게 나타나는 등, 부정적인 영향도 증가하고 있음.
- 이와 같이 ICT에 대한 투자는 경제성장을 촉진하는 효과도 있지만, 그 반대도 성립할 수 있음

● 한국의 ICT 산업과 경제 성장

- (긍정적 효과) 한국의 경우, ICT가 1990년대 후반에 발생했던 경제위기 이후 경제성장의 견인차 역할을 담당해 왔다는 사실을 여러 가지 지표로 확인할 수 있음
- GDP 중 ICT 산업이 차지하는 비중은 1995년에 2.1%에 불과했지만, 2013년에는 10%를 돌파하였으며, 2015년 말 현재 10.1%를 차지하고 있음
- 이 외에도 2000년 이후 최근까지 ICT 산업은 설비투자, 민간소비, 총수출, 총

수입 등에서 차지하는 비중이 지속적으로 커지고 있음. 특히 ICT 산업은 2015년 말 기준으로 한국의 총수출의 1/3을 차지하고 있음

- (부정적 효과) 하지만 한편으로는 한국의 성장 주력산업으로 인식되어 오던 ICT 산업이 제조업 편중, 부품소재산업의 미발달, 생산·고용·소득 창출 원으로서의 역할 저하, 경제 전반의 낮은 ICT 사용도 등의 요인으로 성장 동력의 활력을 잃고 있다는 지적도 나오고 있음

연구 필요성

ICT 투자와 경제 성장의 양립성에 관한 기존의 연구 결과

- 경제에 미치는 ICT의 플러스 및 마이너스 요인들을 고려해 볼 때, 과연 ICT에 대한 투자는 경제성장과 양립할 수 있을 것인지에 대한 의문을 가지지 않을 수 없음
- Solow(1987)는 ICT 투자가 생산성 향상을 초래하는지 그 효과는 불확실하다고 했는데, 이를 소위 ‘정보 생산성 역설’ (*Information Productivity Paradox*)이라 부름
- 실제로 1980년대 이전의 많은 실증연구에서는 ICT 투자의 생산성은 마이너스로 나타났지만, 1990년대 이후의 많은 실증연구에서는 그 반대의 결과가 많이 나왔음. 하지만 1990년대 이후의 실증연구에서도 ICT 투자는 경제성장에 유의한 영향을 미치지 못한다는 결과를 발표한 논문이 적지 않음

실증분석의 필요성

- 이상의 논의를 종합해 보면 국가의 발전 단계나 분석 대상 기간에 따라 결과가 매우 상이하게 나타날 것으로 예상됨. 여기에 실증분석의 필요성이 제기됨

연구의 목적 및 주요 내용

(연구의 목적)

- 한국의 1999년 1/4분기부터 2016년 2/4분기까지의 분기별 시계열 데이터를 이용하여 ICT 투자와 경제 성장간의 인과관계를 규명하고 정책적 시사점을 얻는 것임

(주요 내용)

- 제2장 : 기존 연구문헌의 검토 및 본 연구의 위치
- 제3장 : 본 연구에서 사용한 분석 자료에 대한 소개 및 ICT 투자와 경제 성장간의 인과관계를 규명하기 위한 연구모형 설정
- 제4장 : 연구결과의 제시
 - 단위근 검정을 통한 GDP 및 ICT 투자 시계열의 안정성 검정
 - 공적분 검정을 통한 시계열간 선형 결합의 안정성 검토
 - 벡터오차수정모형을 통한 변수간 인과관계의 존재 유무 검정
- 제5장 : 연구결과의 요약 및 정책적 시사점

II 기존 연구 검토

주요 외국의 기존 연구

- ICT 투자와 경제 성장과의 관계에 대해서는 1980년대 이후 최근까지 많은 연구가 이루어 졌음
 - 이들 연구는 크게 기업 및 산업 수준의 연구와 국가 수준의 연구로 대별할 수 있음
 - 국가 수준의 연구는 다시 적용 방법론을 기준으로 성장회계방식, 회귀분석, 인과관계 분석의 세 부류로 나누어 볼 수 있음
- 기업 및 산업 수준에서의 연구
 - 기업 및 산업 수준에서의 연구에서는 대체적으로 선후진국을 막론하고 ICT 투자와 생산성 증가는 밀접한 관련성이 있다는 연구결과가 발표되었음
 - (대표적 연구) Brynjolfsson and Hitt (2003); Lehr and Lichtenberg (1999); Stiroh (2002); O'Mahony and Vecchi (2005); Jensen (2007)
- 국가 수준에서 GDP 증가에 미치는 ICT 투자의 효과를 측정하기 위하여 성장회계방식을 채용한 일련의 연구
 - Jorgenson and Stiroh (2000); Jorgenson (2001); Oliner and Sichel (2000); Oulton (2002); Jalava and Pohjola (2002); Jorgenson and Motohashi (2005); Colechia and Schreyer (2001); Van Ark, Melka, Mulder, Timmer, and Ypma (2002); Daveri (2002); Timmer, Ypma, and Van Ark (2003); Jorgenson (2003); Jorgenson and Vu (2007)
- 한 국가를 대상으로 하여 ICT 투자가 경제성장에 미치는 효과를 회귀분석을 이용하여 측정한 대표적 연구
 - Dholakia and Harlam (1994), Wang (1999), Vu (2013) 등의 연구가 있는데, 이들 연구에서는 ICT가 경제성장에 플러스의 영향을 미치는 것으로 나타났음
- 다수 국가를 대상으로 하여 ICT 투자가 경제성장에 미치는 효과를 회귀분석을 이용하여 분석한 일련의 연구
 - 대체로 ICT가 경제성장에 플러스의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 대표적

인 연구로 다음과 같은 것들이 있음. Hardy (1980); Roller and Waverman (2001); Madden and Savage (1998); Jacobsen (2003); Waverman, Meschi, and Fuss (2005); Thompson and Garbacz (2007); Seo, Lee, and Oh (2009); Gruber and Koutroumpis (2010a); Vu (2011); Cardona, Kretschmera and Strobelb (2013)

- 하지만 ICT 투자가 경제성장에 반드시 긍정적 효과를 가져 오지는 않는다는 연구 결과도 다수 존재함
 - ※ 36개국을 대상으로 하여 1985~1993년의 panel data를 분석한 Dewan and Kraemer (2000)의 연구에서는 선진국에서는 ICT 자본투자 수익률이 통계적으로 플러스로 유의하게 나타났지만, 개발도상국에서는 통계적으로 유의하지 않게 나타났음
 - ※ 43개국을 대상으로 1985~1999년의 샘플 데이터를 분석한 Pohjola (2002)의 연구에서는 ICT 투자는 경제 성장에 유의한 영향을 미치지 못한다는 연구 결과가 나왔음
 - ※ 84개국의 1990~1999년의 데이터를 분석한 Jacobsen (2003)의 연구에서는 휴대전화 보급률은 경제성장에 플러스의 유의한 영향을 미치지만, 컴퓨터 보급률은 경제성장에 유의한 영향을 미치지 못한다는 결과가 나왔음
 - ※ 이들 연구 외에도 특히 1990년대에 이루어진 연구들 중에 ICT는 생산성에 플러스의 유의한 영향을 미치지 못한다는 증거를 제공하는 문헌들이 다수 존재함 (Berndt and Morrison (1995); Brynjolfsson (1996); Loveman (1994))

