

## 전기·전자산업의 중간재 글로벌가치사슬 네트워크 구조와 중심성 분석\*

김석민  
조선대학교 무역학과 부교수

### Network Structure and Centrality Analysis of Global Value Chains in Electrical and Electronic Industries

Seog-Min Kim<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Department of International Trade, Chosun University, South Korea

Received 27 January 2021, Accepted 25 February 2021

#### Abstract

This study analyzed the centrality of the GVCs network and the value-added-based production structure of the electrical and electronic industries using ADB-MIRO and social network analysis methods.

According to the analysis, the centrality and power of the GVSc intermediate goods network were differentiated into China, the United States, and the EU due to the advancement of industrial structure in Asia.

In the 2000 network, the United States and Japan had a very strong influence in all aspects, including connectivity and strength. However, in 2017, China's power index rose to number one among 62 countries in the network.

Furthermore, this study presented strategic implications of the Korean electrical and electronic industries to respond to the reorganization of GVSSs based on the analysis results.

**Keywords:** GVCs, Vertical Specialization, Social Network Analysis, Centrality

**JEL Classifications:** E16, F01, F10, F14

\* This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant and Ministry of Education 2018(NRF-2018S1A5A2A01031390)

<sup>a</sup> First Author, E-mail: ksm@chosun.ac.kr

© 2021 The Korea Trade Research Institute. All rights reserved.

## I. 서론

전기·전자산업은 세계 제조업 총생산에서 차지하는 비중이 식품산업에 이어 가장 큰 산업이며, 산업 총생산에서 부가가치수출(VAX)이 차지하는 비중도 55.4%로 가장 큰 산업이다 (ADB-MIRO, 2017). 이는 전기·전자산업이 글로벌가치사슬(Global Value Chains; GVCs)에서 국제간 생산분할, 즉 국제수직분업이 가장 활발한 산업임을 의미한다. 또한, GVCs 관점에서 전기·전자산업은 가치사슬의 상류(Upstream)에서 기술선진국 간 치열한 경쟁이 발생하는 반면, 조립 부문은 가치사슬의 하류(Downstream)에서 노동집약적 산업의 특징을 보이며 개발도상국 간 경쟁이 치열한 산업이다.

1990년대 이후 세계 전기·전자산업은 미국, 독일, 일본의 주도하에 아시아와 동유럽 국가를 생산기지로 한 생산분할 구조를 구축하고 세계 경제성장을 주도하였다. 그러나 2000년대 들어 중국경제의 부상과 아시아 국가의 산업구조 고도화에 따라 GVSc 네트워크의 구조와 중심성에 변화가 발생하고 있으며, 미·중 무역분쟁으로 촉발된 보호무역주의 확산 및 코로나 19 상황은 GVSc 네트워크를 급속히 약화하고 있다.

한편 한국 전기·전자산업은 1960년대 태동기를 거쳐 1970년대 본격적으로 수출전략산업의 육성되었다. 1980년대와 1990년대를 거치며 한국 전기·전자산업은 본격적으로 도약하기 시작했으며, 2000년 이후 메모리반도체, 스마트폰, 평판디스플레이 등의 품목에서 세계 최고수준의 경쟁력을 확보하였다. 한국 전기·전자산업은 제조업 총생산 대비 비중(9.5%)이 가장 큰 산업이며, 수출의 GDP 기여도가 77.1%에 달하는 대표적 전략산업이자 수출특화산업이다(Lim, 2016). 그러나 2015년을 정점으로 수출의 GDP 기여도는 하락하는 추세를 보이며, 2019년 일본의 수출규제 사건에서 확인된 바와 같이 핵심 소재·부품·장비의 대외의존도가 높아 GVCs 충격에 매우 취약한 구조를 지니고 있다. 또한, 최근 중국과의 기술격차도 빠르게 축소되는 상황이며, 베트남, 인도 등의 아시아 국가들이 중국의 경로를 따르며 GVCs 네

트워크로 빠르게 진입하고 있어, 선제적 대응이 필요한 시점이다.

이에 본 연구는 국제투입산출표와 사회네트워크 분석방법을 이용하여 세계 전기·전자산업의 부가가치기준 생산구조와 GVCs 네트워크의 위상변화를 규명하고, 나아가 분석결과를 토대로 GVSs 채편에 대응하기 위한 한국 전기·전자산업의 전략적 시사점을 도출하는 데 목적이 있다.

한편, 본 연구는 총 5장으로 구성되었으며, 다음의 3단계로 진행되었다. 첫째, ADB-MRIO를 기본자료로 하여 Wang, Wei, Yu and Zhu (2017)의 방법을 이용하여 각 국가-산업의 총생산(GDP)을 '기준국가 최종수요를 충족시키기 위한 최종재 생산에 투입된 기준국가의 국내부가가치', '직접수입국 최종수요를 충족시키기 위한 수출용 최종재의 생산에 투입된 기준국가의 국내부가가치' 및 '기준국가의 중간재 수출에 내재한 기준국가의 국내부가가치'의 세 가지 부가가치 요소로 분해하였다. 둘째, 분석결과를 토대로 국가-연도별 전기·전자산업의 부가가치기준 생산구조, 부가가치수출(VAX) 및 무역수지를 분석하였다.

셋째, 전기·전자산업의 부가가치 기준 중간재 수출 매트릭스를 구축하고 이를 사회네트워크 분석방법을 이용하여 수리적으로 분석하고 이를 시각화하였다. 한편 총생산 분해를 위한 행렬 연산에는 R(3.5)이, 사회네트워크 분석 도구는 NetMiner(4.4)가 사용되었다.

## II. 이론적 논의

### 1. 선행연구 검토

중간재 교역을 고려하지 않는 전통적 무역이론은 글로벌가치사슬(GVCs)에서의 국제 생산분할(product sharing) 측면에서의 무역구조를 설명하지 못한다. 전통적인 총량기준 무역통계로는 국가-산업의 생산에 투입되는 부가가치의 원천을 파악할 수 없고, 국경 간 이동에 따라 발생하는 이중계산(double counting)의 문제로 무역네트워크에서 국가-산업의 위상이 왜곡되

기 때문이다(OECD-WTO, 2012). 이에 따라 국제기구와 연구자들에 의해 국제투입산출표를 이용하여 총수출을 각각의 부가가치 요소로 분해할 수 있는 수학적 방법론이 개발되었다. 이러한 연구 추세에 따라 최근에는 사회네트워크 분석이론을 이용하여 GVCs 무역네트워크를 수리적 방법으로 분석하고 이를 시각화하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

한편 사회네트워크는 하나 이상의 관계(relation)유형에 의해 연결된 네트워크 구성원의 집합, 즉 액터(actor)의 집합으로 정의한다(Wasserman and Faust, 1994). 또한 사회네트워크에서 액터는 범주형 또는 연속형 속성(attribute)에 의해 서로 구분될 수 있으며, 노드(node)를 이용하여 액터를 표현하고, 관계는 라인(line)을 이용하여 표현한다. 또한, 라인은 라인에 방향성이 존재하는지에 따라 방향 그래프(directed graph)와 비방향 그래프(non-directed graph)로 구분하며, 관계의 강도를 고려하여서 이진 그래프(binary graph)와 계량 그래프(valued graph)로 구분한다(Kwahk, Kee-Young, 2017).

본 연구에서 액터(노드)는 62개 국가의 전기·전자산업을 의미하며, 연결관계(라인)은 기준국가(s)의 직접수입국(r)에 대한 GVC 중간재 교역액이다. 따라서 본 연구의 라인인 방향 그래프와 계량 그래프(valued graph)로 표현된다. 또한, 사회네트워크 분석에서는 이러한 수리적 접근과 함께 액터들 간의 관계 정보를 더욱 쉽게 이해하기 위하여 그래프를 이용하여 시각화한다. 한편 무역네트워크를 사회네트워크 분석방법을 이용한 선행연구는 그 대상과 방법에 따라 다음과 같이 총량기준과 부가가치 기준 무역네트워크 분석으로 분류할 수 있으며, 이를 요약하면 다음과 같다.

### 1) 총량기준 무역네트워크 분석

2000년대 초기 무역네트워크 분석은 위상학(Topology) 측면에서 무역네트워크의 특성을 분석하는 데 집중되었다. 대표적으로 Serrano and Boguna (2003)는 국제무역구조를 최초로 복잡한 네트워크로 구성된 WTW(World Trade

Web)로 정의하고, 사회네트워크 분석이론을 접목하여 연결정도 간 상관관계를 분석하였다. Garlaschelli and Loffredo (2005), Fagiolo Reyes and Schiavo (2009) 등의 연구에서도 무역네트워크를 계층적 구조를 가진 방향성 있는 네트워크로 규정하면서, 무역 흐름과 연결에 국가 간 강한 이질성이 존재하고, 특정 국가는 네트워크 구조에서 매우 다른 역할을 함을 규명하였다(Leem, 2012).

한편 Ferrarini (2011)는 75개국 간 가공무역네트워크를 네트워크무역지수(Network Trade Index; NTI)를 이용하여 구축하고, 주요 국가-산업별 국제 수직분업 구조를 시각화하여 나타내었다. 분석결과, 무역네트워크는 첫째, 미국 중심의 NAFTA 자동차산업 및 전기·전자산업 생산허브, 둘째, 아시아 전기·전자산업 생산허브, 셋째, 독일 중심의 EU 자동차산업 생산허브의 3축으로 분석되었다.

Farooq, Ashfaq, Majeed and Ali (2018)은 세계 178개 국가의 무역네트워크를 대상으로 군집분석과 중심성 분석을 시행한 결과, 2017년 기준으로 중국, 미국, 독일, 일본, 한국 등이 수출시장을 주도하고 있으며, 수입 분야에서는 미국, 중국, 독일, 일본, 영국 등이 수입시장을 주도하고 있는 것으로 분석하였다.

관련 국내연구로 Leem (2012)은 EU 43개 국가 간 무역네트워크를 구축하고 국가별 중심성, 중요도 및 구조적 등위성을 분석하였다. 분석결과, 수출 연결정도 중심성은 독일, 이탈리아, 프랑스, 영국 등이, 수입 연결정도 중심성은 독일, 러시아, 이탈리아 등이 높게 나타났다. 무역네트워크의 최대흐름을 분석한 결과에서는 이탈리아, 스페인, 그리스의 국가 위기는 전염 가능성이 크고, 포르투갈, 세르비아의 위기는 작은 것으로 나타났다.

또한, Park, Kim and Kim (2015), Lee and Lee (2016), Lee (2016) 등도 각각 UN Comtrade 자료를 이용하여 굴(oyster)류(HS 030710), 귀금속 제품류(HS 71), 화장품(HS 330499)의 무역네트워크를 중심성을 중심으로 분석하였다. 한편 Choe and Chang (2017)은 세계투입산출표(WIOT)를 이용하여 금융서비스의 무역네트워크를, Lee (2020)는 ASEAN 10개국과 한국에

대한 무역네트워크를 대상으로 중심성 분석을 시행하였다. 그러나 이처럼 기존 총량기준 무역통계를 이용한 무역네트워크 분석은 부가가치기준의 국가-산업 위상을 파악할 수 없고, 이중계산의 문제로 고려하지 못하기 때문에 근본적 한계를 지니고 있다고 평가된다. 예로서 아이폰(iPhone)은 대부분 중국에서 생산되지만 사실상 디자인·소프트웨어는 미국에서 수입(12.2%)하고, 중간재는 대만, 독일, 한국 등에서 수입(84.3%)하며 중국은 단순 조립(3.5%)만 하는 역할을 담당하게 된다. 이같이 량기준으로 무역수지를 측정할 경우 미국은 아이폰 최종재의 무역적자국이 되지만, 이를 중간재 투입 기준으로 측정하면 오히려 미국이 흑자국이 된다. 이는 기존의 총량기준 무역데이터가 최종재의 생산과 판매 이전에 중간재 교역이 중복 계산(double counting)되기 때문이다. 따라서 글로벌가치사슬에서 하부구조에 있는 국가나 산업의 경우 무역흑자 폭이 부풀어지게 되고, 총수출의 국내경제 기여도가 과대평가된다(OECD-WTO, 2012).

