

마이크로 데이터센터 구축·활용 사업의 경제성 분석

Economic Analysis of Micro Data Center Construction and Utilization Business

이한솔¹, 장병윤^{2*}

Han Sol Lee¹, Byeong-Yun Chang^{2*}

요약

본 연구에서는 마이크로 데이터센터 구축 및 활용 사업의 경제성을 분석한다. ISP 망사업자의 트래픽 폭증 문제를 해결하고, CDN 산업의 콘텐츠 전송의 QoS(Quality of Service)를 높이기 위한 방법으로 마이크로데이터 센터의 구축 및 활용 사업의 경제성 분석을 제시한다. 우선, 한국은행에서 발표한 실측 산업연관표를 RAS기법으로 업데이트하여 총 11가지의 산업으로 마이크로 데이터센터 산업연관표를 구축했으며, 마이크로 데이터센터에 관해서는 마이크로 데이터센터 구축과 마이크로 데이터센터 활용하는 산업으로 분류하였다. Leontief가 고안하여 노벨경제학상을 수상한 모형인 산업연관분석을 이용하여 경제적 파급효과를 분석하였다. 이를 통해 마이크로 데이터센터 구축과 마이크로 데이터센터 활용 두 부문의 경제적 파급효과를 각각 분석하였다. 또한, 마이크로 데이터센터 구축에 필요한 비용을 산정하였다. 결과적으로, 마이크로 데이터센터 구축 산업의 파급효과는 약 21조 5447억원으로 계산되었다.

핵심어 : 마이크로 데이터센터, 산업연관분석, RAS, 경제성분석

Abstract

In this study, the economic feasibility of micro data center construction and utilization business is analyzed. To solve the traffic explosion problem of ISP network operators and to increase the quality of service (QoS) of content transmission in the CDN industry, economic analysis of the micro data center construction and utilization business is presented. First, by updating the actual industry association table announced by the Bank of Korea using the RAS technique, a micro data center industry association table was established with a total of 11 industries. classified. The economic ripple effect was analyzed using inter-industry analysis, a model devised by Leontief and awarded the Nobel Prize in Economics. Through this, the economic ripple effect of micro data center construction and micro data center utilization was analyzed, respectively. In addition, the cost required to build a micro data center was calculated. As a result, the ripple effect of the micro data center construction industry was calculated to be about 21,544.7 billion won.

Keyword : Micro data center, input-output analysis, inter-industry analysis, RAS, economic effect

1 School of Business, Ajou University, Suwon, Korea [Graduate Student]
e-mail: lls15@ajou.ac.kr

2 School of Business, Ajou University, Suwon, Korea [Professor]
e-mail: bychang@ajou.ac.kr (Corresponding author)

* This work was supported by ETRI and Ajou research fund.

Received(November 14, 2021), Review Result(1st: December 6, 2021), Accepted(December 10, 2021), Published(December 31, 2021)



© 2021 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

1. 서론

최근 스마트폰의 등장으로 모바일 인터넷 시장이 급성장함에 따라 다양한 모바일 기기와 인터넷 서비스의 발전이 이루어졌고 이로써 인터넷 사용량이 증가함에 따라 유무선 통신망 트래픽이 폭증하였다. 국내의 한 ISP망의 10년간의 백본 트래픽은 매년 약 40%씩 증가하고 있는 추세이며, 전 세계 전체 인터넷 트래픽은 매년 약 30% 이상의 속도로 증가하고 있는 실정이다 [1].

인터넷 접근성이 향상된 것뿐만 아니라 YouTube, VoIP, VMS 등 근래에 등장한 새로운 실시간 서비스 역시도 트래픽 증가에 크게 기여하고 있다. 2014년 Sandvine 보고서에 따르면 Real-Time 서비스가 발생시키는 트래픽이 Upstream 환경에서 전체 트래픽의 32.75%, Downstream 환경에서 53.60%를 각각 차지하는 것으로 나타났다. 또한 IoT(Internet of Things) 기술의 발달과 클라우드 서비스의 출현으로 트래픽은 미래에도 기하급수적으로 늘어날 전망이다.

이렇게 폭증하는 트래픽 환경에 대응하기 위해 서비스 사업자는 다양한 대안을 모색하고 있는 실정이다 [2]. 본 연구에서는 산업연관분석 방법을 활용하여 현 트래픽 환경에 대응하기 위한 방안 중 하나인 마이크로 데이터센터 도입을 통해 얻는 경제적 파급효과를 도출해내고자 한다.

2. 마이크로 데이터센터

미래의 스마트 네트워크 환경에서는 사용자를 위한 맞춤형 서비스가 이루어져야 할 필요가 있다. 그러나 현재의 데이터센터와 CDN(Contents Delivery Network)로는 여러 가지 한계점을 갖는다. 2012년 가트너(Gartner)에 따르면 앞으로는 트래픽이 폭발적으로 증가하며, 트래픽의 속성 역시도 변화할 것이라고 전망하고 있다. 2014년 한국전자통신연구원 보고서에 따르면 이러한 변화에 따라 기존에 없던 다양한 서비스가 나타나는데, 기존 체계는 특정 서비스를 위해서만 구성되어 있기 때문에 새로운 서비스의 등장에 대해 신속하게 대응할 만큼 유연하지 못한 실정이다.