● ICT 투자와 경제성장간의 인과관계 연구

- ICT 투자가 경제성장에 미치는 연구결과에서 살펴본 바와 같이 대상 국가와 분석 기간에 따라 상이한 연구결과가 도출되었음
 - ※ 연구결과의 유형은 크게 세 가지로 ICT 투자는 경제 성장을 단방향 Granger- 인과 한다는 결과와 경제 성장은 ICT 투자를 단방향으로 Granger- 인과 한다는 결과, 그리고 ICT 투자와 경제 성장 사이에 양 방향의 Granger- 인과관계가 성립한다는 결과로 분류할 수 있음
- 양방향 인과관계를 지지하는 연구로는 Cronin et al. (1991, 1993), Munnell (1992), Gramlich (1994), Madden and Savage (1998), Dutta (2001), Wolde-Rufael (2007) 등의 연구가 있음
- Greenstein and Spiller (1995), Rölller and Waverman (2001), Datta and Agarwal (2004), Duggal, Saltzman and Klein (2007), Koutroumpis (2009) 등의 연구에서는 ICT 투자가 경제 성장을 단방향으로 Granger- 인과하는 것으로 나타난데 반해, Beil et al. (2005), Shiu and Lam (2008)의 연구에서는 경제 성장이 ICT

투자를 단방향 Granger- 인과하는 것으로 나타났음

- Cholami and Tong (2005)는 중국을 비롯한 개발도상국 4개국과 한국을 포함한 15개 신흥공업국 및 선진국을 대상으로 ICT 투자와 생산성 증가, ICT 투자와 국민소득 증가 사이의 인과 관계를 분석한 결과 선진국 및 신흥공업국 그룹은 대다수의 국가에서 ICT 투자가 생산성 증가를 Granger- 인과하고 있는데 반해, 개발도상국 그룹에서는 그렇지 않은 것으로 나타났음
- Lam and Shiu (2010)는 전 세계 105개국을 대상으로 이동통신 투자와 경제 성장간의 인과관계를 분석한 결과 고소득 국가 및 유럽 국가군의 경우 양 방향의 인과 관계가 성립하는데 반해, 소득 수준이 낮은 국가군의 경우 경제 성장이 이동통신 투자를 단방향 Granger- 인과 하는 것으로 나타났음

■ 한국 대상의 기존 ICT 투자와 경제 성장 간의 인과관계 연구

- 대표적인 연구로 이찬호 (1994), 김범환·김상규 (1995), Yoo and Kwak (2004), Lee, Cholami and Tong (2005) 등의 연구를 들 수 있음
- 이찬호 (1994)는 1963년~1991년의 전기통신투자와 국민총생산 시계열 자료를 토대로 오차수정모형을 적용하여 양자 간의 인과관계를 분석하였음. 분석 결과 전기통신투자와 국민총생산 간에 양 방향의 인과관계가 성립하는 것으로 나타났으며, 이를 토대로 전기통신 투자가 한국의 경제발전을 증진 시키는데 중요한 역할을 담당하였음을 주장하였음
- 김범환·김상규 (1995)는 1983년~1991년의 정보통신 기반투자와 국내총생산 시계열 자료를 토대로 표준적인 Granger- 인과성 검정을 적용하여 양자 간의 인과관계를 분석하였음. 분석결과, 정보통신 기반투자와 국내총생산 사이에 양 방향의 인과관계가 성립하는 것으로 나타나, 정보통신 산업에 대한 기반투자가 경제성장에 따른 유발투자적인 속성을 가질 뿐만 아니라 경제성장을 선도하는 속성도 아울러 가지고 있음을 입증하였음
- Yoo and Kwak (2004)은 1965년~1998년의 우리나라 정보통신투자 및 국내총생산 시계열 자료를 토대로 표준적인 Granger- 인과성 검정을 적용하여 양자 간의 인과관계를 분석한 결과, 정보통신 투자와 국내총생산 사이에 양 방향적 인과관계가 성립하였으며, 이를 통해 정보통신 투자와 경제성장 사이에 선순환 관계가 존재함을 입증하였음
- 1980~2000년의 데이터를 분석한 Lee et al. (2005)에 따르면 한국의 경우 ICT 투자와 생산성 증가 사이에 단기적인 인과관계는 성립하지 않으나 장

기적으로 양 방향의 Granger- 인과관계가 성립하며, ICT 투자와 국민소득 증가 사이에는 장기적인 인과관계는 성립하지 않으나 단기적으로는 ICT 투자가 국민소득 증가를 Granger- 인과 하는 것으로 나타났음

❏ 타 연구와의 차이점

- 본 연구는 ICT 투자와 경제 성장 사이의 인과관계를 분석한 연구의 부류에 속함. 한국을 대상으로 한 연구들이 이미 많이 발표되었음에도 불구하고 유사한 연구를 시도한 이유는 기존의 연구들이 대체로 10여 년 전의 오래 전의 분석이라는 점과 많아도 약 30개 내외의 소 표본만을 이용한 분석이라는 한계점을 지니고 있기 때문임
- 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 1999년 제1사분기~2016년 제2사분기까지의 분기별 데이터 70개를 활용함으로써 데이터의 신규성과 안정성을 확보하였음
- Zachariadis (2007)에 의하면 표본수가 많으면 추정방법과는 상관없이 인과관계 검정이 동일한 통계적 속성을 갖지만, 표본수가 약 30개 이하로 작은 경우에는 추정 및 검정방법에 따라 분석결과의 차이가 클 가능성이 높다고 알려져 있음

III 연구 모형

1. 분석 데이터

● 데이터 성격

- 본 논문의 실증분석에 사용된 시계열 데이터는 1999년 1/4분기부터 2016년 2/4분기까지의 계절 조정된 분기별 국내총생산 (Gross Domestic Product)과 ICT 투자액임
- 1998년은 한국이 심각한 경제위기를 경험한 해였음. 시계열 데이터는 1995년 자료부터 활용이 가능하지만, 한국의 경제위기 상황은 연구 결과에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되었기 때문에 본 연구에서는 1999년부터 2016년 현재까지를 분석대상 기간으로 삼았음
- 분석을 위한 기초자료들은 국가통계 포털 KOSIS (<http://kosis.kr>) 에서 제공하는 한국은행의 국민계정 자료에서 수집하였음