## 2) 부가가치기준 무역네트워크 분석

Ferrarini and Hummels (2014)는 OECD-WTO TIVA 데이터를 이용하여 부가가치기준 무역네트워크를 시각화 분석하였다. 분석결과, 2009년 64개국 국내부가가치(DVA) 네트워크에서 미국 중심의 북미 허브, 독일 중심의 EU 허브 및 중국 중심의 아시아 허브를 관찰하였다. Yoon (2016)은 OECD-WIOD와 Wang, Wei and Zhu (2013)의 총수출 분해방법을 이용하여 국제 수직분업(VS/VS1) 행렬을 구축하고 40개 국가의 전기·전자산업(C14)과 사업서비스(C30)의 무역네트워크를 분석하였다. 분석결과, 전기·전자산업은 중국과 독일이, 사업서비스는 미국, 독일, 영국 등이 네트워크의 중심부에 위치하며 위상이 높은 것으로 나타났다.

Hyun and Lee (2016) OECD-WTO TIVA 자료를 이용하여 1995년~2011년, 63개국·34개 산업의 부가가치무역 행렬을 구축하고, 사회연결망 분석기법을 이용하여 각 국가-산업의 역할을 분석하였다. 분석결과, 부가가치무역 측면

에서 중국 등 개도국의 전자산업, 미국과 영국의 R&D 산업, 독일의 자동차, 화학, 기계산업이 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 또한, 중개(broker) 역할 분석결과, 미국 서비스산업의 순회자(itinerant)와 연락자(liaison) 역할이 지속하여 유지되는 것으로 분석되었다.

La (2017)는 OECD-WTO TIVA 자료를 이용하여 국내부가가치(DVA) 수출 행렬을 구축하고 네트워크 분석방법을 이용하여 RCEP 회원국 간의 무역네트워크를 시각화하였다. 분석결과, 중국과 일본이 RCEP 역내 주요 부가가치 수입국이자, 수출국이며, 인도네시아, 말레이시아, 태국이 아세안의 주요 부가가치 수입국, 수출국인 것으로 나타났다.

Kim (2017)은 OECD-WIOD와 Wang, Wei and Zhu (2013)의 총수출 분해방법을 이용하여 순부가가치수출(VAX\_G) 행렬을 구축하고 제조업과 서비스업의 무역네트워크를 총량기준 무역네트워크와 비교하여 분석하였다. 분석결과, 총량기준 수출의 경우 미국, 중국, 서유럽 국가들이 네트워크에서 중심에 위치하며, 부가가치기준 네트워크 분석에서는 미국, 독일, 영국, 프랑스, 독일 등의 연결정도 중심성이 커지면서 네트워크 중심으로 더욱 밀집하지만, 조립·가공산업에 편중된 한국, 중국, 일본, 대만 등 동북아 국가들은 네트워크 외곽으로 이탈됨을 확인하여 GVCs 하부에 있는 국가-산업의 위상이 과대평가된다는 사실을 입증하였다. 한편 BOFFA (2018)는 OECD-WTO TIVA 데이터를 이용하여 벨트(실크로드 경제권)와 로드(신 해상 실크로드)의 무역네트워크를 총액수출, 부가가치수출 및 수직분업(VS/VS1) 측면에서 분석하였다. 분석결과, 벨트-로드 경제권 내 국가들의 무역은 전·후방으로 밀접하게 통합되어 있으며, 역외 국가와의 연결도 강화되는 추세로 나타났다. 특히 중국과 러시아의 강한 생산네트워크가 관찰되었다. 또한, 강화된 연결로 인해 무역비용의 절감뿐만 아니라 지역의 수직분업을 통해 국내부가가치의 순환구조가 형성되었음을 주장하였다.

**Table 1. General Inter-Country Input-Output Table**

Output \ Input		Intermediate Use				Final Demand				Total Output
		1	2	...	G	1	2	...	G	
Intermediate Inputs	1	$Z^{11}$	$Z^{12}$	...	$Z^{1g}$	$Y^{11}$	$Y^{12}$	...	$Y^{1g}$	$X^1$
	2	$Z^{21}$	$Z^{22}$	...	$Z^{2g}$	$Y^{21}$	$Y^{22}$	...	$Y^{2g}$	$X^2$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	G	$Z^{g1}$	$Z^{g2}$	...	$Z^{gg}$	$Y^{g1}$	$Y^{g2}$	...	$Y^{gg}$	$X_g$
Value-added		$Va^1$	$Va^2$	...	$Va^g$					
Total input		$(X^1)'$	$(X^2)'$	...	$(X^g)'$					

Source: Wang, Wei, Yu and Zhu (2017).

### 3) 본 연구의 차별성

부가가치기준으로 무역네트워크를 분석한 연구들은 총량기준 무역데이터를 이용한 연구의 한계를 극복하였다는 점에서 그 가치가 인정된다. 그러나 국가-산업의 GVCs 참여과정은 다음의 네 가지 경로를 따르게 된다. 첫째, 기준국이 수출품 생산을 위하여 외국의 중간재를 수입하는 행위(I2E) 둘째, 기준국이 중간재를 수출하고 직접수입국이 이를 수출품 생산에 재투입하는 행위(E2R) 셋째, 기준국이 국내 최종수요를 충족시키기 위한 생산을 위하여 외국의 중간재를 수입하는 행위, 넷째, 외국의 최종수요를 충족시키기 위한 생산에 기준국이 중간재를 수출하는 행위이다(Wang, Wei, Yu and Zhu, 2017).

이 네 가지 경로에서 부가가치수출(VAX), 국내부가가치수출(DVA\_G) 또는 국제수직분업(VS, VS1) 지수는 모두 첫 번째 경로나 두 번째 경로만을 측정하는 개념이다. 즉 동 지수들은 모두 무역네트워크를 통해 교역된 상품이나 서비스의 가치 부가가치 기준에 재투입되어야 한다는 전제를 지니고 있다.

또한, 부가가치기준 무역네트워크를 분석한 연구의 대부분은 사회네트워크 분석방법을 적용함에 단순히 무역네트워크의 시각화 결과만을 제시하고 이를 직관적으로 해석하고 있다는 한계가 있다. 반면 본 연구는 국가-산업 GVCs 참여과정의 네 가지 경로를 모두 고려한 Wang,

Wei, Yu and Zhu (2017)의 국내총생산(전방연계) 및 최종재 생산(후방연계) 분해방법을 이용하여 국내수요와 수출수요를 충족하기 위한 교역과 생산의 모든 과정을 고려한 무역네트워크를 구축하고, 이를 사회네트워크 분석방법을 이용하여 수리적 방법과 시각적 방법으로 분석한 연구라는 점에서 차별성이 있으며, 수리적 분석결과를 이용하여 향후 연구를 전개할 수 있는 장점이 있다.

## 2. 글로벌가치사슬의 측정방법

### 1) 국제투입산출표의 기본 구조

국제투입산출표(World Input-Output Table)의 국가-산업간 중간재 거래는  $GN \times GN$  행렬로 작성되며, 최종수요는 민간, 비영리기관 및 정부의 소비지출, 총고정자본형성, 재고증감 등으로 구성된다. 국제투입산출표의 가로(행) 방향을 보면, 전방연계(forward linkage)에 의한 각 국가-산업에서 생산된 생산물이 어떤 국가-산업에 배분되는지를 알 수 있으며, 세로(열) 방향을 보면 후방연계(backward linkage)에 의한 각 국가-산업의 최종재 생산을 위해 투입되는 각 국가-산업의 중간재와 부가가치를 파악할 수 있다.

다음 <Table 1>은 국제투입산출표의 기본 구조를 나타내고 있다. 여기서  $Z^{sr}$ 은 국가 s에서 생산되고 국가 r에서 사용되는 중간재 투입

의  $N \times N$  행렬이다.  $Y^{sr}$ 는  $N \times 1$  최종수요 벡터로서, 국가  $s$ 에서 생산되고 국가  $r$ 에서 소비되는 최종재 공급을 의미한다.  $X^s$  역시  $N \times 1$  벡터이며, 국가  $s$ 의 총산출로서 가로(행) 중간재 투입과 최종재 수요의 합이다. 그리고  $Va^s$ 는 직접 부가가치의  $1 \times N$  벡터로서 국가  $s$ 의 총 부가가치유발액을 의미한다.<sup>1)</sup>

## 2) 총생산과 최종재 생산의 분해

국제투입산출표에서 투입계수행렬(input coefficient matrix)은  $A = Z\hat{X}^{-1}$ 로 정의되며, 여기서  $\hat{X}$ 는 산출액 벡터  $X$ 의 대각행렬(diagonal matrix)을 의미하고, 부가가치계수 벡터는  $V = V_a \hat{X}^{-1}$ 로 정의된다. 투입계수는 각 산업이 재화나 서비스를 생산하기 위하여 구입한 각종 원·부재료와 연료 등 중간투입액과 부가가치를 그 산업의 총투입액(=총산출액)으로 나눈 것이다. 따라서 투입계수는 각 산업이 생산물 한 단위를 생산하는데 투입한 각종 중간재와 부가가치의 구성비를 나타내는데, 중간투입액을 총투입액으로 나눈 중간투입계수와 부가가치의 각 항목을 총투입액으로 나눈 부가가치계수로 구분된다.