또한 근래에는 트래픽이 폭증하면서 통신사업자의 새로운 망 투자에 대한 유인이 부족하여 서비스 제공자와 망 사업자간의 갈등이 고조되고 있어 이에 대한 대안이 필요한 상황이다 [2]. 트래픽이 폭증하면 네트워크 용량 증설 압박을 받지만 용량 증가에 따라 매출 증가가 이루어지지 않기 때문이다. 가트너는 CSP(Cloud Service Provider)는 2016년까지 기존 네트워크 서비스에서의 매출이 매년 3.7% 감소할 것이라 예측하고 있다.

통신 기술의 발달에 대응하기 위해서 제안된 것이 바로 마이크로 데이터센터(Micro Data Center)다. 스마트 노드 플랫폼을 사용하여 폭증하는 트래픽과 지연(Latency)을 해결하고, ICT 자원 기능을 가상화하여 저비용·고효율 통신망을 구성할 수 있다. 게다가 장비 자동 배치 및 관리를 통해 유지비용이 절감되고 설치 시간이 단축되며, 새로운 서비스에 대해 소프트웨어 기반의 어플리케이션으

로 대응이 가능하여 새로운 서비스가 다양하게 창출될 것으로 전망된다 [3]. [표 1]은 한국전자통신 연구원에서 도출한 데이터 센터 간 특징을 나타낸다 [3].

[표 1] 기존 데이터센터와 마이크로 데이터센터 간의 차이

[Table 1] The difference between traditional data center and micro data center

구분	Mega Data Center	Micro Data Center
목표 시장	<ul style="list-style-type: none"> • Hyper Giant, Public Cloud • Google: 90만대 서버, 36개 센터 • MS: 100만대 서버, 8개 센터 	<ul style="list-style-type: none"> • ISP, Private Cloud • SMB(Small & Medium-sized Business) Cloud: 5,000대 이하
기술 (자원 및 가상 기능 제외)	<ul style="list-style-type: none"> • Mega Data Center 관리 기술 • 대규모 자원/서비스 관리 기술 • 대규모 자원 Orchestration 기술 • 대용량 Scalability (Scale out/Up 등) 기술 • 대규모 Data Center 설비 기술 	<ul style="list-style-type: none"> • 분산 클라우드 관리 기술 • 지역-서비스-자원 배치 및 Orchestration 기술 • 클라우드 간 네트워킹 기술 • 가상 머신 네트워킹 고속화 기술
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 고도의 설비 필요 • 규모에 따라설치 모델 다름 • Proximity, Locality 빈약 • 지역적 자원 유동성 부족 • 물리적 규모로 인해 가상화 및 이종 자원 통합 관리가 어려움 • 지역 내에 자원 별도 관리 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> • Micro DC 통합 관리 시스템 필요 • 네트워킹-컴퓨팅 융합 기술 필요 • 규모가 커질 경우 DB 동기화 어려움 • 물리적 Security 취약
서비스 및 시장	<ul style="list-style-type: none"> • 서버-클라이언트 모델 서비스 • 검색, Social Network 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 가상화 서비스 (VDI, Virtual Home/Office 등) • 고품질(CDN, UHD TV 등) 서비스 • NFV, IoT/M2M

3. 연구배경

한국전자통신연구원에서는 2016년까지 마이크로 데이터센터 구축으로 트래픽 폭증 문제를 해결하고자 하고 있다. 또 마이크로 데이터센터 구축을 통해 새로운 서비스가 발생하여 경제적으로 큰 파급효과를 불러일으킬 것으로 판단하고 있다. 마이크로 데이터센터를 활용하여 개인, 벤처, 중소기업 등 소자본 ICT 기업에 스마트 인프라를 제공함으로써 ICT 산업 발전에도 크게 기여한다는 전망을 제시하기도 한다. 이 외에도 Localization 서비스, 분산 서비스, 콘텐츠 전달 및 컴퓨팅 서비스, 가상 네트워킹 서비스가 발생할 것으로 보고 있다. [표 2]는 한국전자통신연구원에서 도출한 마이크로 데이터센터가 기여할 수 있는 서비스 분야를 보여준다 [3].

[표 2] 마이크로 데이터센터 서비스 예시

[Table 2] The example services of micro data center

서비스 분류	서비스 예시
마이크로 데이터센터 localization 서비스 (지리적 위치 고려)	<ul style="list-style-type: none"> • 지역의 특정 그룹용 대용량 컴퓨팅 및 콘텐츠 분배 서비스 • 병원-원격진료, u-Health

	<ul style="list-style-type: none"> • 학원/교회 등 지역의 특정 그룹용 소셜네트워크 서비스 • 스마트 사이니지, 지역 광고 서비스, 지역방송국 서비스 • 스마트 홈 클라우드 서비스 • 가상 사설 클라우드 서비스
마이크로 데이터센터 분산 서비스 (ICT 부하 분산 고려)	<ul style="list-style-type: none"> • VDI/Zero client • 고품질 클라우드 게임 • CCTV 가상 인프라 및 가상 관리 센터 서비스 • IoT/M2M Gateway
마이크로 데이터센터 콘텐츠 전달 및 컴퓨팅 서비스 (전달 효율 고려)	<ul style="list-style-type: none"> • 고품질 CDN 서비스, UHD TV, VoD, Live Stream • 빅데이터 Pre/Post Processing, 저장 서비스 • 멀티단말(N-screen) 서비스 • 영상회의 (High quality), 영상전화 서비스 • 개인방송국 서비스
마이크로 데이터센터 가상 네트워킹 서비스 (네트워크 기능 가상화)	<ul style="list-style-type: none"> • 고품질 VPN 및 클라우드 연결 네트워킹 서비스 • 가상 라우터 서비스 • 가상 방화벽 서비스 • 가상 로드 밸런서 서비스 • Mobile IP 백본 서비스