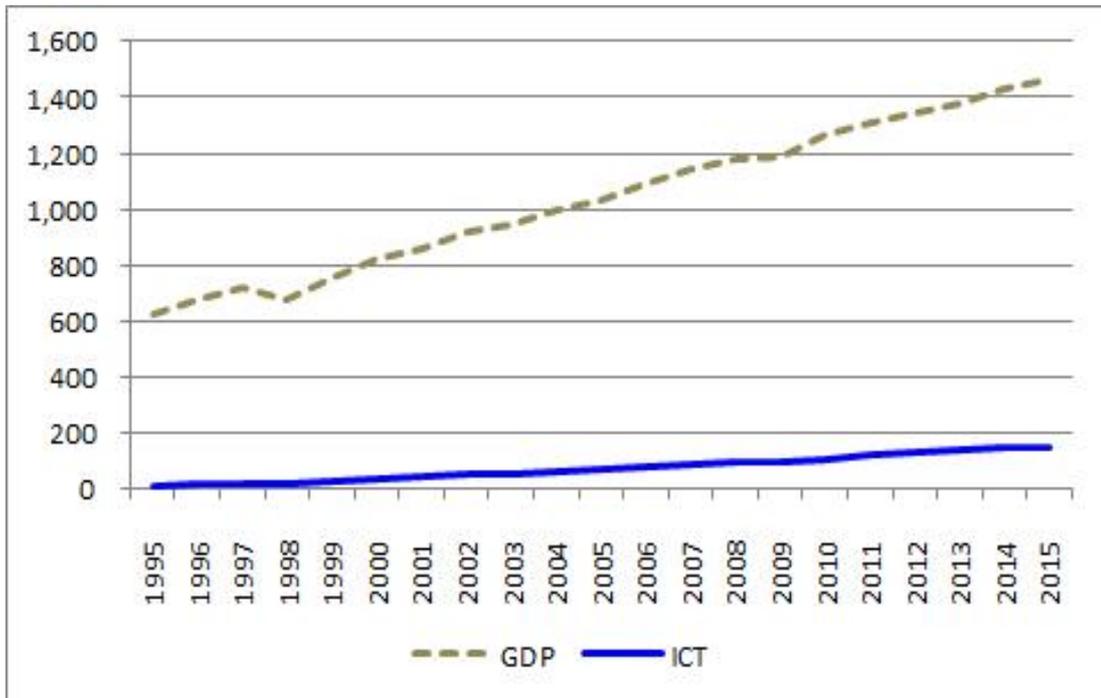
● 데이터 적용

- 모든 시계열 데이터는 2010년 기준의 실질 가격으로 환산한 다음에 자연로그 변환을 한 금액을 이용
- 변수간의 인과관계를 분석한 기존의 많은 실증연구들을 살펴보면 원 데이터를 그대로 사용하는 경우도 있지만, 원 데이터에 자연로그를 취하여 분석한 문헌들도 많이 발견됨
 - ※ 그 이유는 로그 변환을 하면 통계 자료의 해석이 편리해질 뿐 아니라 오차항에 대한 정규성, 독립성, 등분산성의 가정을 충족시키기가 용이하다는 장점이 있기 때문임
 - ※ 본 연구에서도 GDP 시계열 데이터에 자연로그를 취한 값 (LGDP)과 ICT 투자 시계열 데이터에 자연로그를 취한 값(LICT)을 토대로 이들 간의 Granger- 인과관계를 분석하였음

● 2010년 불변가격 기준의 GDP와 ICT 투자액의 연도별 추이 (그림 1)

- GDP는 1998년에는 감소하였으며, 2009년에는 정체를 보였으며, 그 외의 기간에는 지속적으로 성장한 것으로 나타나고 있는데, 이는 한국의 경제위기와 미국 발 금융위기의 영향에 기인한 것으로 판단됨

- 한편 ICT 투자액은 한국의 경제위기와 미국 발 금융위기에도 불구하고 지속적으로 성장한 것으로 나타나고 있음
- 주목할 만한 사실은 2010년 이후 GDP지표는 지속적으로 증가하고 있으나, ICT 지표는 거의 정체를 보이고 있다는 점임



[그림 1] ICT 투자와 GDP 성장의 추이 (단위: 조 원, 2010년 불변가격)

2. 연구 방법론

개요

- 인과성 검정은 관심 대상 시계열 변수가 시간에 관계없이 평균과 분산이 일정한 정상성 (stationary)을 가지는 안정적 시계열을 전제로 함
 - Granger and Newbold (1974)와 Stock and Phillips (1989)의 연구에서 입증된 바와 같이 불안정 시계열들을 이용하여 회귀분석을 하면 아무 관계도 없는 변수들 간에도 마치 의미 있는 관계가 존재하는 것처럼 나타나는 가성적 (spurious) 회귀현상이 발생되어 분석결과가 오류를 범할 가능성이 높아짐
 - 통상적으로 경제 현상과 관련된 많은 시계열들은 시간에 따라 변하는 평균과 분산을 가지는 불안정 시계열이며, 일반적으로 시간의 흐름에 따라 어떤 특정 값으로부터 멀어지면서 일정하게 상승하거나 하락하는 추세 (trend)를 지니고 있으므로 인과성 검정에 앞서 반드시 단위근 검정과 공적분 검정을 실시해야 함

단위 근 검정

- 단위 근(Unit roots)이란 불안정적 시계열을 자기회귀 모형 (Autoregressive Model)으로 표현했을 때 그 특성 근이 '1' 즉, 단위 근을 갖는다는 사실에 근거하여 붙여진 이름임
 - 만약 어떤 변수가 단위 근을 가질 경우 그 변수는 확률 보행을 따른다고 하며, 차분을 통해 안정적인 변수로 전환할 수 있음
 - 하지만 주어진 임의의 시계열에 대하여 특정 방정식을 미리 알 수 없으므로 여기에 대한 검정이 요구되는데, 이것을 단위 근 검정이라 함
- 대표적인 단위 근 검정법으로 Dickey-Fuller (DF) 검정, Augmented Dickey-Fuller (ADF) 검정, Phillips-Perron (PP) 검정의 세 가지 기법이 있음
 - DF 검정은 Dickey-Fuller에 의해 처음으로 개발된 단위 근 검정법이라는 점에 의미를 둘 수 있으나, 오차 항에 자기상관 및 이 분산이 존재하지 않는다는 것을 전제로 하는 한계점이 있어 최근에는 잘 이용되지 않음
 - ADF 검정은 DF 검정의 한계로 지적되는 자기상관의 문제를 해결하였을 뿐 아니라 적용의 편리성으로 인해 가장 널리 사용되고 있음. 하지만 오차 항에 존재하는 이 분산의 문제는 여전히 해결하지 못하는 한계점을 지니고 있음

- PP 검정은 오차 항의 자기상관은 물론 이 분산에 대해서도 강건한 검정법으로 알려져 있음. 하지만 Davidson and Mackinnon (2004)의 연구 결과에 따르면 샘플 수가 작을 경우에는 PP 검정이 ADF 검정보다 좋지 않은 결과를 나타낸다고 함. 그리고 William Schwert (1989)도 Monte-Carlo 연구에 근거하여 Phillips-Perron 검정은 ‘시계열이 불안정하다.’는 귀무가설을 기각하는 경향이 강하기 때문에 교차 점검을 위하여 ADF 검정도 함께 이용할 것을 권고하고 있음. 본 연구에서는 ADF 검정과 PP 검정을 동시에 적용함으로써 각 방법의 단점을 상호 보완하고자 함

● 단위 근의 적정 시차 문제

- 한편, 단위 근 검정을 할 때, 시차를 적정 수준보다 늘이면 추정모형의 편의(bias)는 줄지만 분산이 늘어나게 되어 단위 근의 검정력이 떨어지는 반면, 시차를 적정수준보다 줄이면 단위 근 모형의 편의가 커지기 때문에 적정 시차의 결정은 매우 중요함
- 이러한 문제점을 해결하기 위해 최적 시차 선정을 위한 기준이 개발되었는데, 일반적으로 AIC (Akaike’s Information Criterion) 또는 SIC (Schwartz Information Criterion) 기준을 많이 사용함. 본 연구에서는 전자의 기준을 이용하여 각 변수의 단위 근 유무를 검정하기로 함

● 모형의 설정 (Dickey-Fuller의 DF 검정법)