한편 레온티에프(Leontief, 1936)의 투입산출 분석방법을 이용하여 총산출 벡터( $X$ )를 나타내면 다음 식 (1)과 같다(Wang, Wei, Yu and Zhu, 2017).

$$X = BY = (I - A)^{-1}Y; \quad B = (I - A)^{-1} \quad (1)$$

위 식 (1)에서 레온티에프 역행렬(Leontief inverse matrix)  $B$ 는 최종수요와 산출액의 관계를 파악하는데 이용하는 생산유발계수(production inducement coefficients)로서  $I$ 는 단위행렬,  $A$ 는 투입계수행렬,  $Y$ 는 최종수요 벡터를 의미한다. 생산유발계수는 최종수요가 한 단위 증가하였을 경우 이를 충족시키기 위해 각 산업에서 직·간접적으로 유발되는 산출 크기를 나타내므로 이를 이용하여 국가-산업간 파급효과를 측정할 수 있다. 한편 투입산출표

의 총산출 균형식은 다음 식 (2)와 같다.

$$X = AX + Y = A^D X + Y^D + A^F X + Y^F = A^D X + Y^D + E \quad (2)$$

여기서,  $A^D$ 는 국내투입계수(domestic input coefficient)이며, 이를  $GN \times GN$ 의 블록 대각행렬(diagonal block matrix)로 나타내면

$$A^D = \begin{bmatrix} A^{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & A^{22} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & A^{gg} \end{bmatrix} \text{로 표현된다.}$$

또한,  $A^F (= A - A^D)$ 는  $GN \times GN$ 의 수입투입계수(imported input coefficient)로서 블록대각행렬의 0(off diagonal block matrix) 부분이다.  $Y (= [\sum_r Y^{1r} \quad \sum_r Y^{2r} \quad \dots \quad \sum_r Y^{gr}])$ 는  $GN \times 1$ 의 최종수요 벡터이며,  $Y^D (= [Y^{11} \quad Y^{22} \quad \dots \quad Y^{gg}])$ 는  $GN \times 1$ 의 국내 최종수요 벡터,  $Y^F (= Y - Y^D)$ 는  $GN \times 1$ 의 최종재 수출 벡터이다. 마지막으로

$E (= [\sum_{r=1}^G E^{1r} \quad \sum_{r=2}^G E^{2r} \quad \dots \quad \sum_{r=g}^G E^{gr}])$ 는  $GN \times 1$ 의 총수출 벡터이며, '는 전치행렬(transposed matrix)을 의미한다. 이상의 정의로 식 (2)를 다시 정리하면 다음 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$X = (1 - A^D)^{-1} Y^D + (1 - A^D)^{-1} E = LY^D + L^F E = LY^D + LY^F + LA^F X \quad (3)$$

여기서,  $L (= (I - A^D)^{-1})$ 은  $GN \times GN$ 의 레온티에프 역행렬의 블록 대각행렬이며,  $GN \times GN$ 의 직접 부가가치계수의 대각행렬을 의미하는  $\hat{V}$ 와 최종수요 벡터  $Y$ 의 대각행렬  $\hat{Y}$ , 국내 최종수요 벡터  $Y^D$ 의 대각행렬  $\hat{Y}^D$ , 최종재 수출 벡터  $Y^F$ 의 대각행렬  $\hat{Y}^F$ 을 각각 식 (3)에 대입하면 다음 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} \hat{V}B\hat{Y} &= \hat{V}L\hat{Y}^D + \hat{V}L\hat{Y}^F + \hat{V}LA^F B\hat{Y} \\ &= \hat{V}L\hat{Y}^D + \hat{V}L\hat{Y}^F + \hat{V}LA^F L\hat{Y}^D \\ &\quad + \hat{V}LA^F (B\hat{Y} - L\hat{Y}^D) \end{aligned} \quad (4)$$

1) 국제투입산출표의 기본 구조 및 작성방법에 관한 내용은 Lee and Jung (2017) 참조.

$$\widehat{VB}\widehat{Y} = \begin{bmatrix} \widehat{V}^s L^{ss} \widehat{Y}^{ss} & 0 \\ 0 & \widehat{V}^r L^{rr} \widehat{Y}^{rr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \widehat{V}^s L^{ss} \widehat{Y}^{sr} & 0 \\ 0 & \widehat{V}^r L^{rr} \widehat{Y}^{rs} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \widehat{V}^s L^{ss} A^{sr} L^{rr} \widehat{Y}^{rr} \\ \widehat{V}^r L^{rr} A^{rs} L^{ss} \widehat{Y}^{ss} & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$+ \begin{bmatrix} \widehat{V}^s L^{ss} A^{sr} (B^{rs} \widehat{Y}^{ss} + B^{rr} \widehat{Y}^{rs}) & \widehat{V}^s L^{ss} A^{sr} [(B^{rs} - L^{rr}) \widehat{Y}^{rr} + B^{rs} \widehat{Y}^{sr}] \\ \widehat{V}^r L^{rr} A^{rs} [(B^{rs} - L^{ss}) \widehat{Y}^{ss} + B^{rs} \widehat{Y}^{sr}] & \widehat{V}^r L^{rr} A^{rs} [(B^{rs} - L^{ss}) \widehat{Y}^{ss} + B^{rs} \widehat{Y}^{sr}] \end{bmatrix}$$

$$V\hat{a}' = \widehat{VB}Y = \underbrace{\widehat{V}LY^D}_{(1)-\widehat{V}_D} + \underbrace{\widehat{V}LY^F}_{(2)-\widehat{V}_{RT}} + \underbrace{\widehat{V}LA^FLY^D}_{(3a)-\widehat{V}_{GVC_S}} + \underbrace{\widehat{V}LA^F(BY-LY^D)}_{(3b)-\widehat{V}_{GVC_C}} \quad (6)$$

$$Y' = VB\hat{Y} = \underbrace{VLY^D}_{(1)-Y_D} + \underbrace{VLY^F}_{(2)-Y_{RT}} + \underbrace{VLA^FLY^D}_{(3a)-Y_{GVC_S}} + \underbrace{VLA^F(B\hat{Y}-LY^D)}_{(3b)-Y_{GVC_C}} \quad (7)$$

식 (4)의  $\widehat{VB}\widehat{Y}$  행렬은 각 국가-산업별로 다 음의 세 가지 유형의 생산 활동을 나타내고 있 다. 첫째,  $\widehat{V}L\widehat{Y}^D$ 는 기준국가 최종수요를 충족 시키기 위한 최종재 생산에 투입된 기준국가의 국내부가가치(Domestic Value Added; DVA)로서 국경 간 무역에 개입하지 않는다.

둘째,  $\widehat{V}L\widehat{Y}^F$ 는 직접수입국 최종수요를 충족 시키기 위한 수출용 최종재의 생산에 투입된 기준국가의 국내부가가치로서 중간재 교역이 개입하지 않은 전통적 무역(traditional trade)의 형태이다. 셋째,  $\widehat{V}LA^F\widehat{B}\widehat{Y}$ 는 기준국가의 중 간재 수출에 내재한 기준국가의 국내부가가치 로서 국경 간 생산활동 분할(cross-country production sharing)의 형태이다. 이 경우 기준 국가의 국내부가가치는 수출입 활동을 통해 최 소 한 번 이상의 국경 간 이동이 발생한다. 한 편  $\widehat{V}LA^F\widehat{B}\widehat{Y}$ 는 다시 직접수입국 최종수요를 충 족시키기 위한 기준국가의 수출용 중간재 생산 에 투입된 국내부가가치( $\widehat{V}LA^FL\widehat{Y}^D$ )와 직접수 입국의 제3국(또는 기준국) 수출품(중간재 또 는 최종재) 생산에 투입된 기준국가의 중간재 생산에 내재한 국내부가가치( $\widehat{V}LA^F(B\widehat{Y}-LY^D)$ )로 구분된다. 이해를 돕기 위해 식 (4)를 2국 모형(기준국가 s, 직접수입국 r)에 적용하면 식 (5)와 같이 표현된다.

여기서  $\widehat{V}^s, \widehat{V}^r$ 은 각각 기준국가(s)와 직접수 입국(r)의 블록 직접 부가가치계수의 대각행렬 이며,  $L^{ss}$ 는 기준국가(s)의 블록 지역(Local) 레

온티에프 역행렬( $\begin{bmatrix} l^{ss} & l^{sr} \\ l^{rs} & l^{rr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-a_{11}^{ss} & -a_{12}^{ss} \\ -a_{21}^{ss} & 1-l_{22}^{ss} \end{bmatrix}$ ),  $L^{rr}$ 은 직접수입국(r)의 블록 지역 레온티에프 역행 렬이다.  $A^{sr}$ 은 기준국가(s)의 블록 투입계수행 렬( $\begin{bmatrix} a_{11}^{sr} & a_{12}^{sr} \\ a_{21}^{sr} & l_{22}^{sr} \end{bmatrix}$ )이며,  $A^{rs}$ 는 직접수입국(r)의 블록 투입계수행렬이다.

또한  $B^{ss}, B^{rr}, B^{sr}, B^{rs}$ 은 기준국가(s)와 직접 수입국(r)의 블록 국제(global) 레온티에프 역 행렬을 의미한다. 마지막으로  $\widehat{Y}^{ss}, \widehat{Y}^{rr}, \widehat{Y}^{rs}, \widehat{Y}^{sr}$ 는 기준국가(s)와 직접수입국(r)의 블록 최종수 요 벡터  $Y$ 의 대각행렬이다. 최종적으로 식 (5)를 전방연계방식에 의한 총생산(GDP)과 후방 연계방식에 의한 최종재 생산을 분해하면 식 (6)과 식 (7)과 같이 국가-산업 쌍에서 생성된 부가가치(국가-산업별 GDP)가 어디에 최종 귀 착되는지, 또는 각 국가-산업에서 생산된 최종 재의 부가가치 원천이 어디인지를 파악할 수 있게 된다.

### III. 부가가치기준 총생산 및 교역구조

#### 1. 분석데이터

본 연구에 이용된 국제투입산출표는 아시아 개발은행(ADB)이 2018년 공표한 MRIO (Multi Region Input-Output) 자료이다. ADB-MRIO는

**Table 1. Country Code and Region Aggregate**

Region	Code	Country (ISO3166-1)
ASIA(25)	ASIA(14)	AUS(Australia), BRN(Brunei Darussalam), CAM(Cambodia), CHN(China), TAP(Taiwan), FIJ(Fiji), HKG(Hongkong), JPN(Japan), KGZ(Kazakhstan), KOR(Korea), KGZ(Kyrgyz Republic), LAO(Lao PDR), MON(Mongolia), SIN(Singapore)
	ASEAN5(4)	IDN(Indonesia), PHI(Philippines), THA(Thailand), VIE(Vietnam)
	SASIA(7)	IND(India), BAN(Bangladesh), SRI(Sri Lanka), PAK(Pakistan), BTN(Bhutan), MDV(Maldives), NPL(Nepal)
EU(30)	EU15(15)	AUT(Austria), BEL(Belgium), DEU(Germany), DNK(Denmark), ESP(Spain), FIN(Finland), FRA(France), GBR(United Kingdom), GRC(Greece), IRL(Ireland), ITA(Italy), LUX(Luxembourg), NLD(Netherlands), PRT(Portugal), SWE(Sweden)
	EU(15)	BGR(Bulgaria), CHE(Switzerland), CYP(Cyprus), CZE(Czech Republic), EST(Estonia), HRV(Croatia), HUN(Hungary), LTU(Lithuania), LVA(Latvia), MLT(Malta), NOR(Norway), POL(Poland), ROM(Romania), SVK(Slovak Republic), SVN(Slovenia)
NAFTA(3)	NAFTA(3)	CAN(Canada), MEX(Mexico), USA(United States)
Rest of World(4)	ROW(4)	BRA(Brazil), RUS(Russian Federation), TUR(Turkey), MAL(Mali), ROW(Rest of World)

Source: ABD-MRIO (2018).

다음 <Table 1>과 같이 63개국(기타국가 포함) 35개 산업으로 구성되어 있으며, 특히 ADB-MRIO는 아시아 25개국을 포함하고 있어 최근 역동적으로 변화하고 있는 아시아 지역의 GVCs를 분석하는 데 가장 적합하다고 할 수 있다.

한편, 본 연구의 분석대상은 국제표준산업분류(ISIC Revision 3.1)의 Division 30-33에 해당하는 전기·전자산업이며, 분석 기간은 2000년, 2010년~2017년의 국제투입산출표를 대상으로 하고 있다. 다만 분석결과를 제시하는 지면상의 한계로 주로 2000년과 2017년의 분석결과를 비교하여 제시하고자 한다.