이에 따라 본 연구에서는 마이크로 데이터센터의 구축 및 활용 측면에서 산업연관분석을 이용하여 경제적 파급 효과를 정량적으로 분석하고자 한다.

4. 연구방법

4.1 연구방법

산업연관표를 활용한 산업연관분석은 다양한 경제적 효과를 도출해낼 수 있다. 대표적으로 생산 유발 효과, 부가가치유발 효과, 수입유발 효과 및 취업유발 효과가 있다. 본 연구에서는 산업연관 분석을 활용하여 생산유발효과, 부가가치유발 효과를 계량적으로 분석하고자 한다.

산업연관분석을 도입하여 경제적 파급효과를 분석한 선행연구를 살펴보면 첫째로 [4] 연구가 있다. 이 연구 논문에서는 국가차원의 과학데이터센터 구축의 경제적 파급효과를 한국은행에서 발표한 산업연관표를 이용하여 생산유발 효과, 부가가치유발 효과, 취업자유발 효과 및 전·후방연쇄효과로 나누어 분석하여 국가 과학데이터센터 구축에 대한 경제적 타당성을 검증하였다.

둘째로 [5] 연구에서는 산업연관표를 통해 IT산업의 산업구조와 한국 경제 내에서 IT산업이 타 산업과 어떤 연관 관계를 맺고 있는가를 살펴보고, IT산업의 산업연관효과 분석을 통해 생산유발액, 부가가치유발액, 수입유발액, 고용유발효과를 수치적으로 분석하였다.

셋째로 [6] 연구에서는 스마트 네트워크 구축사업의 경제적 파급효과 분석을 위해 스마트 네트워크 산업 분류체계를 재분류한 후, 한국은행에서 발행하는 산업연관표를 RAS 기법을 활용하여

한국은행에서 발표한 2005년 산업연관표를 2011년 산업연관표로 재작성하고, 스마트 네트워크 산업 투자에 따른 경제적 파급효과를 분석하였다.

산업연관분석을 위해 한국은행에서 가장 최근에 발표한 실측 산업연관표인 2010년도 산업연관표를 활용하였으며 해당년도를 기준으로 한 385개로 구분된 상품분류표와 329개로 구분된 산업분류표를 참고하였다. 2010년도에 작성된 산업연관표는 국내총생산(GDP) 성장률에 기반을 두어 2014년도 산업연관표로 갱신하였고, 국내총생산 성장 전망에 따라 향후의 경제적 파급효과를 도출하였다.

4.2 산업연관분석 개요

산업연관분석(Input-output analysis, Interindustry analysis)은 산업연관표를 이용하여 산업부문 간의 연관관계 및 상호 의존관계를 도출해내고 최종수요를 외생변수로 부여하여 그 결과가 국민 및 국가 경제에 미치는 파급 효과를 정량적으로 분석하는 기법이다 [7].

산업연관분석은 미국의 레온티에프(W. W. Leontief) 교수가 1936년에 발표한 'Quantitative input and output relations in the economic system of the U.S.'라는 논문을 시초로 하고 있다. 레온티에프는 이 논문을 발표한 뒤 1973년에 투입산출 분석의 크게 기여하였다는 평가를 받아 노벨경제학상을 수상하게 된다.

레온티에프의 논문이 발표된 이후 산업연관분석은 1947년 미국에서 가장 먼저 국가 공식통계로 자리 매김하였고, 1948년 영국, 1951년 일본에서 각각 산업연관분석을 도입하였다 [8]. 국내에서는 한국은행이 1960년 산업연관표를 처음으로 작성하였고 매 5년마다 실측 산업연관표를 제공하고 있다.

4.3 산업연관표

산업연관표는 국민경제 내에서 일어난 재화와 서비스의 모든 거래를 나타낸 표로써 각 산업의 거래 및 산업부문과 최종수요와의 거래를 일정한 형식에 따라 체계적으로 작성한 통계표이다. 산업연관분석을 위해 한국은행에서는 5년 단위로 실측 산업연관표를 작성하고 있으며 필요에 따라 갱신된 연장표를 발표하고 있다. 산업연관표는 수요 측면에서 중간수요, 최종수요, 총수요계, 수입(공제), 총산출액으로, 투입 측면에서 중간 투입, 부가가치, 총투입액으로 구성되어있다.

산업연관표는 재화와 서비스의 거래를 산업 간의 중간재 거래 부분 및 각 산업부문에서의 노동, 자본 등 본원적 생산요소의 구입 부분, 각 산업부문 생산물의 최종소비자에게로의 판매부문의 세 가지로 구분하여 기록된다 [5]. 산업연관표의 구성에 따라 투입구조와 배분구조를 나타내면 다음과 같이 정리할 수 있다.