- 시계열 자료 Y_t 가 AR(1) 모형일 경우, 아래의 식 (1)이 성립함

$$Y_t = \psi Y_{t-1} + \epsilon_t \quad (1)$$

- 식 (1)에서 ϵ_t 는 평균이 0이고 분산이 σ^2 으로 일정한 자기상관이 없는 백색 잡음 오차항 (white noise error term)으로 간주함. 차분연산자 ($\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$)를 이용하여 식 (1)의 양변에 Y_{t-1} 을 각각 빼주면 식 (2)가 됨

$$\Delta Y_t = (\psi - 1) Y_{t-1} + \epsilon_t = \rho Y_{t-1} + \epsilon_t \quad (2)$$

- 평균이나 분산에 추세를 가지는 불안정 시계열은 어떤 충격이 발생하면 그

효과가 지속됨. 만약 식 (1) 또는 식 (2)에서 시계열 $\{Y_t\}$ 가 $\psi=1$ ($\rho=0$) 로 단위 근을 가진다면 특정 시점 k 에 외부적 충격으로 ϵ_k 가 J 만큼 점프하는 경우 k 시점 이후의 모든 시계열 ($Y_k, Y_{k+1}, Y_{k+2}, \dots$)은 J 만큼씩 증가하게 되어 충격 효과는 무한히 지속됨

- 그렇지만 $|\psi| < 1$ 이 된다면 k 시점 이후의 모든 시계열이 J 만큼씩이 아니라 $J\psi, J\psi^2, J\psi^3, \dots$ 로 증가하게 되어 충격 효과는 점차 사라지면서 안정적인 시계열을 이루게 됨. 식 (2)에 대한 회귀 식을 추정한 후, ρ 에 대한 t -검정을 수행하여 시계열의 안정성 여부를 판단하게 되는데, 이를 Dickey-Fuller의 DF 검정법이라 함
- DF 검정은 백색 잡음 오차 항을 가정하지만 실제로는 오차 항 간에 상관관계가 존재할 수 있으므로 이러한 문제점을 해소하기 위해 ΔY_t 의 시차변수들을 독립변수로 포함한 회귀모형에 대해 단위 근을 검정하는 방법이 제안되었는데 이를 ADF (Augmented Dickey-Fuller) 검정이라 함
- 아래의 식 (3)과 식 (4)는 각각 LGDP 및 LICT 시계열의 단위 근 검정을 위한 일반화 모형으로 AR(p) 모형으로 확장한 형태임. 단위 근 검정을 위한 모형의 유형에는 시간 추세 항은 없고 상수항만 있는 경우, 상수항과 시간 추세 항이 공존하는 경우, 상수항과 시간 추세 항이 모두 없는 경우의 세 가지 유형이 있는데, 관례에 따르면 상수항은 포함하나 시간 추세 항은 고려하지 않는 모형이 많이 활용됨

$$\Delta LGDP_t = \alpha_1 + \beta_{1t}T + \gamma_1 LGDP_{t-1} + \sum_{i=1}^p \rho_i LGDP_{t-i} + \epsilon_{1t} \quad (3)$$

$$\Delta LICT_t = \alpha_2 + \beta_{2t}T + \gamma_2 LICT_{t-1} + \sum_{j=1}^p \rho_j \Delta LICT_{t-j} + \epsilon_{2t} \quad (4)$$

- 여기에서 $\rho < 0$ 인 경우에는 시차가 증가함에 따라 $\sum_{i=1}^p \rho_i LGDP_{t-i}$ 및

$\sum_{j=1}^p \rho_j \Delta LICT_{t-j}$ 값들은 각각 $\Delta LGDP_t$ 와 $\Delta LICT_t$ 에 영향을 미치지 못하게

되나, $\rho = 0$ 인 경우에는 영향을 미치게 되어 $\Delta LGDP_t$ 와 $\Delta LICT_t$ 는 불안

정한 시계열이 됨.

- 따라서 단위 근 검정을 위한 귀무가설은 $H_0 : \rho=0$, 대립가설은 $H_1 : \rho < 0$ 로 설정함. 대립가설로부터 알 수 있는 바와 같이 단위 근 검정은 단 측 검정임. 만약 t-검정 결과, 귀무가설을 기각하지 못하여 단위 근이 존재하는 것으로 나타나면 그 시계열은 불 안정적이라고 판단함

공적분 검정

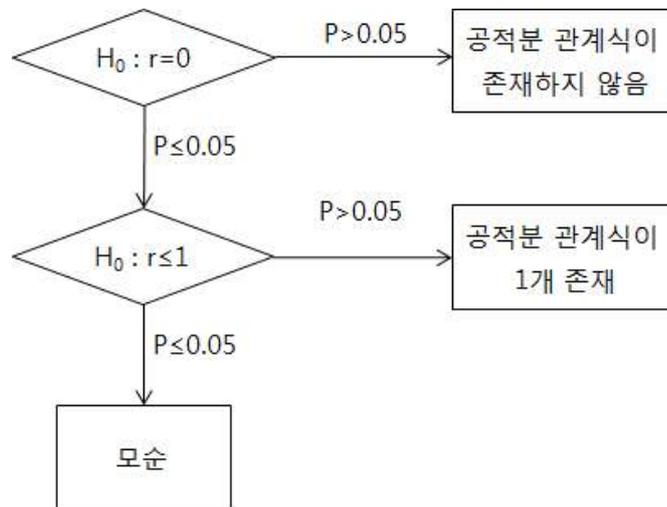
- 공적분 (co-integration)은 장기에 걸쳐 두 개 혹은 그 이상의 경제 시계열이 체계적으로 함께 움직이는 것 (systematic co-movement)을 의미
 - 임의의 시계열 $\{Y_t\}$ 에 대한 일차 차분 $\{\Delta Y_t\}$ 이 안정적이라면 $\{Y_t\}$ 는 1차 적 분과정 또는 I(1) 과정이라 함
 - 그리고 시계열 $\{Y_t\}$ 와 시계열 $\{X_t\}$ 모두 I(1) 과정이고 두 시계열 사이에 안정적인 선형결합이 존재한다면 두 시계열 간에 공적분이 존재한다고 정의함
 - 즉, $\{Y_t\} \sim I(1)$, $\{X_t\} \sim I(1)$ 이고 $\{z_t\} = \{Y_t - \beta X_t\}$ 가 I(0)이 되는 β 가 존재할 때 $\{Y_t\}$ 와 $\{X_t\}$ 는 서로 공적분되어 있다고 정의함
 - 경제변수들 간에 공적분이 존재한다면 일반적으로 불안정한 경제변수들 간에 단기적으로는 서로 괴리를 보이지만 장기적으로는 일정한 관계를 유지하고 있다는 것을 의미함
- 차분변수를 이용한 회귀분석을 수행하게 될 경우, 시계열들 사이의 장기적 관계에 대한 중요한 정보를 상실하게 되므로, 경제변수들의 관계 분석에서 불안정한 시계열들 사이의 공적분 검정은 매우 중요
 - 경제변수들 간에 공적분이 존재한다면 외부에서 발생하는 무작위적인 충격은 일시적으로는 그 관계에 영향을 미칠 수 있지만 지속적으로 영향을 미치지 못함
 - 공적분 관계식이 존재한다는 것은 변수들 사이에 장기적 균형관계가 성립하는 것을 의미하며, 공적분 검정은 가성적 회귀를 피해갈 수 있는 사전적 검정으로 간주할 수 있음
 - 공적분 검정방법으로는 Engle-Granger two-step (EG-ADF) 검정법과 Johansen 검정법이 일반적으로 많이 사용됨