## 2. 총생산 및 부가가치수출 구조

다음 <Table 2>는 식 (6)을 이용하여 2017년 기준 전기·전자산업 국내총생산 규모 상위 10개국의 국내부가가치 투입구조를 분해한 결과이다. 먼저 전기·전자산업이 세계 제조업 총

생산에서 차지하는 비중은 2.3%이며, 산업 총생산에서 부가가치수출(VAX)이 차지하는 비중도 55.4%로 가장 크게 분석된다.

전기·전자산업의 총생산 규모는 2000년 대비 95.8% 증가한 1,797.7억달러로 분석되나, 세계 총 GDP 대비 비중은 2000년 대비 0.54%p 감소한 2.30%로 나타났다. 또한, 2017년 기준 전 세계 부가가치수출액(VAX)은 2000년 대비 108.9% 증가한 995.8억달러로 분석되며, 총생산 대비 수출 비율은 55.4%로 나타났다. 또한, 세계 전기·전자산업 총 부가가치생산의 57.5%가 수출 활동을 통해 발생한 것으로 분석되었다(수출의 GDP 기여도).

### 1) 국별 총생산의 분해

중국의 2017년 기준 세계 전기·전자산업 총생산 규모는 2000년 대비 944.4% 증가한 499.2억 달러로 2000년 국별 순위 4위에서 1위로 부상하였으며, 전 세계 GDP 대비 비중도 2000년



**Table 2.** GDP Structure of Electrical and Electronics Product by Country

(Unit: Billion Dollars, %)

Country	Year	VA		V_D	V_RT	V_GVC		VAX	
		Amount	Rate			Simple	Complex	Amount	Rate
World	2000	918.3	2.84	418.2	233.9	129.8	136.4	476.6	51.9
	2017	1797.7	2.30	764.4	430.1	313.5	289.7	995.8	55.4
CHN	2000	47.8	3.94	25.9	14.0	4.1	3.7	21.6	45.2
	2017	499.2	4.06	269.9	128.5	52.5	48.3	220.8	44.2
USA	2000	275.8	2.67	178.7	35.6	25.5	36.0	80.1	29.0
	2017	356.1	1.84	237.8	46.5	32.4	39.4	102.5	28.8
KOR	2000	41.0	7.74	12.9	12.0	8.2	8.0	28.0	68.2
	2017	135.8	9.46	31.1	39.6	35.5	29.6	103.9	76.5
JPN	2000	196.5	4.22	114.6	36.8	21.8	23.3	79.8	40.6
	2017	128.7	2.64	49.7	29.2	26.4	23.4	77.8	60.4
DEU	2000	63.5	3.49	18.6	21.3	12.1	11.5	43.5	68.4
	2017	97.6	2.87	11.7	34.2	25.6	26.1	83.0	85.0
TAP	2000	32.5	9.80	4.0	12.0	8.7	7.8	28.3	87.1
	2017	89.9	16.04	5.1	16.2	37.0	31.7	84.4	93.9
IND	2000	4.8	1.00	4.0	0.3	0.3	0.2	0.8	16.2
	2017	29.7	1.13	24.2	2.4	1.7	1.2	5.4	18.2
CHE	2000	10.9	4.08	3.5	3.5	2.0	1.9	7.4	67.6
	2017	28.9	4.32	7.8	9.2	6.2	5.8	21.0	72.7
MEX	2000	18.7	2.97	1.9	12.1	3.4	1.3	16.7	89.2
	2017	24.7	2.32	0.0	15.7	6.9	2.1	24.6	99.6
ITA	2000	17.1	1.57	7.3	4.8	2.6	2.4	9.6	56.4
	2017	22.4	1.29	7.3	6.3	4.4	4.3	14.9	66.6

Notes: 1. VA=V\_D+V\_RT+V\_GVC.

2. VAX=V\_RT+V\_GVC-RDV.

3. Dependency of Value added Inducements=(V\_RT+V\_GVC)/VA×100.

4. Rate=Percentage of GDP.

Source: Authors' calculation by ABD-MRIO (2018).

5.2%에서 2017년 27.8%로 급성장하였다. 또한, 중국의 전체 GDP 중 전기·전자산업의 비중은 4.06%로 나타나며, 총생산 분해결과, 국내수요를 충족하기 위한 생산에서 유발된 부가가치(V\_D) 비중은 42.5%, 최종재 수출을 통해 직접수입국 수요에 흡수된 부가가치는 23.9%, 그리고 GVCs 네트워크를 통한 중간재 수출에 투입된 부가가치 비중은 2000년 대비 4.6%p 증가한 33.6%로 분석되었다. 이를 직관적으로

해석하면 중국이 세계 전기·전자산업 GVC 네트워크의 중심으로 빠르게 이동하였다고 할 수 있다.

반면 미국의 2017년 총생산 규모는 356.1억 달러로 2000년 1위에서 2017년 2위로 밀려났음을 알 수 있다. 미국 전체 GDP 대비 비중도 2000년 대비 0.83%p 감소하였고, 특히 GVCs 네트워크를 통한 중간재 수출에 투입된 부가가치 비중도 2000년 대비 2.1%p 감소한 20.2%로

분석되었다.

한국의 2017년 기준 세계 전기·전자산업 총생산 규모는 2000년 대비 231.2% 증가한 135.8억달러로 분석되며, 전 세계 GDP 대비 비중도 2000년 4.5%에서 2017년 7.6%로 증가하였다. 또한, 한국의 전체 GDP 중 전기·전자산업의 비중은 9.46%로 나타나 대만(16.04%)과 더불어 중요 전략산업임이 확인된다. 총생산 분해 결과, 국내수요를 충족하기 위한 생산에서 유발된 부가가치(V\_D) 비중은 22.9%, 최종재 수출을 통해 직접수입국 수요에 흡수된 부가가치는 29.2%, 그리고 GVCs 네트워크를 통한 중간재 수출에 투입된 부가가치 비중은 2000년 대비 8.4%p 증가한 47.9%로 분석되어 대만(76.4%), 독일(53.0%)과 더불어 산업구조가 중간재 수출에 특화되어 있음을 알 수 있다.

일본과 대만 역시 V\_D 비중은 감소(일본: 58.3%→38.6%, 대만: 12.3%→5.7%)하고 V\_GVC 비중은 증가(일본: 23.3%→38.7%, 대만 50.8%→76.4%)하였는데, 이는 일본과 대만의 전기·전자산업이 GVCs 네트워크와 결합을 높이면서 중간재 수출 특화되고 있음을 시사한다. 반면 미국과 인도(IND)의 중간재 수출 비중은 각각 2.1%, 0.7% 감소한 것으로 나타났다.

## 2) 국별 부가가치수출 및 GDP 기여도

식 (6)과 식 (8)을 이용하여 국가별 전기·전자산업의 부가가치수출(VAX) 및 수출의 GDP 기여도 추이를 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 2017년 기준 국가별 부가가치수출을 금액순으로 살펴보면, 중국과 한국이 각각 220.8억달러, 103.9억달러로 1위와 2위를 기록하였으며, 총생산 대비 VAX 비중 면에서는 멕시코(99.6%)가 가장 높은 비중을 나타냈으며, 대만(93.9%), 독일(85.0%), 한국(76.5%), 스위스(72.7%), 이탈리아(66.0%) 등이 세계 평균(55.4%)을 웃도는 것으로 분석된다. 이는 동 국가의 전기·전자산업이 내수시장보다는 GVCs 네트워크를 적극적으로 활용하여 해외시장을 공략하고 있는 수출특화 산업이라고 평가할 수 있다. 그러나 부정적 측면에서는 세계 경기침

체, 무역분쟁 또는 코로나-19(COVID-19) 등의 외부충격에 상대적으로 취약한 구조라 할 수 있다.

한편 VAX는 식 (6)의 기준국가의 최종재 수출(V\_RT)에 내재한 국내부가가치와 중간재 수출에 내재한 국내부가가치의 합을 의미하나, 수출의 GDP 기여도(VAX\_D) 또는 GDP의 수출의존도는 중간재 수출에 내재한 국내부가가치 중 최종재 또는 중간재 수입품에 내재하여 기준국가로 되돌아온 국내부가가치(Returned Domestic Value-added; RDV)를 제외한 것을 의미한다. 국가별 수출의 GDP 기여도를 살펴보면 멕시코가 99.9%로 가장 높은 비중을 나타냈으며, 대만(94.4%), 독일(88.0%), 한국(77.1%) 등이 매우 높은 비중을 나타냈다.

## 3. 부가가치기준 무역수지

다음 <Table 3>는 전기·전자산업의 2000년과 2017년 총량기준(TEXP) 무역수지와 부가가치기준(VAX) 무역수지를 비교하여 나타내고 있다.

2000년과 2017년 기준 중국의 총량기준 무역수지는 각각 32.7억달러, 3,281.7억달러 흑자를 나타낸다. 그러나 총량기준 수출액에는 기준국가의 국내부가가치(DVA) 외에도 최종 및 중간재 생산을 위해 수입한 외국부가가치(Foreign Value Added; FVA)와 부가가치의 국경 간 이동 시 발생하는 순수중복계산분(Pure Double Counting; PDC)이 포함되어 있어 국가-산업의 무역구조를 파악하는 데 한계가 있다(Wang, Wei and Zhu, 2013).

이러한 관점에서 중국의 무역수지를 부가가치기준(VAX)으로 재평가해 보면 2000년 무역수지는 흑자에서 적자로 전환됨을 알 수 있고, 2017년 무역수지도 총량기준 대비 2,591.2억달러나 감소하였음을 알 수 있다.

한편 미국의 2017년 기준 무역수지도 총량기준으로는 2,370.7억달러 적자를 나타내지만, 부가가치기준으로 재평가하면 적자 폭이 1,827.9%로 대폭 감소함을 알 수 있다. 특히 미·중 간 무역분쟁의 직접적인 원인이 된 양국

**Table 3.** Trade Balance of Electrical and Electronics Product by Country

(Unit: Billion Dollars)

Country	2000			2017		
	Balance TEXP	VAX	Gap	Balance TEXP	VAX	Gap
CHN	32.7	-16.8	49.5 ▽	3,281.7	690.5	2,591.2 ▽
USA	-759.2	-275.3	484.0 ▽	-2,370.7	-542.8	1,827.9 ▽
KOR	283.5	153.9	129.6 ▽	1,342.4	804.4	538.0 ▽
JPN	723.8	294.4	429.4 ▽	323.2	495.6	172.4 △
DEU	34.7	89.3	54.6 △	293.6	368.1	74.5 △
TAP	270.7	174.0	96.6 ▽	850.8	734.5	116.3 ▽
IND	-36.7	21.3	58.0 △	219.8	-111.2	331.0 ▽
CHE	21.2	17.7	3.4 ▽	131.5	110.7	20.8 ▽
MEX	75.5	35.7	39.8 ▽	273.3	63.6	209.8 ▽
ITA	-31.7	-41.7	10.0 ▽	0.0	-3.3	3.3 ▽

Source: Authors' calculation by ABD-MRIO (2018).

간 무역수지를 부가가치기준으로 살펴보면, 2017년 총액기준 중국의 대미 전기·전자산업 수출액은 1,388.2억달러 수입액은 101.9억달러로 중국의 흑자액이 1,286.3억달러에 달하나, 이를 다시 부가가치기준으로 환산하면 중국의 흑자액이 442.3억달러로 대폭 축소됨을 알 수 있다. VAX는 결국 DVA의 최종 귀착지를 의미하므로 이는 미국의 수출이 제3국을 거쳐 최종적으로 중국에 귀착(수출)된 결과로 판단된다. 또한, 한국과 대만의 흑자 폭은 부가가치기준으로 환산하면 대폭 감소하지만, 최대 흑자국으로 분석되며, 일본과 독일의 흑자 폭은 오히려 증가한 것으로 분석된다. 이는 한국과 대만은 수출품 생산에 투입되는 외국부가가치(FVA)의 비중이 높고, 일본과 대만은 수출품 생산에 투입되는 국내부가가치(DVA) 비중이 높기 때문으로 판단된다.