총수요액 = 중간수요 + 최종수요 + 수입(공제)

총투입액 = 중간투입 + 부가가치투입

또한 중간투입 및 중간수요 부문을 내생부문이라 하며 최종수요, 총수요계, 수입(공제) 및 부가가치 부문을 외생부문이라 한다.

4.4 투입계수

투입계수에는 각 산업부문이 재화 또는 서비스 생산에 사용하기 위해 구매한 원재료 등의 중간 투입액을 총투입액으로 나누어 계산한 중간투입계수와 피용자보수, 영업이익 등의 부가가치액을 총투입액으로 나누어 계산한 부가가치투입계수가 있다 [8].

4.5 생산유발계수

계산한 투입계수로부터 산업 간의 직·간접적인 영향을 산출하기 위한 생산유발계수를 도출해낼 수 있다. 행렬 A 는 투입계수를 나타내고 열벡터 X 는 총산출액을, 열벡터 Y 는 최종수요를, 열벡터 M 은 수입액을 각각 나타낸다. 단순화된 식을 정리하면 (1)과 같이 생산유발계수를 도출할 수 있는 형태가 된다.

$$\begin{aligned} AX + Y + M &= X & (1) \\ X - AX &= Y - M \\ (I - A)X &= Y - M \\ X &= (I - A)^{-1}(Y - M) \end{aligned}$$

위 정리 식에서 도출된 $(I - A)^{-1}$ 가 구하고자 하는 생산유발계수이며, 이는 산업연관분석의 시초가 된 논문을 작성한 레온티에프의 이름을 따서 레온티에프 역행렬이라고도 한다.

위 식에서 단위행렬 I 는 각 산업부문 생산물에 대한 최종수요가 1단위씩 발생하였을 때 이를 충족시키기 위한 각 산업부문의 직접생산효과를 의미한다. 행렬 A 는 각 산업부문 생산물을 1단위 생각하는데 필요한 중간재 투입액이며 이는 1차 생산파급효과가 된다. A^n 은 n-1차 생산파급효과로 나타난 각 산업부문의 생산물을 생산하는데 필요한 중간재 투입액이 된다. 즉 n차 생산파급효과라 할 수 있다.

따라서 $(I - A)^{-1}$ 은 최종수요가 1단위 증가함에 따라 유발되는 직접적·간접적 생산파급효과를 모두 더한 생산유발계수를 의미한다.

생산유발 계수 r_{ij} 는 산업 j의 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생하였을 때 산업 i 부문에서 간접적으로 유발된 생산파급효과를 의미한다. 산업 j의 생산물에 대한 최종수요라 함은 j산업과 관

련된 소비, 투자 및 수출을 의미한다. 즉, r_{11} 은 산업 1 부문의 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 산업 1 부문에서 직·간접적으로 유발된 생산파급효과를 나타낸다고 할 수 있다.

생산유발계수표는 수입품의 취급방법에 따라 다양한 형태가 존재한다. $(I - A^d)^{-1}$ 형은 비경쟁 수입형인 국산투입계수표를 이용하여 국내에 대한 생산파급효과만을 계측할 수 있기 때문에 본 연구에서 사용하기에 적합하다. 따라서 $(I - A^d)^{-1}$ 형을 활용하여 생산유발계수를 산출하고자 하였다 [9].

4.6 부가가치 유발 계수

최종수요의 발생은 곧 생산을 유발하고(생산유발액) 그로인해 나타난 생산이 새로운 부가가치를 창출하게 된다. 이 부가가치를 산출하기 위해서는 부가가치유발계수를 도출하여야 한다.

각 산업별 부가가치유발계수는 생산유발계수표에 부가가치투입계수를 곱하여 도출되는 부가가치유발계수행렬의 열합계이다. 산업별 부가가치유발계수는 특정 산업에서 생산한 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생했을 때 국민경제 전반에 직접·간접적으로 유발되는 부가가치의 단위를 의미한다. 부가가치유발계수를 산출하는 식은 (2)와 같다.

$$V = \widehat{A}^v (I - A^d)^{-1} \cdot Y^d \quad (2)$$

위 식에서 $(I - A^d)^{-1}$ 은 생산유발계수, A^v 는 부가가치에서 국내투입을 나눈 값이며 Y^d 는 국내최종수요를 의미한다.

4.7 RAS 기법

[10]이 체계화한 RAS기법은 자료의 일부만을 실제 조사에서 획득하기 때문에 부분조사법에 속하며 '양 비례조정법'이라고도 한다 [11]. RAS 기법을 활용하여 $n \times n$ 행렬인 기준년도의 투입계수행렬 $A_{(0)}$ 로부터 예측년도의 투입계수 행렬을 추정하는 하나의 방법이다.

본 연구에서 사용할 RAS 기법은 일반적으로 이용되고 있는 8가지의 비 조사 방법들에 대하여 5가지 통계적 평가방법으로 검증한 [12]의 연구결과인 [표 3]에서 볼 수 있듯 가장 우수한 방법이라 평가되고 있다 [13-15].

한국은행에서 발표하는 산업연관표는 5년 단위로 갱신되고 필요에 따라 연장표를 함께 제공하고 있다. 따라서 본 연구에서 주로 사용할 산업연관표는 2010년 실측표와 2012년 연장표이다.