● EG-ADF 검정법

- EG-ADF 검정법은 ADF의 단위 근 검정 아이디어를 이용하여 공적분 여부를 판별하는 방법으로 2단계 검정과정을 거침
- 먼저 일반화 최소자승법 (OLS) 추정량을 이용하여 $Y_t = \beta X_t + z_t$ 을 추정하여 잔차항 \hat{z}_t 를 구한 후, ADF 검정법을 이용하여 잔차항에 대한 단위 근 검정을 수행함. 이 경우, 단위 근이 존재한다는 귀무가설, $H_0: \hat{z}_t \sim I(1)$ 이 채택되면 두 변수가 공적분되어 있지 않다고 판정하고, 귀무가설이 기각되면 두 변수가 공적분되어 있다고 판정함
- 단위 근 검정과 마찬가지로 공적분 검정 시 적정 시차가 적용되지 않으면 편의가 발생하거나 검정력이 약화되기 때문에 최적 시차의 결정은 매우 중요한 문제임

● Johansen 검정법

- EG-ADF 검정법은 m개의 불안정 시계열이 존재하는 경우, 이 시계열 사이에 m-1개의 공적분 관계가 형성될 수 있음에도 불구하고 단 1개의 공적분 관계만을 판별할 수 있기 때문에 여러 개의 불안정 시계열이 존재하는 경우에는 공적분 검정을 체계적으로 수행하기 곤란
- Johansen 검정법은 이러한 문제점을 해소하는 것은 물론, 공적분이 존재할 때 공적분 모수의 추정까지도 수행한다는 장점이 있어서 지금까지 알려진 어떤 방법보다 우월한 검정방법으로 알려져 있음
- 또한, Gonzalo (1994)는 공적분 검정에 주로 사용되는 다섯 가지 검정법을 비교·검토한 결과 Johansen (1988)에 의해 제시된 최우추정법이 가장 우수한 공적분 검정방법임을 입증하였음
- Johansen은 대각합 통계량 (Trace Statistic)과 최대고유치 통계량 (Maximum Eigenvalue Statistic)을 유도하여 공적분 검정을 실시하였는데, 본 연구에서도 이와 같은 방법을 이용하여 Johansen 검정을 실시하였음
- Johansen 검정법에서는 그림 2에서와 같이 두 가지의 귀무가설을 설정하고 이를 검정함



[그림 2] 귀무가설 판정 절차 (변수가 2개인 경우)

- 그림 2에서 r 은 공적분 방정식의 수를 의미함. Johansen 검정법은 EG-ADF 검정법과 달리 한 개 이상의 공적분 관계를 검정할 수 있는 장점이 있는 반면, 대 표본을 전제로 함. 따라서 표본 수가 너무 작을 경우 Johansen Test의 결과는 신뢰할 수 없으며, 이러한 경우에는 Auto Regressive Distributed Lags (ARDL) 모형을 이용하는 것이 바람직한 것으로 알려져 있음. 본 연구에 사용된 샘플 수는 70개로 작은 표본은 아니므로 Johansen 검정법을 사용하여 ICT 투자와 GDP 시계열 변수간의 공적분 여부를 검정함

인과관계 분석

- LGDP와 LICT가 각각 불안정 시계열이면서 이들 간에 공적분 관계가 성립하지 않는 경우에는 표준적인 Granger- 인과성 검정을 적용해야 유효한 결과를 제시할 수 있음
- 하지만 LGDP와 LICT가 각각 불안정 시계열이면서 이들 간에 공적분이 성립한다면 표준적 Granger- 인과성 검정으로부터의 추론은 유효하지 못하며 이 경우에는 오차수정 모형을 적용해야 유효한 결과를 얻을 수 있음
- 두 변수 사이에 공적분 관계가 존재함에도 불구하고 통상적인 Granger- 인과성 검정을 적용하면 변수간의 장기적 관계를 파악할 수 없으며, 단기적 관계만 남은 결과를 통해 인과성 유무를 검정하는 결과를 낳음
- 하지만 오차수정모형 (ECM, Error Correction Model)을 이용하면 독립변수의 차분 항이 종속변수에 미치는 영향뿐 아니라 오차수정항의 변화가 종속변수

에 미치는 영향도 찾아낼 수 있기 때문에 장·단기적인 인과관계를 모두 파악할 수 있는 장점이 있음. Granger- 인과성을 검정하기 위해 본 연구에서 사용하는 벡터 오차수정 모형은 아래의 식 (5) 및 식 (6)과 같다.

$$\Delta LGDP_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^{L_{11}} \beta_{11i} \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{j=1}^{L_{12}} \beta_{12j} \Delta LICT_{t-j} + \gamma_1 \Delta ECT_{t-1} + \mu_{1t} \quad (5)$$

$$\Delta LICT_t = \alpha_2 + \sum_{i=1}^{L_{21}} \beta_{21i} \Delta LICT_{t-i} + \sum_{j=1}^{L_{22}} \beta_{22j} \Delta LGDP_{t-j} + \gamma_2 \Delta ECT_{t-1} + \mu_{2t} \quad (6)$$

- 여기서 α, β, γ 는 각각 시차 다항식의 계수, L 은 시차의 수, μ_t 는 교란항, ΔECT_{t-1} 는 공적분이 존재할 때 전기의 $LGDP_{t-1}$ 와 $LICT_{t-1}$ 간의 불균형 오차를 반영한 오차수정항 (Error Correction Term)을 나타냄
- 오차수정항은 차분변수만으로 구성된 회귀모형에서 발생하는 정보유실 문제를 해소시켜 주는 역할을 담당. $\Delta LGDP_t$ 는 자신의 과거 변화인 $\Delta LGDP_{t-i}$ 는 물론, $\Delta LICT_t$ 의 과거 변화인 $\Delta LICT_{t-j}$ 에 의하여 영향을 받을 뿐 아니라 두 변수 간의 직전 시점에서 발생한 두 변수 사이의 불균형 오차 ($z_t = LGDP_{t-1} - \lambda LICT_{t-1}$)의 정도에 의해서도 영향을 받게 된다는 의미에서 오차수정모형이라 부름

● 식 (5)는 $LGDP$ 에 대한 $LICT$ 의 인과여부를 검정할 때 적용

- 여기에서 귀무가설 ($H_0: \beta_{12j} = 0$)이 기각될 경우 $LGDP$ 에 대한 $LICT$ 의 단기적인 Granger- 인과관계가 성립한다고 판단
- 한편 오차수정항의 계수 (γ_1)는 장기균형에서 이탈한 불균형 오차가 얼마나 빨리 균형 상태로 복귀하는가를 나타내는 속도 조정계수로서의 성격을 지니므로 귀무가설 ($H_0: \gamma_1 = 0$)이 기각될 경우 $LGDP$ 에 대한 $LICT$ 의 장기적인 Granger- 인과관계가 성립한다고 판단
- 만약 $H_0: \beta_{12j} = 0$ 과 $H_0: \gamma_1 = 0$ 이 모두 기각된다면 $LGDP$ 에 대한 $LICT$ 의 강 Granger- 인과관계가 성립한다고 판단