#### IV. GVCs 네트워크의 특성과 중심성 분석

##### 1. 분석자료

본 논문의 제3장에서는 Wang, Wei, Yu and

Zhu (2017)의 총생산 및 최종재 생산 분해방법을 이용하여 전기·전자산업의 부가가치기준 생산구조와 GVCs 구조를 직관적으로 살펴보았다. 그러나 총생산 분해와 부가가치수출 구조의 변화만으로는 GVCs 네트워크의 특징과 추이를 완전히 파악하는 데 한계가 있다. 따라서 본 장에서는 사회네트워크 분석(Social Network Analysis) 방법론을 적용하여 전기·전자산업의 중간재 GVCs 수출네트워크를 중심성과 파워의 관점에서 정밀하게 분석하고자 한다.

본 연구에서 액터(노드)는 62개 국가를 의미하며, 연결관계(라인)은 기준국가(s)의 직접수입국(r)에 대한 국내 부가가치기준 중간재 수출액이다. 따라서 본 연구의 라인은 방향 그래프와 계량 그래프(valued graph)로 표현된다. 또한, 사회네트워크 분석에서는 이러한 수리적 접근과 함께 액터들 간의 관계 정보를 더욱 쉽게 이해하기 위하여 그래프를 이용하여 시각화한다.

한편, 본 장의 분석데이터는 다음의 단계를 거쳐 작성되었다. 첫째, ABD-MRIO 2017년 투입산출표를 식 (6)을 이용하여 분해한 후, 기타 국가(Row)를 제외한 62개×62개 행렬의 전기·전자산업 수출네트워크를 작성하였다. 한편 경제주체가 글로벌가치사슬에 참여하는 경로는

**Table 4.** Properties of Electrical and Electronics Product GVCs Network

	2000	2010	2015	2016	2017
Links(#)	3,306	3,411	3,500	3,368	3,524
Density	0.874	0.902	0.925	0.890	0.932
Average Degree	53.323	55.016	56.452	54.306	56.839
Reciprocity(Dyad)	0.813	0.844	0.877	0.869	0.890
Clustering Coefficient	0.972	0.982	0.988	0.986	0.988
Mean Distance	1.081	1.068	1.044	1.049	1.037
Hierarchy	0.579	0.525	0.563	0.552	0.560
Degree Assortativity	-0.161	-0.134	-0.104	0.069	-0.100

Source: Authors' calculation by ABD-MRIO (2018).

국내수요와 최종수요를 충족하기 위한 생산에 필요한 최종재와 중간재의 수출입 활동으로 이루어진다. 그러나 중간재 교역이 없이 기준국가의 직접교역국에 대한 최종재 수출을 GVCs 네트워크에 포함할 경우 GVCs 네트워크 구조가 왜곡 해석될 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 전기·전자산업의 중간재 수출(V\_GVC) 네트워크 매트릭스를 분석대상으로 한다. 둘째, 시각화 분석(Visual Analysis)의 편의를 위해 국가 간 중간재 교역액 5억달러 규모 이상으로 연결관계(link)를 제약하여 추가적인 네트워크를 구성하였다.

## 2. GVCs 네트워크의 특성

다음 <Table 4>는 전기·전자산업 중간재 GVCs 네트워크의 속성을 요약하고 있다. 2000년 대비 2017년의 GVCs 네트워크의 밀도(Density), 평균 연결정도(Average Degree), 상호연결성(Reciprocity), 클러스터링 계수(Clustering Coefficient)가 증가하였고, 평균 최단거리(Mean Distance)는 감소하였다.

여기서 네트워크 밀도는 연결된 링크 수를 연결 가능한 전체 링크 수로 나누어 계산하며 국가들 사이에 중간재 교역으로 연결된 정도를 말한다. 또한, 평균 연결정도가 커진다는 것은 네트워크 내 국가 간의 교역망 치밀해진다는

것을 의미하며, 상호연결성은 전체 링크 수 대비 양방향을 갖는 링크 수의 비율로 측정한다. 따라서 상호연결성이 증가한다는 것은 국가 간 '산업 내 무역'(Intra-industry trade)이 증가한 것으로 해석할 수 있다.

클러스터링 계수는 특정 노드를 중심으로 하는 1거리의 모든 예고 네트워크의 연결밀도 평균으로 계산되며, 클러스터링 계수가 커진다는 것은 네트워크의 군집 정도가 높아짐을 의미한다. 한편 평균 최단거리는 모든 노드에 대한 최단거리의 평균을 말하며, 평균 최단거리가 1에 가깝다는 것은 부가가치기준 중간재 교역의 평균적으로 한 단계만 거치면 중간 매개 노드와 연결된다는 것을 의미한다. 계층(Hierarchy)은 네트워크 내 연결 관계가 얼마나 소수의 국가에 집중되어 있는지를 측정하는 지표이다.

따라서 전기·전자산업 GVCs 네트워크는 시간이 흐름에 따라 새로운 국가들이 네트워크에 새롭게 편입됨에 따라 밀도와 결속력이 강화되고 있으며, 산업내 무역이 확대되는 가운데 중간재 교역이 국지적으로 응집되는 군집화 현상을 보이며 중간재 수출이 특정 국가에 집중되는 현상이 나타나고 있다고 평가할 수 있다.

마지막으로 연결 동종성(Degree Assortativity) 지수는 기본적으로 유사한 연결정도를 갖는 노드들과 연결되는지를 측정하는 지표로서, 지수(Assortative), 0보다 작으면 이종(Disassortative)

의 특성을 보이게 된다. 분석결과, 2017년 연결 동종성 값이 음(-0.100)의 값을 나타내고 있어, 전기·전자산업 GVCs 네트워크는 연결정도가 높은 특정 허브 국가가 연결정도가 낮은 국가로 중간재를 수출하는 이종(Disassortative) 네트워크의 특성을 보인다고 해석할 수 있다. 그러나 2000년(-0.161) 대비 지수 값은 다소 작아져, 특정 국가의 허브 기능은 약화하였음을 알 수 있다.

한편 2016년의 밀도, 평균 연결정도, 상호연결성, 클러스터링 계수와 계층지수는 전년 대비 감소하고, 평균 최단거리는 증가하는 현상이 관찰되었으며, 연결 동종성 지수는 양(0.069)의 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 2016년 세계 경제의 침체, 스테그플레이션 우려, 영국의 EU 탈퇴, 트럼프 당선과 미국발 보호무역주의 확산 등에 기인하여 세계 경제통합이 약화함에 따라 전기·전자산업 GVCs 네트워크가 타격을 받은 결과로 추측된다.

### 3. GVCs 네트워크의 중심성과 파워

#### 1) 기본개념

사회네트워크 분석에서 예고의 파워(power)란 근본적으로 알터의 의존(dependence)으로부터 발생한다. 따라서 예고의 파워는 액터가 네트워크에서 구조적으로 유리한 중심적 위치를 차지하고 있느냐에 따라 결정된다. 한편 구조적으로 유리한 중심적 위치는 액터의 총 연결관계 개수인 연결정도(degree), 액터들을 연결하는 경로길이(path length)로 측정하는 근접(closeness), 그리고 액터들 사이에서 중개자적 위치에 있는가를 측정하는 매개(betweenness)의 세 가지 관점에서 평가할 수 있다.

먼저 액터의 연결정도 중심성(Degree Centrality)은 다음 식 (12)와 같이 액터  $i$ 가 네트워크 내의 다른 액터에 인접(adjacent)한 정도로 계산되며, 방향이 있는 네트워크에서 'In-Degree Centrality'는 해당 노드가 링크의 시작 노드(source node)가 된 수를 더한 값이고, 'Out-Degree Centrality'는 해당 노드가 링크의 끝 노드(target node)가 된 수를 더한 값이다

(Freeman, 1979).

$$C_D(N_i) = \sum_{j=1}^g x_{ij}, i \neq j \quad (12)$$

( $C_D(N_i)$ ): 액터  $i$ 의 연결정도 중심성,  $g$ : 액터의 개수

$\sum_{j=1}^g x_{ij}$ : 액터  $i$ 가 ( $g-1$ )개의 다른 액터와 갖는 연결관계의 개수,  $x_{ij}=0$  또는 1)

근접 중심성(Closeness Centrality)은 연결정도 중심성과 달리 네트워크 내의 간접적 연결까지를 고려하며, 다음 식 (13)과 같이 액터  $i$ 와 나머지( $g-1$ ) 액터 간 최단 경로거리 합의 역수로 정의된다. 따라서 액터 근접 중심성은 네트워크 내에서 한 액터가 다른 액터들과 직접적으로 또는 중개자들을 통해 얼마나 빨리 소통할 수 있는지를 측정하는 지표이다(Beauchamp, 1965).

$$C_C(N_i) = \frac{1}{\left[ \sum_{j=1}^g d(N_i, N_j) \right]}, i \neq j \quad (13)$$

( $C_C(N_i)$ ): 액터  $i$ 의 근접 중심성,  $g$ : 액터의 개수

$\sum_{j=1}^g d(N_i, N_j)$ : 액터  $i$ 와 액터  $j$  간의 최단경로 거리의 합)

매개 중심성(Betweenness Centrality)은 직접 연결되어 있지 않은 액터들 간 관계를 통제 또는 중개하는 정도로 나타내며, 다음 식 (14)와 같이 네트워크 내의 모든 액터쌍 간의 최단 경로 가운데 액터  $i$ 가 포함되어 있는 경로의 비율로 계산된다(Freeman, 1979).

$$C_B(N_i) = \sum_{j < k} \frac{g_{jk}(N_i)}{g_{jk}} \quad (14)$$

( $C_B(N_i)$ ): 액터  $i$ 의 매개 중심성,  $g_{jk}$ : 두 액터  $j$ 와  $k$  간의 최단경로의 개수

$g_{jk}(N_i)$ : 두 액터  $j$ 와  $k$  간의 최단경로 가운데 액터  $i$ 를 포함하고 있는 경로의 개수

**Table 5.** Centrality of Electrical and Electronics Product GVCs Network by Country

2000 GVCs Network (62×62 Matrix)							
Rank	Country	Degree		Closeness		Betweenness	Eigenvector
		In	Out	In	Out		
1	USA	0.934	1.000	0.249	1.000	0.005	0.610
2	JPN	0.934	1.000	0.249	1.000	0.005	0.516
3	KOR	0.902	1.000	0.247	1.000	0.001	0.241
4	DEU	0.902	1.000	0.247	1.000	0.001	0.226
5	TAP	0.902	1.000	0.247	1.000	0.001	0.218
6	GBR	0.918	1.000	0.248	1.000	0.003	0.205
7	CHN	0.934	1.000	0.249	1.000	0.005	0.195
8	CAN	0.902	1.000	0.247	1.000	0.001	0.171
9	MEX	0.902	1.000	0.247	1.000	0.001	0.157
10	FRA	0.902	1.000	0.247	1.000	0.001	0.142
2017 GVCs Network (62×62 Matrix)							
Rank	Country	Degree		Closeness		Betweenness	Eigenvector
		In	Out	In	Out		
1	CHN	0.967	1.000	0.333	1.000	0.003	0.585
2	USA	0.967	1.000	0.333	1.000	0.003	0.466
3	TAP	0.951	1.000	0.332	1.000	0.001	0.390
4	KOR	0.951	1.000	0.332	1.000	0.001	0.351
5	JPA	0.951	1.000	0.332	1.000	0.001	0.274
6	DEU	0.951	1.000	0.332	1.000	0.001	0.161
7	CAN	0.951	1.000	0.332	1.000	0.001	0.134
8	GBR	0.951	1.000	0.332	1.000	0.001	0.093
9	MEX	0.951	1.000	0.332	1.000	0.001	0.084
10	FRA	0.951	1.000	0.332	1.000	0.001	0.073

Source: Authors' calculation by ABD-MRIO (2018).