하지만 현 시점에서의 경제적 파급효과와 미래 시점에서의 경제적 파급효과를 계측하기 위해서는 현 시점의 산업연관표를 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 위에서 설명한 RAS 기법을 활용하여 2014년의 산업연관표를 추정하고자 하였다. 2014년의 산업연관표를 추정하기 위해 한국은행

에서 발표한 2010년 실측표를 기준년도 자료로 책정하였으며 2011년 연장표 및 2012년 연장표를 토대로 예측년도인 2014년의 산업연관표를 추정하였다. 뿐만 아니라 한국은행에서 발표하는 국내 총생산 성장률과 예측 성장률을 사용하여 예측 정확성을 향상시켰다 [6].

[표 3] 비 조사 방법 비교 평가 결과표

[Table 3] The performance of nonsurvey input-output techniques

	Mean Absolute Difference	Correlation Coefficient	Mean Similarity Index	Information Content	Chi-Square
1	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
2	SLQ	SDP	SLQ	SLQ	CMOD
3	POLQ	SLQ	POLQ	POLQ	RMOD
4	RMOD	POLQ	SDP	CMOD	SLQ
5	CMOD	RMOD	RMOD	RMOD	POLQ
6	SDP	CMOD	RND	RND	RND
7	RND	RND	CMOD	CILQ	CILQ
8	CILQ	CILQ	CILQ	SDP	SDP

본 연구에서 사용한 GDP 성장률은 한국은행에서 공개한 자료를 활용하였으며, 전년대비 GDP 성장률은 각각 2011년 3.7%, 2012년 2.3%, 2013년 3%, 2014년 3.3%이다.

4.8 산업연관표 재분류

본 연구에서는 기준년도로 설정한 2010년의 실측 산업연관표를 활용하였기 때문에 한국은행에서 정의한 '2010년 산업 및 상품분류표'를 사용하였다 [16]. 선행연구인 [6][17] 연구에서 분류한 스마트 네트워크 구축·활용 관련 산업 및 사물인터넷 관련 산업을 참고하였다. 본 연구에서 참고한 선행 연구의 분류 외에 마이크로 데이터센터의 구축 및 활용과 관련된 산업을 추가하였다.

우선 마이크로 데이터센터 구축·활용 산업에 해당하지 않는 산업 부문을 선행 연구에 따라 통합하여 정의하였다. 그리고 마이크로 데이터센터 구축·활용 산업에 해당하는 산업 부문을 선별하여 분리하였다. 마이크로 데이터센터에 해당하는 산업은 성격상 스마트 네트워크 산업과 유사하기 때문에 선행 연구의 분류를 참고하였다. 결과적으로 [표 4]와 같이 마이크로 데이터센터에 맞는 산업을 다시금 선별하였다.

본 연구에서 마이크로 데이터센터 구축 산업으로 전기 및 전자기기 제조업(발전기 및 전동기, 전기변환·공급제어장치, 기타 전기장치, 컴퓨터 및 주변기기), 정밀기기(측정 및 분석기기, 자동조정 및 제어기기), 건설업(산업시설 건설), 정보통신 및 방송업(컴퓨터관리·운영 관련 서비스)을, 활용 산업으로는 전기 및 전자기기 제조업(컴퓨터 및 주변기기, 통신 및 방송장비, 영상 및 음향기기, 가

정용 전자기기), 정보통신 및 방송업(유·무선 통신, 기타 전기통신, 방송, 정보서비스, 초고속망서비스, 부가통신, 소프트웨어 개발 및 공급, 영상·오디오물 제작 및 배급), 사업지원 서비스업(기타 사업지원서비스)로 분류하였다.

[표 4] 마이크로 데이터센터 산업의 분류 체계

[Table 4] The classification of micro data center industry

#	산업	구성	
1	농림수산업/광업	작물, 축산물, 임산물, 수산물, 농림어업서비스, 석탄·원유 및 천연가스, 금속 및 비금속광물	
2	전력/가스/수도	전력 및 신재생에너지, 가스·증기 및 온수, 수도, 폐수처리, 폐기물 및 자원재활용서비스	
3	건설	건물건설 및 건축보수, 토목건설(산업시설 건설 제외)	
4	도소매/운수/음식점/숙박	도소매 서비스, 육상운송서비스, 수상운송서비스, 항공운송서비스, 창고 및 운송보조서비스, 음식점 및 숙박서비스	
5	금융 및 보험/부동산·임대·전문·과학 및 기술/사업지원	금융서비스, 보험서비스, 금융 및 보험 보조서비스, 주거서비스, 부동산서비스, 기계장비 및 용품임대, 연구개발, 사업관련 전문서비스, 과학기술관련 전문서비스, 사업지원 서비스(기타사업지원서비스 제외)	
6	공공행정 및 국방	공공행정 및 국방	
7	교육/보건 및 사회복지	교육서비스, 의료 및 보건, 사회복지 서비스	
8	문화 및 기타	문화서비스, 스포츠 및 오락 서비스, 사회단체, 수리 및 개인 서비스	
9	비정보통신제조업	음식료품, 섬유 및 가죽제품, 목재 및 종이·인쇄, 석탄 및 석유제품, 화학제품, 비금속광물제품, 1차 금속제품, 금속제품, 기계 및 장비, 운송장비, 기타 정밀기기, 기타 제조업 제품 및 임가공	
10	정보통신산업 (마이크로 데이터센터 산업 제외)	전자, 반도체, 전자표시장치, 인쇄회로기판, 기타 전자부품, 기타 정밀기기, 우편서비스, 출판서비스	
11	마이크로 데이터센터 산업	구축	전기 및 전자기기 제조업(발전기 및 전동기, 전기변환·공급제어장치, 기타 전기장치, 컴퓨터 및 주변기기), 정밀기기(측정 및 분석기기, 자동조정 및 제어기기), 건설업(산업시설 건설), 정보통신 및 방송업(컴퓨터관리·운영 관련 서비스)
12		활용	전기 및 전자기기 제조업(컴퓨터 및 주변기기, 통신 및 방송장비, 영상 및 음향기기, 가정용 전자기기), 정보통신 및 방송업(유·무선 통신, 기타 전기통신, 방송, 정보서비스, 초고속망서비스, 부가통신, 소프트웨어 개발 및 공급, 영상·오디오물 제작 및 배급), 사업지원 서비스업(기타 사업지원 서비스)