● 식 (6)은 $LICT$ 에 대한 $LGDP$ 의 인과여부를 검정할 때 적용되며, 식 (5)와 동일한 방식으로 설명 가능함

IV 연구 결과

■ GDP 및 ICT 투자의 시계열 안정성 검정: 단위 근 검정

- 단위 근 및 공적분 검정에 있어서는 유의수준을 10%로 하는 연구도 종종 있으나, 본 연구에서는 보다 엄격한 수준인 5%를 적용함. <표 1>의 단위 근 검정 결과는 AIC 검정 기준으로 자동 계산된 시차 값이 적용된 결과임
- LGDP의 단위 근을 검정한 결과, ADF 검정법에 의하면 수준변수의 t-통계량의 p-value는 0.05를 초과하여 유의수준 5% 하에서 귀무가설을 기각하지 못하는 것으로 나타남. 따라서 LGDP의 수준변수는 단위 근을 갖는 불안정한 시계열로 판명됨. 하지만 LGDP의 1차 차분변수는 유의수준 1% 하에서 귀무가설을 기각하는 것으로 나타나 단위 근이 없는 안정적인 시계열로 판명됨
- PP 검정법에 의하면 LGDP의 수준변수는 단위 근이 없는 안정적인 시계열로 판명되었으며, 1차 차분변수 역시 안정적인 시계열로 판명됨
- AIC 기준으로 LICT의 단위근을 검정한 결과, ADF 검정법에 의하든 PP 검정법에 의하든 모든 수준변수는 유의수준 5% 하에서 귀무가설을 기각하는 것으로 나타났음. 즉, LICT의 수준변수는 물론 1차 차분변수도 모두 단위 근이 존재하지 않는 안정적인 시계열로 판명됨

<표 1> ADF 및 PP 단위 근 검정 결과

변수명	검정법	통계량	수준변수	1차 차분변수
LGDP	ADF	t-statistic (Prob)*	-2.286193 (0.1793)	-6.719397 (0.0000)
	PP	Adj. t-stat (Prob)*	-3.525093 (0.0101)	-6.702951 (0.0000)
LICT	ADF	t-statistic (Prob)*	-3.766472 (0.0051)	-8.049273 (0.0000)
	PP	Adj. t-stat (Prob)*	-4.291182 (0.0010)	-8.053006 (0.0000)

* MacKinnon(1996) one-sided p-value

GDP 및 ICT 투자의 시계열 선형결합의 안정성 검정: 공적분 검정

- 공적분의 근간이 되는 아이디어는 두 개의 불안정적 시계열의 선형결합이 안정적인지의 여부를 검정하는 것임
 - 본 연구에서는 관례에 따라 데이터 트렌드가 선형 추세를 이룬다는 가정 하에 공적분 방정식에 시간 추세 항은 제외하고 상수항만 포함한 모형을 토대로 LGDP와 LICT 시계열에 대한 공적분 검정을 실시하였음
 - Johansen 공적분 검정을 통하여 AIC 검정기준에 따른 최적 시차가 '6'으로 계산되었으므로 이 값을 적용하여 <표 2> 및 <표 3>과 같은 결과를 얻었음

<표 2> 대각합 통계량에 의한 공적분 검정

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob**
None*	0.281649	22.41341	15.49471	0.0039
At most 1	0.024662	1.573215	3.841466	0.2097

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level.

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level.

* MacKinnon-Haug-Michelis(1999) p-values

<표 3> 최대고유치 통계량에 의한 공적분 검정

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob**
None*	0.281649	20.84020	14.26460	0.0040
At most 1	0.024662	1.573215	3.841466	0.2097

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level.

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level.

* MacKinnon-Haug-Michelis(1999) p-values

- <표 2>와 <표 3>은 각각 Trace 통계량과 Maximum-Eigenvalue 통계량에 따른

공적분 검정 결과를 보여주고 있음. 두 통계량 모두 귀무가설 $r=0$ 하에서 계산된 p-value는 0.05보다 작기 때문에 5% 유의수준에서 공적분 관계식이 존재하지 않는다는 귀무가설은 기각됨

- 하지만 귀무가설 $r \leq 1$ 하에서 계산된 두 통계량의 p-value는 0.05보다 크기 때문에 공적분 방정식이 많아도 1개라는 귀무가설은 유의수준 5%에서 기각되지 않음. 따라서 대각합 (Trace) 통계량과 최대 특성근 (Maximum-Eigenvalue) 통계량에 따른 Johansen 공적분 검정 결과를 종합하면 LGDP와 LICT 시계열 간에는 최대 1개의 공적분 방정식이 존재한다고 판정할 수 있음

■ GDP와 ICT 투자간의 인과관계 분석 : 벡터 오차수정 모형

● 앞에서 LGDP와 LICT 시계열 간에는 1개의 공적분 방정식이 존재한다는 결과를 얻었음

- 이러한 결과는 두 변수간의 장기적 균형 관계 성립은 입증하지만 변수간의 관계의 방향성은 제시하지 못함
- 본 연구에서는 두 변수 간에 공적분 관계식이 존재한다는 사실을 확인하였기 때문에 표준적인 Granger- 인과 검정을 사용하지 않고 VECM을 이용하여 10%의 유의수준 하에서 LGDP 및 LICT 시계열 간의 단기 및 장기의 인과성 여부를 판단하기로 함

● 독립변수의 시차 길이

- VECM을 이용한 인과성 검정을 위해서는 먼저 독립변수의 시차 길이를 결정해야 함. 시차구조는 인과성 검정의 결과에 민감한 영향을 미치므로 시차의 수를 자의적으로 결정하게 되면 추정계수를 왜곡하고 잘못된 인과성 추론에 이를 수 있기 때문임
- 본 연구에서는 AIC 검정 기준에 의거하여 VECM의 최적 시차 값을 결정하였음. 최대 시차를 14로 하고, Lag Interval (1, 1)부터 Lag Interval (1, 14)까지의 AIC 값을 구한 결과, Lag Interval (1, 6)에서 AIC의 최저값이 -10.80184로 나왔으므로 최적 시차를 '6'으로 결정하였음

● 단기 인과성 검정

- 식 (5)의 회귀식에서 $\Delta LICT_{t,j}$ 항의 추정계수가 '0'이라는 귀무가설에 대해 F-검정을 실시하여 ICT 투자가 GDP 증대를 단기적으로 Granger- 인과 하는지를 검정하였음
- 이와 동일한 절차로 식 (6)의 회귀식에서 $\Delta LGDP_{t,j}$ 항의 추정계수가 '0'이라는

귀무가설에 대해 F- 검정을 실시하여 GDP 증대가 ICT 투자를 단기 Granger-인과 하는지를 검정하였음

- 이들 두 가지 검정은 모두 단기 인과성(short-run causality) 검정으로 검정 결과는 표 4에 제시되어 있음
- ICT 투자가 GDP 증대를 단기적으로 인과 하는지에 대한 F-통계량은 1.155984으로 이 값은 10%의 유의수준에서도 통계적으로 유의하지 않게 나타났으며, GDP 증대가 ICT 투자를 인과 하는지에 대한 F-통계량은 3.345451로 이 값은 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하게 나타났음.
- 따라서 ICT 투자와 GDP 증대 간에는 “GDP 증대 \Rightarrow ICT 투자”로의 단 방향의 단기 인과성만 존재한다는 결론을 내릴 수 있음