한편 아이겐벡터 중심성(Eigenvector Centrality)은 액터의 연결정도만으로 계산하는 연결정도 중심성을 확장하여 연결된 액터가 얼마나 중요한지를 함께 고려하는 지표로서, 다음 식 (15)와 같이 1단계로 해당 액터의 연결장도를 가중한 연결정도의 합을 구한 후, 2단계로 각 액터의 알터들의 1단계 중심성 값을 합을 구한다. 3단계에서는 해당 액터의 알터들의 2단계 중심성 값을 구하여 이러한 단계별 중심성 값이 더는 변화하지 않을 때까지 반복하여 수행한다(Bonacich, 2007).

$$C_E(N_i) = \lambda \sum_j x_{ij} C_E(N_j), \quad i \neq j \quad (15)$$

( $C_E(N_i)$ ): 액터  $i$ 의 아이겐벡터 중심성,  $\lambda$ : 아이겐 값,  $g$ : 액터의 개수,  
 $x_{ij}$ : 액터  $i$ 와  $j$  간 연결관계의 이진값 또는 계량값)

이상의 중심성 지표들은 모두 어떤 액터가 네트워크에서 중요한(important) 또는 강력한 파워를 갖는(powerful) 액터인지를 규명하기

위한 것이다. 그러나 사회네트워크가 커뮤니케이션 네트워크와 같이 보완적 관계(positive) 특성을 가지면 파워를 가진 액터를 일관되게 식별할 수 있으나, 자원교환 네트워크와 같이 경쟁적 관계(negative)로 구성되어 있으면 중심성 지표들이 일관되지 않은 결과를 종종 나타낸다.

Bonacich (1987)는 이러한 기존 중심성 지표의 문제점을 인식하고 새로운 중심성 지표로서 다음 식 (16)과 같은 베타 중심성(Beta Centrality) 지표를 제안했다.

$$C_{\beta} = \sum_{k=1}^{\infty} \beta^{k-1} X^k 1 \quad (16)$$

$$= \alpha(X1 + \beta^2 X^2 1 + \beta^3 X^3 1 + \dots)$$

( $C_{\beta}$ : 액터 베타 중심성 열 벡터,  $\beta$ : 액터와의 거리를 기준으로 한 가중치 패러미터,  $X$ :  $x_{ij}$ 를 요소로 갖는 인접 매트릭스,  $\alpha$ : 중심성 값을 표준화하기 위한 패러미터, 1: 1로 구성된 열 벡터)

다음 <Table 5>는 식 (12), (13), (14), (15)를 이용하여 2000년과 2017년 전기·전자산업의 중간재 수출(V\_GVC) 네트워크의 국가별 연결정도, 근접성, 매개 및 아이젠벡터 중심성을 분석한 결과이며, 국별 순위는 아이젠벡터 중심성 지수가 높은 순위로 정렬되었다.

분석결과를 아이젠벡터 중심성을 중심으로 요약하면 다음과 같다. 먼저 미국의 아이젠벡터 중심성은 0.610으로 가장 큰 값을 나타내고 있다. 또한, 연결정도, 근접 및 매개 중심성 역시 62개국 중 가장 큰 값을 보인다. 이는 미국이 전기·전자산업 GVCs 네트워크에서 연결정도 및 강도(수출액) 등 모든 면에서 매우 강력한 영향력(경쟁력, 적응력, 통제력)을 행사하였음을 의미한다. 일본 역시 미국에 이어 모든 중심성 지수에서 2위를 기록하며 GVCs 네트워크에서의 위상이 확인된다. 다음으로 한국, 독일, 대만, 영국의 아이젠벡터 중심성 지수가 0.2를 넘으며 네트워크의 중심부에 위치한 것으로 분석되었다.

그러나 2017년 네트워크에서는 큰 변화가 관찰된다. 미국과 일본의 아이젠벡터 중심성은

각각 0.466과 0.274로 하락했지만, 중국의 아이젠벡터 중심성은 2000년 0.195에서 2017년 0.585로 크게 상승하면서 62개국 중 1위로 부상하였음을 알 수 있다. 이는 중국을 중심으로 전기·전자산업의 중간재 수출(V\_GVC) 네트워크가 재편되었음을 시사한다.

한국의 아이젠벡터 중심성 지수는 2000년 0.241에서 2017년 0.351로 상승하였으나, 경쟁관계에 있는 대만의 지수가 큰 폭으로 상승하면서 순위는 2000년 3위에서 2017년 대만에 이어 4위로 하락하였다. 한편 아시아 국가인 인도, 인도네시아, 베트남의 아이젠벡터 중심성은 상승했지만, 태국의 중심성 지수는 2000년 0.026에서 2017년 0.018로 하락하면서 GVC 네트워크에서 이탈하는 현상이 관찰되었다.

한편 다음 <Table 6>은 식 (16)을 이용하여 2000년과 2017년 전기·전자산업의 중간재 수출(V\_GVC) 네트워크의 베타 중심성을 네거티브 네트워크와 포지티브 네트워크로 가정하여 각각 분석한 결과이다.

식 (16)에서  $\beta$ 값이 음수이면 분석대상인 네트워크를 네거티브 네트워크로 간주하여 파워가 제로-섬(zero-sum) 원칙을 따르는 경우이며 어떤 액터가 자신보다 낮은 지위를 갖는 액터와 연결될 때 더 많은 파워를 갖게 된다. 반면  $\beta$ 값이 양수이면 분석대상인 네트워크를 포지티브 네트워크로 간주하여 어떤 액터가 자신보다 높은 지위를 갖는 액터와 연결될 때 더 많은 파워를 갖게 된다(Kwahk, Kee-Young, 2017).

무역네트워크는 기본적으로 경쟁관계에 있다고 판단되므로 네거티브 네트워크를 가정한 베타 중심성 지수를 중심으로 분석결과를 요약하면 다음과 같다. 먼저 2000년 미국(USA)의 베타 중심성 지수는 아이젠벡터 중심성 분석결과와 같이 네거티브 네트워크와 포지티브 네트워크의 두 가정 모두에서 가장 큰 값을 나타내며 네트워크에서 가장 중심적 위치를 차지하고 있는 것으로 나타난다. 또한, 경쟁적 네거티브 네트워크를 가정했을 때보다 협력적 포지티브 네트워크로 가정했을 시 베타 중심성이 하락하는 것을 알 수 있는데, 이는 미국이 전기·전자산업의 중간재 수입이 수출을 초과하여 In-Degree Centrality(수입 연결정도 및 강도)

**Table 6.** Power Centrality of Electrical and Electronics Product GVC Network

2000 V GVC Network (62×62 Matrix)								
Rank	Country	$\beta$ Negative Network( $\beta=-0.9$ )			Country	$\beta$ Positive Network( $\beta=0.9$ )		
		Beta Centrality		Sum		Beta Centrality		Sum
		In	Out			In	Out	
1	USA	7.467	7.033	14.500	USA	5.476	3.826	9.302
2	DEU	1.152	2.449	3.601	JPN	2.273	5.077	7.350
3	JPN	0.565	1.718	2.282	DEU	2.099	1.835	3.934
4	FRA	0.937	0.811	1.747	KOR	1.116	2.338	3.454
5	GBR	0.805	0.935	1.739	GBR	2.189	1.041	3.231
6	CHN	1.210	0.298	1.508	TAP	0.778	2.226	3.005
7	TAP	0.355	0.688	1.043	CHN	1.810	1.043	2.853
8	ITA	0.554	0.484	1.038	CAN	1.852	0.961	2.813
9	KOR	0.306	0.501	0.808	MEX	1.666	0.911	2.577
10	ESP	0.477	0.175	0.653	FRA	1.654	0.829	2.483

2017 V GVC Network (62×62 Matrix)								
Rank	Country	$\beta$ Negative Network( $\beta=-0.9$ )			Country	$\beta$ Positive Network( $\beta=0.9$ )		
		Beta Centrality		Sum		Beta Centrality		Sum
		In	Out			In	Out	
1	CHN	6.666	4.776	11.443	CHN	4.117	3.599	7.716
2	USA	3.585	3.724	7.309	USA	5.234	2.162	7.397
3	DEU	1.039	3.096	4.136	KOR	1.057	3.666	4.723
4	JPN	0.701	1.874	2.575	TAP	0.385	4.221	4.606
5	KOR	0.360	2.197	2.557	JPN	1.483	2.742	4.226
6	TAP	0.157	2.250	2.406	DEU	1.408	1.921	3.330
7	FRA	0.795	0.688	1.483	CAN	2.105	0.274	2.379
8	GBR	0.852	0.361	1.213	GBR	1.369	0.257	1.626
9	ITA	0.491	0.534	1.025	MEX	1.078	0.543	1.620
10	CHE	0.214	0.633	0.847	FRA	1.065	0.458	1.522

Source: Authors' calculation by ABD-MRIO (2018).

가 크게 나타나기 때문이다.