5. 연구 결과

5.1 분석 결과

GDP 성장률을 고려하여 계측된 2014년도 산업연관표를 이용하여 [표 5]와 같이 생산유발계수와 부가가치유발계수를 도출하였다. [표 6]은 마이크로 데이터센터 구축 산업의 유발 계수를, [표 7]은 마이크로 데이터센터 활용 산업의 유발 계수를 각각 나타내고 있다.

[표 5] 마이크로 데이터센터 산업의 산업 부문별 유발 계수

[Table 5] The inducement coefficients of micro data center industry

산업	생산유발계수	부가가치 유발계수
농림수산업/광업	1.8455	0.79282
전력/가스/수도	2.11381	0.49826
건설	1.76588	0.50364
도소매/운수/음식점/숙박	1.63724	0.4162
금융 및 보험/부동산·임대·전문·과학 및 기술/사업지원	2.22878	0.69197
공공행정 및 국방	1.88532	0.73566
교육/보건 및 사회복지	1.61783	0.87343
문화 및 기타	1.40840	0.90869
비정보통신제조업	1.65384	0.82686
정보통신산업 (마이크로 데이터센터 산업 제외)	1.90023	0.77823
마이크로 데이터센터 산업	구축	2.09235
	활용	1.94206

[표 6] 마이크로 데이터센터 구축 산업의 유발계수

[Table 6] The inducement coefficients of establishing micro data center industry

산업	생산유발계수	부가가치 유발계수
농림수산업/광업	0.01488	0.00814
전력/가스/수도	0.52084	0.10011
건설	0.06901	0.01932
도소매/운수/음식점/숙박	0.03537	0.00823
금융 및 보험/부동산·임대·전문·과학 및 기술/사업지원	0.00305	0.00100
공공행정 및 국방	0.14273	0.06085
교육/보건 및 사회복지	0.08948	0.05578
문화 및 기타	0.00089	0.00068
비정보통신제조업	0.00425	0.00260
정보통신산업 (마이크로 데이터센터 산업 제외)	0.00613	0.00301
마이크로 데이터센터 산업	구축	1.16501
	활용	0.04071

[표 5]의 생산유발계수 및 부가가치유발계수는 해당하는 산업에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 각각 전 산업에 미치는 생산유발효과와 국민경제 전체에서 생산되는 부가가치유발효과를 의미한다. 곧 마이크로 데이터센터 구축 산업에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 산업 전반에 미치는 생산유발효과는 2.09235단위이며, 활용 산업의 생산유발효과는 1.94206단위가 된다. 마찬가지로 구축·활용 산업에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 국민경제에 미치는 부가가치유발

효과는 각각 0.61286단위, 0.67606단위이다.

[표 6]과 [표 7]은 마이크로 데이터센터 구축 및 활용 산업의 유발계수 구성표이며, 마이크로 데이터센터 구축 및 활용 산업에 대한 최종수요 1단위의 증가가 타 산업에 미치는 효과를 나타낸다.

[표 7] 마이크로 데이터센터 활용 산업의 유발계수

[Table 7] The inducement coefficients of utilizing micro data center industry

산업	생산유발계수	부가가치 유발계수
농림수산업/광업	0.0085	0.00465
전력/가스/수도	0.24199	0.04651
건설	0.11603	0.03248
도소매/운수/음식점/숙박	0.03486	0.00811
금융 및 보험/부동산·임대/전문·과학 및 기술/사업지원	0.0045	0.00147
공공행정 및 국방	0.16353	0.06972
교육/보건 및 사회복지	0.12209	0.07611
문화 및 기타	0.00391	0.00298
비정보통신제조업	0.00444	0.00272
정보통신산업 (마이크로 데이터센터 산업 제외)	0.01613	0.00792
마이크로 데이터센터 산업	구축	0.06081
	활용	1.16527
		0.01769
		0.40570

2015년 마이크로 데이터센터 구축 및 활용의 생산유발효과와 부가가치유발효과를 산정해보면, 마이크로 데이터센터 구축 산업은 약 3756억 원의 생산유발효과와 약 1100억 원의 부가가치유발효과가 있으며 마이크로 데이터센터 활용 산업은 약 6009억 원의 생산유발효과와 약 2092억 원의 부가가치유발효과가 있는 것으로 나타났다. 정부의 관련 산업 투자는 지속적으로 증가하고 있으며 [5], 관련 산업에 배정된 정부 예산안에 따라 본 연구에서 도출한 유발계수를 통해 생산유발액과 부가가치유발효과를 계산할 수 있다.