● 장기 인과성 검정

- 장기 인과성 검정(long-run causality)은 식 (5)와 식 (6)에서 ΔECT_{t-1} 항의 추정계수가 각각 ‘0’이라는 귀무가설에 대해 t- 검정을 실시하여 ICT 투자가 GDP 증대를 인과 하는지 또는 GDP 증대가 ICT 투자를 인과 하는지를 검정하는 것임. <표 4>에서는 식 (5) 및 식 (6)의 회귀식의 오차수정 항 (Error Correction Term)의 t- 통계량이 각각 -0.026653 및 -0.082125로 제시되어 있음
- “ICT 투자는 GDP 증대를 인과하지 않는다.”는 귀무가설과 “GDP 증대는 ICT 투자를 인과하지 않는다.”는 귀무가설은 모두 1%의 유의수준에서 기각됨
- 따라서 ICT 투자와 GDP 증대 간에는 양 방향의 장기 인과성이 존재한다는 결론을 내릴 수 있음

● 강 인과성 검정

- 이번에는 단기 및 장기의 인과성을 종합적으로 고려한 강 인과성(strong causality)을 검정함
- ICT 투자가 GDP 증대를 인과 하는지 검정하기 위해 $\Delta LICT$ 항 및 오차수정 항의 추정계수가 모두 ‘0’이라는 귀무가설 하에서 계산된 F- 통계량은 2.241864로 이 값은 유의수준 5%에서 통계적으로 유의하므로 “ICT 투자 \Rightarrow GDP 증대”로의 강 인과성이 존재한다고 볼 수 있음
- 한편 GDP 증대가 ICT 투자를 인과 하는지 검정하기 위해 $\Delta LGDP$ 항과 오차수정항의 추정계수가 모두 ‘0’이라는 귀무가설 하에서 계산된 F- 통계량은 5.263031로 이 값은 1%의 유의수준에서 통계적으로 유의하므로 “GDP 증대 \Rightarrow ICT 투자”로의 강 인과성이 존재한다고 볼 수 있음

- 따라서 ICT 투자와 GDP 증대 간에는 양 방향의 강 인과성이 존재한다고 결론을 내릴 수 있음

<표 4> Granger-causality 검정 결과

귀무가설	Short-run Granger-causality		Long-run Granger-causality	Strong Granger-causality	
	Δ LGDP	Δ LICT	Δ ECT	Δ LGDP and Δ ECT	Δ LICT and Δ ECT
ICT 투자 \Rightarrow GDP 증대		1.155984 (0.3450)	-0.026653*** (0.0007)		2.241864** (0.0464)
GDP 증대 \Rightarrow ICT 투자	3.345451** * (0.0077)		-0.082125*** (0.0014)	5.263031** * (0.0002)	

주 1) 괄호 안은 p-value를 의미하며, ***는 1%, **는 5%, *는 10% 유의수준

주 2) \Rightarrow 표시는 좌측 변수가 우측 변수를 Granger-causality하지 않는다는 의미임

● 회귀 진단

- <표 5>는 식 (5) 및 식 (6)에서 시차 값을 6으로 적용한 벡터 오차수정 모형의 잔차에 대한 회귀진단 결과를 보여주고 있음
- 잔차의 정규성 (Normality) 진단을 위해 Jarque-Bera Test, 계열 상관 (Serial Correlation) 진단을 위해 Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test, 이 분산성 진단을 위해 Breusch-Pagan-Godfrey Test, Harvey Test, Glejser Test을 실시하였음
- 진단 결과, 모든 모형의 잔차가 정규분포를 따르고, 계열 상관 및 이 분산성의 문제가 존재하지 않는 것으로 판명되었음

<표 5> 벡터 오차수정 모형의 잔차에 대한 진단 결과

	정규성	계열상관	이분산성		
	Jarque-Bera	Breusch-Godfrey LM	B.P.G. ^{*1}	Harvey ^{*2}	Glejser ^{*3}
종속: LICT	2.0523	1.6680	0.1513	1.3219	1.9066
독립: LGDP	(0.358)	(0.152)	(0.054)	(0.230)	(0.050)
종속: LGDP	524.14	0.7780	0.2792	0.7672	0.3062
독립: LICT	(0.999)	(0.592)	(0.999)	(0.697)	(0.991)

*1 The B.P.G Test regresses the squared residuals on the original regressors by default.

*2 The Harvey Test regresses the logs of the squared residuals on the original regressors by default.

*3 The Glejser Test regresses the absolute residuals on the original regressors by default.

주) 모든 수치는 F-statistic 이며, 괄호 안의 숫자는 p -value 를 의미함

IV 결론 및 시사점

결론

- 한국을 대상으로 ICT 투자와 GDP 증대간의 인과관계를 분석한 기존의 연구들은 대체로 양방향으로 인과성이 있다는 결론을 내고 있음 (이찬호, 1994; 김범환·김상규, 1995; Yoo and Kwak, 2004).
 - 그러나 Lee, Cholami and Tong (2005)에 따르면 단기적으로는 ICT 투자가 GDP 증대를 인과하지만, 장기적으로는 ICT 투자와 GDP 증대 사이에 인과관계가 성립하지 않는다는 연구 결과를 제시하여 기타 연구들과 사뭇 다른 연구 결과를 보여줌
- 본 연구에서는 1999년 1/4분기부터 2016년 2/4분기까지의 시계열 자료를 토대로 ICT 투자와 GDP 증대간의 인과관계를 단기적, 장기적, 강 인과적 관점의 세 가지 관점에서 분석하였음
 - 본 연구를 통하여 ICT 투자에서 GDP 증대로의 단기 인과성을 제외하고 ICT 투자와 경제성장 간에 양방향으로 장단기 및 강 인과성이 존재한다는 사실을 발견하였음
 - 이는 ICT 산업에 대한 투자는 경제성장에 따른 유발투자적인 속성을 지닐 뿐만 아니라 경제성장을 선도하는 속성도 아울러 가지고 있음을 입증함
- 기존의 연구들은 대체로 1990년대 중반 이전을 분석대상 기간으로 삼았지만, 본 연구는 1990년대 후반부터 최근의 데이터를 다루었으므로 기존의 대다수 연구들과는 분석기간에서 큰 차이가 있음
 - 그럼에도 불구하고 ICT 투자에서 GDP 증대로의 단기 인과성을 제외하고는 대체로 양 방향 인과관계가 성립하는 것으로 나타났음

시사점

- 1990년 대 이후, 미국은 ICT 투자로 인한 노동 생산성의 지속적인 상승으로 낮은 수준의 실업률과 물가를 유지하면서도 높은 경제 성장을 유지하였음. 하지만 최근 적지 않은 학자들이 2000년 하반기부터 시작된 경기침체는 ICT에 대한 과잉 투자 때문이라는 지적을 하고 있음
 - ICT 투자가한국의 경우 경제위기 이후 한 때 미국과 유사한 신경제 현상을

보이기도 하였으나, 1990년대 미국이 경험했던 구조 변혁이 아직 한국에 정착 되었다고는 보기 어렵기 때문에 ICT 투자 과잉이 현재 한국이 겪고 있는 경기침체의 원인이라고 볼 수는 없음