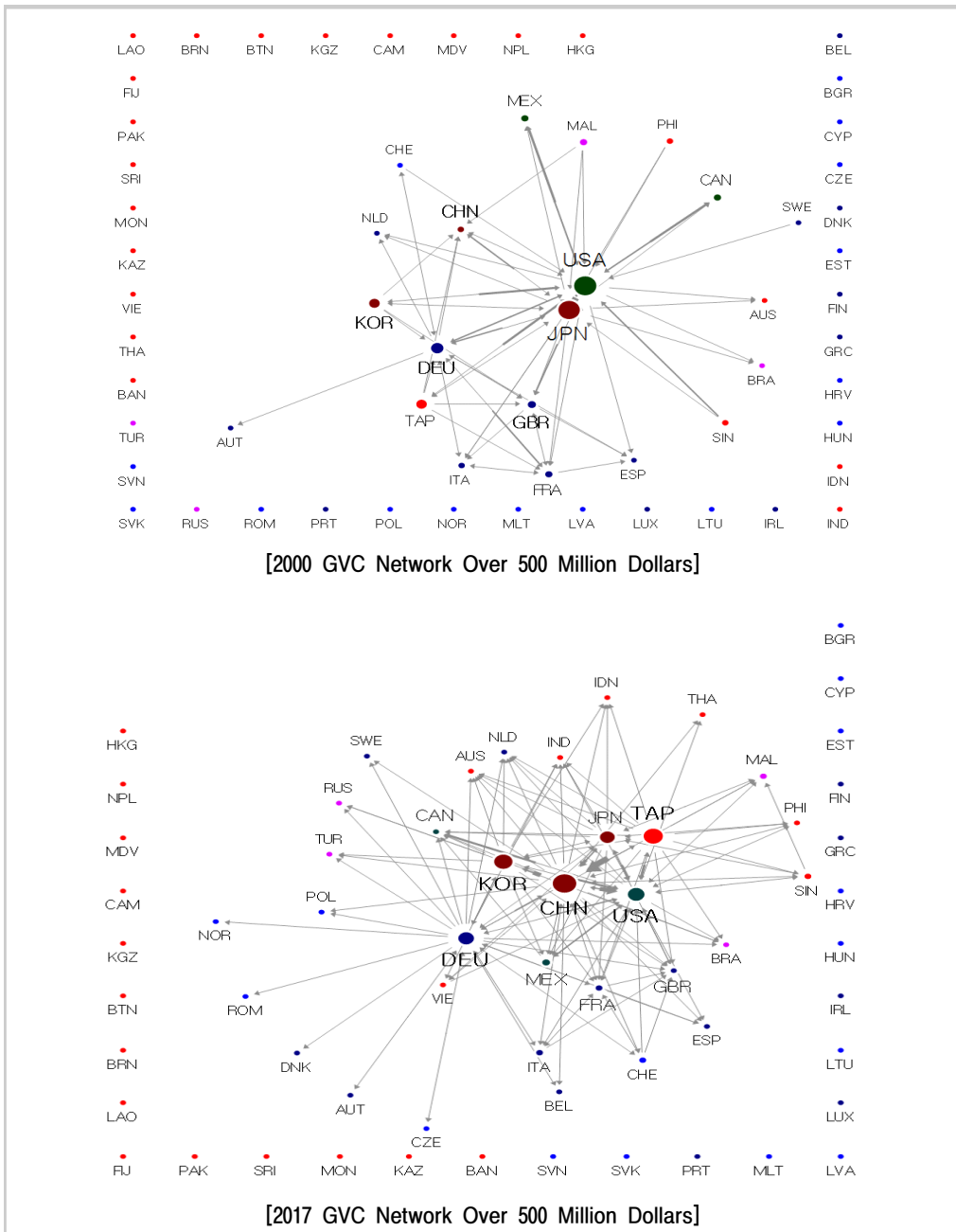
그러나 2017년 네트워크에서는 중국의 베타 중심성 지수가 크게 상승하면서 미국을 제치고 전기·전자산업 GVCs 네트워크의 중심으로 이동하여 가장 강력한 영향력을 행사하고 있음을 알 수 있다. 중국과 일본에 이어 독일, 일본에 이어 한국은 5위의 베타 중심성(2.557)을 나타내는데, 이는 중간재 수출에 특화된 한국 전기·전자산업의 특성상 In-Beta Centrality(수입)

값이 0.360으로 매우 낮은데 기인하고 있으며, Out-Beta Centrality(수출)만을 고려하면 한국은 중국, 미국, 독일에 이어 4위에 위치함을 알 수 있다. 또한, 포지티브 네트워크 가정에서는 베타 중심성 지수가 4.723으로 상승하며 3위로 기록된다.

한편 2017년 네트워크에서 국가별 외향(내향) 베타 중심성을 비교해보면 중국, 미국, 프랑스, 영국은 수입특화(In)Out) 되어 있고, 한



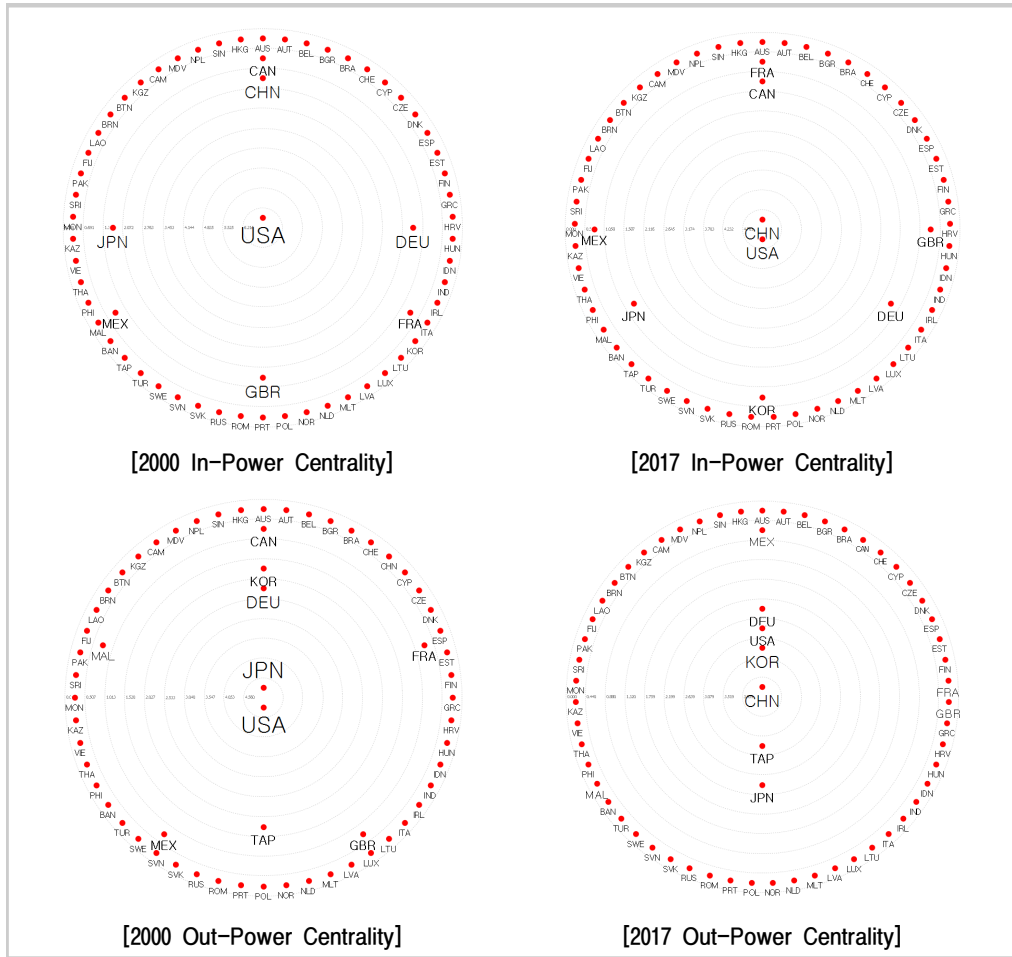
Fig. 1. Spring Map of Out-Beta Centrality (2000, 2017)



Source: Authors' calculation by ABD-MRIO (2018) Using NetMiner4.

국, 일본, 독일, 대만 등은 수출특화 되었음을 직관적으로 알 수 있다.

Fig. 2. Concentric Map of In/Out-Beta Centrality (2000, 2017)



Source: Authors' calculation by ABD-MRIO (2018) Using NetMiner4.

### 3) 시각화 분석

전술한 바와 같이 사회네트워크 분석에서는 이상의 수리적 접근과 함께 액터들 간의 관계 정보를 더욱 쉽게 이해하기 위하여 그래프를 이용하여 시각화한다. 그러나 무역네트워크와 같이 액터(국가)의 수가 많거나 액터 간의 관계(양자 간 교역)가 많으면 그래프가 복잡해져 수리적 접근보다 오히려 해석력이 떨어지게 된다. 따라서 본 연구에서는 GVC 네트워크의 연결관계를 5억달러 이상으로 제한하여 네트워크를 재구성한 후 시각화 분석을 시행하였다.

다음 <Fig 1>은 베타 중심성을 이용하여 2000년과 2017년 전기·전자산업 GVCs 네트워크의 외향(내향) 베타 중심성( $\beta=0$ )를 Spring Map(Kamada & Kawai 알고리즘)으로 시각화한 결과이다. 따라서 액터 간의 위치와 거리는 최단경로거리에 비례하며 배치되었으며, 높은 중심성을 갖는 노드일수록 크게 노드 크기가 크게 표현되었다. 또한, 라인의 굵기는 기준국가(s)의 직접수입국(r)에 대한 중간재 수출에 내재한 국내부가가치(V\_GVC) 규모와 비례한다.

시각화(Visualization) 결과, <Table 7>의 수

리적 분석결과와 같이 2000년 GVCs 네트워크 중심부에는 미국, 일본, 독일이 위치하나, 2017년 네트워크 중심성과 파워의 변화가 발생하며 중국과 한국이 중심부로 이동하였음을 직관적으로 알 수 있다.

다음 <Fig 2>는 GVCs 네트워크의 내향(외향) 중심성과 파워를 명확히 식별하기 위하여 베타 중심성을 동심 지도(Concentric Map)로 시각화한 것이다. 분석결과, 2000년 내향(수입) 베타 중심성은 미국(6.907)이 가장 높게 나타나 전기·전자산업의 대표적 수입국임을 알 수 있으며, 다음으로 일본(1.760), 독일(1.549), 중국(1.521) 등의 순위로 분석된다. 외향(수출) 베타 중심성 분석에서도 미국(5.066)으로 가장 높게 나타났으며, 일본(4.897), 독일(2.112), 대만(1.630), 한국(1.605) 등이 수출시장에서 영향력을 행사하는 것으로 분석된다.

그러나 2017년 베타 중심성 분석에서는 중국의 내향(수입), 외향(수출) 중심성 지수가 각각 5.290과 4.399로 증가하며 1위를 차지하였고, 미국의 내향(수입), 외향(수출) 중심성 지수는 각각 5.133과 2.752로 하락하면서 전기·전자산업 GVCs 네트워크가 재편되었음을 알 수 있다. 한편 일본의 외향 중심성 지수는 2000년 2위(4.897)에서 2017년 6위(2.383)로 급하락했지만, 대만과 한국의 외향 중심성 지수는 2000년 각각 4위(1.630)와 5위(1.605)에서 2017년 각각 2위(3.517)와 3위(3.163)로 상승하여 동북아 GVCs 네트워크 내에서도 일본의 위상은 하락하고 한국과 대만의 위상은 상승하는 변화가 발생하였음을 알 수 있다.

## V. 결론 및 시사점

본 연구에서는 ADB-MRIO 자료와 Wang, Wei, Yu and Zhu (2017)의 총생산 분해방법을 이용하여 세계 전기·전자산업의 부가가치 기준 생산구조와 GVCs 네트워크의 위상변화를 관찰하였다. 먼저 전기·전자산업의 부가가치 기준 총생산 구조를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 2017년 기준 세계 전기·전자산업 총생산(VA)은 1,797.7억달러이며, 이중 국내수요를

충족하기 위한 생산에 투입된 국내부가가치(V\_D) 비중은 42.5%, 직접수입국 최종수요를 충족하기 위한 수출품 생산에 투입된 국내부가가치(V\_RT) 비중은 23.9%, 그리고 GVCs에서의 중간재 수출에 투입된 국내부가가치(V\_GVC) 비중은 33.6%로 분석되었다.

세계 총생산에서의 국가별 비중은 중국이 27.8%로 가장 높게 나타났으며, 이어서 미국(19.8%), 한국(7.6%), 일본(7.2%) 등의 순으로 나타났다. 또한, 총생산 대비 부가가치수출(VAX) 비중이 높은 국가는 멕시코(99.6%), 대만(93.9%), 독일(85.0%), 한국(76.5%) 등으로 나타났는데, 이는 동 국가들의 전기·전자산업이 내수시장보다는 GVCs 네트워크를 적극적으로 활용하여 해외시장을 공략하고 있는 수출특화 산업이라고 평가할 수 있다. 그러나 부정적 측면에서는 세계 경기침체, 무역분쟁 또는 코로나-19(COVID-19) 등의 외부충격에 상대적으로 취약한 구조라 할 수 있다. 반면 미국의 VAX 비중은 28.8%에 불과한 것으로 분석되었다.