5.2 마이크로 데이터센터 구축 비용

데이터 센터 구축비용을 산정하기 위해 가트너 보고서의 TCO모델을 활용하였다. TCO는 인력, 서버, 소프트웨어, 네트워크, 유지보수, 전력, 설치, 공간 등의 비용으로 나타낼 수 있는데 우선 유지 보수적인 측면이 아닌 구축 비용이라는 점에서 1회성의 간접비용만 고려하였다. 즉 직접 비용(direct cost)인 인건비 등은 산정되지 않았으며, 하드웨어, 소프트웨어, 지대 등에 대한 간접 비용(temporary indirect cost)만 고려되었다.

기존 CDN과는 다르게 VM과 물리적 공간으로의 서버, 스토리지, 네트워크를 요구한다. 또한 위 데이터센터의 비교표를 토대로 Micro Data Center 하나가 보유한 서버를 5천대로 가정하였으며 그

에 상응하는 스토리지와 네트워크의 수를 비율적으로 맞춰 가정하였다. 이후 유닛별로 각각 해당하는 하드웨어 비용과 소프트웨어 비용을 합산하였다.

설치비용 및 상면 비용은 주로 Rack의 개수에 따라 결정이 된다. 가트너에 따르면, 우선 Rack의 면적을 이루는 IT Space공간은 전체 Space에서 40%를 차지하고 있으며 이 중 40%에서 65%는 서버가 차지하고 있다. 1Rack당 면적 30평방피트를 기준으로 하여 1Rack당 15개의 서버를 두는 것으로 가정하였다. 5000개의 서버면 서버에 대한 Rack만 340개가 필요하게 되고 전체 필요로 하는 Rack의 숫자는 약 525개가 된다. 525개의 Rack으로 인한 전체 면적은 15750평방피트이며 전체 마이크로 데이터 센터 크기는 39375평방피트 정도가 된다. 제곱미터로 환산을 하게 되면 3658제곱미터의 면적이 필요하게 되며 이는 국내 9만대 서버를 둔 네이버 데이터 센터의 54229제곱미터 크기의 18분의 1에 근사한 수준이다. 구축비용은 1평방피트 구축비용 당 \$789인 점을 감안하였을 때, 전체 39375평방피트에 대한 비용은 \$30,277,875가 된다. 따라서, 마이크로 데이터센터 구축에 필요한 비용은 약 \$55,910,919.99로 약 605억원으로 계산된다. [표 8]은 산정된 구축 비용을 정리한 것이다.

[표 8] 마이크로 데이터센터 구축비용

[Table 8] The cost of establishing micro data center

구분	계산식	비용		
		# of servers	Hardware/unit	Software/unit
서버 비용	서버수 * (단위 하드웨어 비용 + 단위 소프트웨어 비용)	5,000	\$1663.76	\$1591.42
		Total Server cost : \$16,275,889.01		
스토리지 비용	스토리지수 * (단위 하드웨어 비용 + 단위 소프트웨어 비용)	2,500	\$2438.00	\$536.36
		Total Storage cost : \$7,435,898.9		
네트워크 비용	네트워크수 * (단위 하드웨어 비용 + 단위 소프트웨어 비용)	20,000	\$49.95	\$6.66
		Total Storage cost : \$1,132,257.06		
설치 비용 및 상면 비용	- 설치비용: Rack의 수 * Rack의 설치 비용 - 상면비용 :Rack의 수 * Rack의 면적 * 해당 토지 면적 단가 (인건비 및 기타비용 포함)	Rack당 면적		30 평방피트
		Rack당 서버 수		15 Server
		가용 Rack 수		525 Rack
		IT Space (Rack Space) (40%)		15,750 평방피트
		MDC 필요 평방피트 (100%)		39,375 평방피트 (3,658제곱미터)
		구축비용		\$31,066,875

5.3 결론

산업연관분석 결과에 따라 2015년 ICT R&D 예산을 기준으로 마이크로 데이터센터 구축 산업은

약 3756억 원의 생산유발효과와 약 1100억 원의 부가가치유발효과가 있으며 마이크로 데이터센터 활용 산업은 약 6009억 원의 생산유발효과와 약 2092억 원의 부가가치유발효과가 있는 것으로 나타났다. 스마트 네트워크 투자 예산 안에 기초하여 보면 마이크로 데이터센터 구축 산업의 생산유발액은 약 16조 6638억 원이고 부가가치유발액은 약 4조 8809억 원이 도출된다. 또한 마이크로 데이터센터 활용 산업의 2015년 생산유발액은 약 2666억 원이며 부가가치유발효과는 약 928억 원에 달한다. 마이크로 데이터센터를 10개 구축하는 비용은 약 6050억으로 추정되며, 기존 데이터센터 구축에 약 2000억 원 정도가 투입되는 것으로 볼 때 4000억원의 추가 구축비용이 소요되는 것으로 판단된다. 결과적으로 추가 구축비용을 제외하고 총 효과는 스마트 네트워크 투자 예산 안에 기초하였을 때 약 21조 1447억 원으로 추정할 수 있다.