- 한국의 경우 실질가격으로 평가한 ICT에 대한 투자가 지속적으로 증가하다가 2010년을 기점으로 하여 최근까지 거의 정체상태에 머물러 있으며, 이와 더불어 경기침체 현상도 장기화되고 있음. 이는 ICT 투자가 단기적으로 GDP 증대를 인과하지 못한다는 사실과도 무관하지 않음
 - ICT 투자가 장기적으로는 경제성장을 인과하지만, 단기적으로는 경제성장을 인과하지 않는다는 사실은 ICT 투자의 단기적 효과를 극대화할 수 있는 보완적 정책이 뒤따르지 않은 결과라 볼 수 있음
 - ICT 투자가 단기적으로도 GDP 성장을 인과하도록 유도하기 위해서 정부는 모든 산업분야에서 ICT 활용도를 높일 수 있는 제도적 기반 확충에 역점을 둘 필요가 있음

- OECD (2004), The Economic Impact of ICT: measurement, evidence and implications.
- ITIF (Information Technology & Innovation Foundation), Digital Prosperity: Understanding the Economic Benefits of the Information Technology Revolution (Reports by Robert D. Atkinson and Andrew S. McKay), March 13, 2007.
- The Bank of Korea (2016), Telecommunications industry, National Accounts, 2016.10.18. (in Korean)
http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=301&tblId=DT_102Y054&conn_path=I3,
- The Bank of Korea (2007), Assessment and Implications for the IT industry as a key growth industry, Research Department, The Bank of Korea. (in Korean)
- Solow, R. (1987) "We'd better watch out," New York Times, p.36, July 12, 1987.
- Dewan, S. and Kraemer, K. (2000). "Information technology and productivity: Evidence from country-level data," Management Science, 46(4), 548-562.
- Pohjola, M. (2002). The new economy in growth and development. Oxford Review of Economic Policy, 18(3), 380-396.
- Jacobsen, K.F.L. (2003). Telecommunications - a means to economic growth in developing countries? Development Studies and Human Rights, Chr. Michelsen Institute, Bergen, Norway. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10202/176>.
- Cronin F.J., Parker, E.B., Colleran, E.K. and Gold, M.A. (1991), "Telecommunications infrastructure and economic growth: An analysis of causality," Telecommunications Policy, 15, 529-535.
- Cronin F.J., Parker, E.B., Colleran, E.K. and Gold, M.A. (1991), Telecommunications infrastructure investment and economic development," Telecommunications Policy, 17, 415-430.
- Munnell, A. H. (1992), "Policy watch: Infrastructure investment and economic growth," The Journal of Economic Perspectives, 6(4), 189-198.

- Gramlich, E. M. (1994), "Infrastructure investment: A review essay," *Journal of Economic Literature*, 32(3), 1176-1196.
- Dutta, A. (2001), "Telecommunications and economic activity: An analysis of Granger causality," *Journal of Management Information Systems*, 17, 71-95.
- Wolde-Rufael, Y. (2007), "Another look at the relationship between telecommunications investment and economic activity in the United States," *International Economic Journal*, 21, 199-205.
- Greenstein, S. and Spiller P. T. (1996), Estimating the welfare effects of digital infrastructure, Working Paper, No. 5770, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Röller, L-H. and Waverman, L. (2001), "Telecommunications infrastructure and economic development: a simultaneous approach," *American Economic Review*, 91(4), 909-923.
- Datta, A. and Agarwal, S. (2004), "Telecommunication and Economic Growth: A panel Data Approach," *Applied Economics* 36, 1649-1654.
- Duggal, V.G., Saltzman. C. and Klein, L.R. (2007), "Infrastructure and Productivity: An extension to private infrastructure and IT productivity," *Journal of Econometrics*, 140(2), 485-502.
- Koutroumpis, P. (2009), "The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach," *Telecommunications Policy*, 33(9), 471-485.
- Beil, R. O., Ford, G. S. and Jackson, J. D. (2005), "On the relationship between telecommunications investment and economic activity in the United States," *International Economic Journal*, 19, 3-9.
- Shiu, A. and Lam, P-L. (2008), "Causal relationship between telecommunications and economic growth in China and its regions," *Regional Studies*, 42, 705-718.
- Lee, S-Y.T., Cholami, R. and Tong, T. Y. (2005), "Time series analysis in the assessment of ICT impact at the aggregate level – lessons and implications for the new economy," *Information and Management*, 42(7), 1009-1022.
- Lam, P-L. and Shiu, A. (2010), "Economic growth, telecommunications development and productivity growth of the telecommunications sector: evidence around the

- world,” *Telecommunications Policy*, 34(4), 185-199.
- Lee C. H. (1994), Analysis of the relationship between telecommunications investment and economic growth in South Korea, *Telecommunications Review*, 4(1), 4-17. (in Korean)
- Kim, B. H. and Kim, S. K. (1995), “The Causal Relationship between Telecommunications Investment and Economic Growth,” *Electronics and Telecommunications Trends*, 9(4), 35-41 (in Korean).
- Yoo, S-H. and Kwak, S-J. (2004), “Information technology and economic development in Korea: A causality study,” *International Journal of Technology Management*, 27, 57-67.
- Zachariadis T. (2007), Exploring the relationship between energy use and economic growth with bivariate models: New evidence from G-7 countries, *Energy Economics*, 29(6), 1233-1253.
- Granger, C.W.J. and Newbold, P. (1974), “Spurious Regression in Econometrics,” *Journal of Econometrics*, 2, 111-120.
- Stock, J. H. and Phillips, P. C. B. (1993), “Vector Autoregressions and Causality,” *Econometrica*, 61, 1367-1393.
- Maddala, G. S. and Kim, I-M. (2000), *Unit Roots, Cointegration, and Structural Change*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Davidson, R. and MacKinnon, J. (2004), *Econometric Theory and Methods*, New York: Oxford University Press.
- Schwert, G. W. (1989), "Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation", *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 7, 147-159.
- Granger, C.W.J. (1986), “Developments in the Study of Co-integrated Economic Variables,” *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 48. 226.
- Johansen, S. (1988), “Statistical Analysis Cointegration Vectors,” *Journal of Economics and Control*, 12, 231-254.
- Gonzalo, J. (1994), “Five alternative methods of estimating long-run equilibrium relationships,” *Journal of Econometrics*, 60, 203-233.

- Pesaran, M.H., Shin, Y. and Smith, R.J. (2001), “Bounds testing approaches to the analysis of level relationships,” *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.
- Toda, H.Y. and Phillips, P.C.B. (1993). “Vector autoregression and causality,” *Econometrica* 59, 229–255.
- Engle, R.E. and Granger, C.W.J. (1987) Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55, 251-276.

저자소개

김방룡 ETRI 미래전략연구소 기술경제연구본부 산업전략연구2실 책임연구원
e-mail: prkim@etri.re.kr Tel. 042-860-5726

ICT 투자와 GDP 증대간의 인과관계 연구

발행인 : 한 성 수

발행처 : 한국전자통신연구원 미래전략연구소 기술경제연구본부

발행일 : 2016년 12월 07일

ETRI 한국전자통신연구원
미래전략연구소

(34129) 대전광역시 유성구 가정로 218
전화 : (042) 860-3874, 팩스 : (042) 860-6504

* 주의 : 본서의 일부 또는 전부를 무단으로 전재하거나 복사하는 것은
저작권 및 출판권을 침해하게 되오니 유의하시기 바랍니다.