둘째, 전기·전자산업의 부가가치기준 무역수지를 분석한 결과, 미국의 2017년 총량기준 무역수지는 2,370.7억달러 적자를 나타내지만, 부가가치기준으로 재평가하면 적자 폭이 1,827.9%로 대폭 감소하였다. 특히 미·중 간 무역분쟁의 직접적인 원인이 된 양국 간 무역수지를 부가가치기준으로 살펴보면, 중국의 총량기준 대미 무역수지 흑자(1,286.3억달러)가 부가가치기준으로는 442.3억달러로 대폭 축소됨을 알 수 있다.

셋째, 사회네트워크 분석방법으로 전기·전자산업 GVCs 네트워크의 특성을 분석한 결과, 네트워크는 시간이 흐름에 따라 새로운 국가들이 새롭게 편입됨에 따라 밀도와 결속력이 강화되었다. 또한, 산업내 무역이 확대되는 가운데 중간재 교역이 국지적으로 응집되는 군집화 현상을 보이며, 중간재 수출이 특정 국가에 집중되는 현상이 관찰되었다. 한편 전기·전자산업 GVCs 네트워크는 연결정도가 높은 특정 허브 국가가 연결정도가 낮은 국가로 중간재를 수출하는 이종(Disassortative) 네트워크의 특성을 보였다.

넷째, 전기·전자산업 GVCs 네트워크의 중심성(과위)을 아이젠벡터 중심성을 중심으로 분석한 결과, 2000년 네트워크에서는 미국과 일본이 연결정도 및 강도 등 모든 면에서 매우 강력한 영향력을 행사하였으나, 2017년 네트워크에서는 중국의 아이젠벡터 중심성이 크게 상승하면서 62개국 중 1위로 부상하였다. 이는 중국을 중심으로 GVCs 네트워크가 재편되었음을 시사한다.

한편 네트워크에서 국가별 외향(내향) 베타 중심성을 비교해보면 중국, 미국, 프랑스, 영국은 수입특화 되어 있고, 한국, 일본, 독일, 대만 등은 수출특화 된 것으로 분석되었다. 마지막으로 본 연구에서는 이상의 결과를 스프링 맵(Spring Map)과 동심 지도(Concentric Map)를 이용하여 시각화하였다.

한편, GVCs 네트워크에서의 위상 또는 경쟁력은 결국 수출품에 내재한 국내부가가치(DVA) 비중을 높이고, 수출시장을 다변화(연결정도 강화)하는데 달려 있다. 본 연구의 분석결과에 기초하여 한국 전기·전자산업의 고부가가치화와, GVCs 네트워크 참여의 긍정적 효과를 극대화하기 위한 정책적 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 글로벌가치사슬의 정체 및 변화에 대응하기 위한 전기·전자산업의 가치사슬을 전면 재편할 필요성이 있다. 다국적기업들은 1990년대 들어 GVCs를 적극적으로 활용함으로써 관세장벽이나 운송비용 등을 효과적으로 극복하였으나, 최근의 보호무역주의 확산이나 코로나 19 사태 등으로 인해 GVCs의 한계가 노출하고 있다. 미·중간의 무역분쟁 영향은 중간재 교역을 통한 GVCs 참여도가 매우 높은 한국에 직접적인 영향을 미치고 있으며, 일본의 수출규제로 인한 한국 전기·전자산업의 가치사슬 단절 위험은 일시적인 현상으로 해석될 수 없다. 또한, 아세안 국가 역시 더는 한국의 중간재 수출대상국이 아닌 경쟁국으로 부상하고 있는 현실이다. 그간 아시아 GVCs 네트워크는 한·중·일 3국과 대만이 주도하였지만, 최근 베트남 등에 대한 중국과 한국의 투자가 확대되면서 베트남과 인도네시아를 중심으로 힘의 변화가 발생하고 있다. 따라서 한국 전기·

전자산업 GVCs 네트워크는 생산성뿐만 아니라 안정적인 부품공급이라는 확실성을 동시에 추구하여야 할 것이다.

둘째, 이와 같은 글로벌가치사슬의 정체 및 변화에 대응하기 위해서는 근본적으로 전기·전자산업 핵심부품·소재의 국산화를 통한 투입경쟁력(input competitiveness)을 강화하여야 한다. 가치사슬은 제품이 소비자에게 최종 도달하기까지의 시간적 흐름에 따라 기획, 디자인, 연구개발→조립·생산→유통, 판매, 사후서비스로 구분되며, 각 단계에서 창출되는 부가가치는 시작 단계와 끝 단계는 높고, 중간 단계는 낮으므로 이를 연결하면 스마일 커브(Smile Curve)의 형태를 띠게 된다. 한편 한국 전기·전자산업의 투입부문(Upstream) 역량은 연구개발 부문에서는 세계적 경쟁력을 확보한 것으로 평가되나, 혁신에 기초한 상품기획 및 디자인 부문에서는 열세인 것으로 평가된다(Kim, Jong-Ki et al., 2014). 따라서 전기·전자산업의 급격한 환경변화를 이해하고 기술적, 제도적 혁신을 통해 기회과 디자인 역량을 강화하고, 국내 중소기업의 가치사슬 편입을 정책적으로 유도하여야 할 것이다.

마지막으로 GVCs 생산단계에서 최종재 비중을 확대하여야 한다. 본 연구의 분석결과, 한국 전기·전자산업은 총생산 중 중간재수출의 기여도는 50%, 총수출 중 중간재 교역 비중은 70%에 이르고 있다. 이는 한국이 GVCs의 상류에 위치하면서 각 국가의 최종수요 및 수출수요를 충족하기 위한 중간재 수출에 특화되어 있음을 의미한다. 그러나 세계 경제침체 또는 외부충격으로 GVCs에 균열이 생기면 직접적인 타격을 받는 구조라 할 수 있다. 따라서 신흥국 시장의 수요를 충족하기 위한 신제품 개발 등을 통해 최종재 수출 비중을 확대할 필요가 있다.

한편, 본 연구는 ADB\_MIRO를 기본자료로 활용하고 있는바, 메모리반도체, 스마트폰, 평판디스플레이 등과 같이 세부 상품 단위의 분석이 불가능하다는 한계가 있다. 또한, 지면의 한계로 GVCs 네트워크 특성을 연결과 밀도, 중심성 등으로 한정하고 있다. 추후 연구에서는 구조적 공백과 중개자 이론, 계층 및 클러스터 등 다양한 네트워크 분석이 진행되고, 나아가

GVCs 참여의 경제적 효과에 대한 체계적 분석이 필요한 것으로 판단한다.

## References

- Beauchamp, M. A. (1965), “An Improved Index of Centrality”, *Behavioral Science*, 10(2), 161-163.
- Bonacich, P. (1987), “Power and Centrality: A Family of Measures”, *American Journal of Sociology*, 92(5), 1170-1182.
- Bonacich, P. (2007), “Some Unique Properties of Eigenvector Centrality”, *Social Networks*, 29(4), 555-564.
- Fagiolo, G., J. Reyes and S. Schiavo (2009), “The World-Trade Web: Topological Properties, Dynamics, and Evolution”, *Physical Review*, 79(3), 036115.
- Farooq, A., N. Ashfaq., S. Majeed and S. Ali (2018), “Prediction of Top Trade Leading Countries through Social Network Analysis Using Hybrid Classification Techniques”, *2018 IEEE International Conference on Multi Topic*, 18340832.
- Ferrarini, B. (2011). “Mapping Vertical Trade”, *ADB Economics Working Paper*, 263, Asian Development Bank.
- Ferrarini, B. and D. Hummels (2014), *Asia and Global Production Networks: Implications for Trade, Incomes and Economic Vulnerability*, Northampton, MA: Co-Publication of the Asian Development Bank and Edward Elgar Publish.
- Freeman, L. C. (1979), “Centrality in Social Networks Vonceptual Clarification”, *Social Networks*, 1(3), 215-239.
- Garlaschelli, D. and M. I. Loffredo (2005), “Structure and Evolution of the World Trade Network”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 355(1), 138-144.
- Hyun, Ki-Soon and Jun-Yeop Lee (2016), “World Trade Network and the Roles of the Industries in the Major Trading Countries”, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 19(4), 677-693.
- Kim, Jong-Ki, Dong-Hyeok Seo, Dae-Yeong Ju, Dong-Won Choi and Jae-Deok Kim (2014), “Structural Change of Global Value Chain in the Korea’s ICT Industry and Development Strategies”, *Research Reports*, 2014-734, Korea Institute for Industrial Economics and Trade.
- Kim, Seog-Min (2017), “Visual Analysis of Trade in Value Added Structure in Northeast Asia”, *Journal of Northeast Asian Studies*, 84, 25-44.
- Kwahk, Kee-Young (2017), *Social Network Analysis*, Seoul, CR Books.
- La, Mee-Ryung (2017), “An Analysis of RCEP Value Chains and Policy Implications”, *Policy References*, 17-08, Korea Institute for International Economic Policy.
- Lee, Chun-Su (2020), “Trade Competence Reinforcement Strategy with Trade Network Analysis: Focused on ASEAN and KOREA”, *Journal of International Trade and Insurance*, 21(3), 17-34.
- Lee, Jae-Min and Young-Ho Jung (2017), “Structure and Understanding of the World Industrial Association Table”, *Quarterly National Accounts Review*, 2017(3), Bank of Korea, 46-70.
- Lee, Kyeong-Min and Chun-Su Lee (2016), “A Study on Precious Metals HS 71 Trade Networks by Utilizing Social Network Analysis”, *Journal of International Trade and Insurance*, 17(3), 123-145.

- Leem, Byung-Hak (2012), “A Study on Contagion Effect of Country Shock Through Core-Periphery and Influence Analysis of Intra-Regional Trade Networks among European Countries”, *The Review of Eurasian Studies*, 9(1), 93-117.
- Leontief, W. W. (1936), “Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States”, *Review of Economics and Statistics*, 18(3), 105-125.
- Lim, Won-Hyuk (2016), *The Development of Korea's Electronics Industry During Its Formative Years (1966-1979)*, Sejong Korea: KDI School of Public Policy and Management.
- OECD-WTO (2012), “Trade in Value-Added: Concepts, Methodologies and Challenges”, Joint OECD-WTO Note, March 15, 2012.
- Pak, Jee-Mon, Sung-Kuk Kim and Han-Ho Kim (2015), “A Study on Oyster Trade Networks by Utilizing Social Network Analysis”, *Korea Trade Review*, 40(2), 51-70.
- Serrano M. A. and M. Boguñá (2003), “Topology of the World Trade Web”, *Physical Review*, E.68, 015101.
- Wang, Z., S. J. Wei and K. Zhu (2013), “Quantifying International Production Sharing at the Bilateral and Sector Level”, *NBER Working Papers*, 19688, National Bureau of Economic Research.
- Wang, Z., S. J. Wei, X. Yu and K. Zhu (2017), “Characterizing Global Value Chains: Production Length and Upstreamness”, *NBER Working Papers*, 23261, National Bureau of Economic Research.
- Yoon, Woo-Jin (2016), “Global Value Chains and the Industrialization of Korea”, *KIET Working Paper*, 2016-797 Korea Institute for Industrial Economics & Trade.