5.4 시사점

본 연구는 스마트 네트워크에 기반을 둔 마이크로 데이터센터의 구축 및 활용 산업이 경제에 미치는 파급 효과를 산업연관분석방법을 사용하여 분석하였다는 점에서 의의가 있다. 마이크로 데이터센터를 구축함에 따른 새로운 서비스의 출현 등을 고려하여 산업분류표를 재작성하여 계산하였다. 다만 관련 산업 예산안 정보의 부재, 새로운 네트워크 체계인 마이크로 데이터센터에 대한 투자 등에 대한 정보의 부재로 인해 장기적인 예측을 하는 것이 용이하지 않아 선행 연구의 데이터 위주의 분석이 이루어진 점이 있다. 그렇지만 이후 다양한 데이터가 취합된다면 본 연구에서 사용한 산업연관분석 방법을 통해 마이크로 데이터센터의 경제적 파급효과를 도출해낼 수 있을 것이다.

마이크로 데이터센터의 구축비용은 선행 연구와 가트너 보고서를 기준으로 연구하였으나 실질적인 데이터가 아닌 추정치이기 때문에 향후 연구에서는 구축에 따른 비용과 기존 방식간의 비용 차이, 그리고 서비스 개선에 따른 정량적 비용 감소치를 산정할 필요가 있다.

References

- [1] Sandvine, "Global Internet Phenomena Report: Spring 2011", Sandvine, Waterloo, Ontario, CA, May 2011. [Online]. Available: www.sandvine.com/hubfs/Sandvine_Redesign_2019/Downloads/Internet%20Phenomena/2011-1h-global-internet-phenomena-report.pdf.
- [2] H. R. Jang, "Economic benefits of ISP-CDN and ISP-ISP cooperation", Master's thesis, Department of Electrical and Electronic Engineering, KAIST, Republic of Korea, 2012.
- [3] B. C. Lee, "Smart Network R&D Trend and Demonstration Requirements", ETRI, Gwangju, Korea, June 2015.
- [4] S. U. Sung, S. H. Hahn, "An Economic Ripple Effect Analysis of National Scientific Data Center Construction", *Journal of Information Science Theory and Practice*, vol. 42, no. 3, July 2011, pp. 55-69,

- doi: 10.1633/JIM.2011.42.3.055.
- [5] H. J. Jung, "IT industry structure and ripple effect analysis using inter-industry table", *ICT & Media Policy*, vol. 20, March 2008, pp.1-61.
- [6] W. S. Jeong, S. H. Kim, "An Analysis of the Economic Effects on the Project to Construct Smart Network", *Korean Society for Internet Information*, vol. 12, no. 4, August 2011, pp. 61-71.
- [7] W. W. Leontief, "Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States", *The review of economic statistics*, August 1936, pp. 105-125.
- [8] T. H. Kim, *Inter-industry analysis using SAS*. CHUNGRAM, 2004.
- [9] S. R. Kim, J. S. Yoon, J. S. Lee, "A Study on Suitability Comparison of Input Coefficient to Build Regional Input-Output Tables Estimating Method", *Korean Association for Comparative Government*, vol. 15, no. 2, August 2011, pp. 277-292, doi: 10.18397/kcgr.2011.15.2.277.
- [10] R. Stone, *Input-output and National Accounts*, Organisation for European Economic Co-operation, 1961.
- [11] H. U. Ha, H. Y. Kim, "A Study on the Reliability of RAS Technique with Estimated Data", *Korea Research Institute for Human Settlement*, vol. 49, pp. 25-37, June 2006.
- [12] W. I. Morrison, P. Smith, "Nonsurvey input output techniques at the small area level: An evaluation", *Journal of Regional Science*, vol. 14, no. 1, April 1974, pp. 1-14, doi: 10.1111/j.1467-9787.1974.tb00425.x.
- [13] T. Junius, J. Oosterhaven, "The solution of updating or regionalizing a matrix with both positive and negative entries", *Economic Systems Research*, vol. 15, no. 1, March 2003, pp. 87-96, doi: 10.1080/0953531032000056954.
- [14] M. Lenzen, R. Wood, B. Gallego, "Some comments on the GRAS method", *Economic systems research*, vol. 19, no. 4, December 2007, pp. 461-465, doi: 10.1080/09535310701698613.
- [15] U. Temurshoev, R. E. Miller, M. C. Bouwmeester, "A note on the GRAS method", *Economic Systems Research*, vol. 25, no. 3, September 2013, pp. 361-367, doi: 10.1080/09535314.2012.746645.
- [16] M. K. Kim, "Structural analysis of creative industries and estimation of economic ripple effects through inter-industry analysis", *Korea Development Bank*, Seoul, Korea, 2014. [Online]. Available: https://academic.naver.com/article.naver?doc_id=129004780.
- [17] W. S. Jeong, S. H. Kim, K. S. Kim, "An Analysis of the Economic Effects for the IoT Industry", *Journal of Internet Computing and Services*, vol. 14, no. 5, October 2013, pp. 119-128, doi: 10.7472/jksii.2013.14.5.119.