

한국 제조업 지식네트워크 구조변화의 특성

김문수* · 오형식** · 박용태**

〈 목 차 〉

1. 서 론
2. 지식확산과 지식네트워크
3. 기존연구의 검토
4. 산업간 지식흐름행렬의 산출과 네트워크 분석
5. 실증분석
6. 결 론

1. 서 론

지식기반경제(knowledge-based economy)¹⁾의 도래와 함께 기술혁신(innovation)과 그 결과의 확산(diffusion)은 경제시스템을 지식사회로 전환시키는 결정요인이 되고 있다. 특히 부존자원이 빈약한 한국의 경제구조에서 지식을 효과적으로 창출하고 이를 경제주체들에게 신속하게 확산시킬 수 있는 메카니즘의 존재는 산업경쟁력의 제고에 가장 중요한 요인으로 지적된다. 이에 따라 기술지식의 본질적 속성인 “확산에 의한 수확체증(increasing return by diffusion)”을 강조하는 새로운 경제원리가 국가 차원뿐만 아니라 산업, 기업 차원에서도 활발히 전개되고 있으며 경쟁구조도 생산요소 경쟁으로부터 신생산 방법, 신 시장, 신 조직을 창출하는 시스템 경쟁으로 전환되

* 서울대 박사과정

** 서울대 교수

1) 지식과 정보의 창출(production), 보급(distribution), 이용(use)에 직접적으로 기반 한 경제[OECD, 1996a]

고 있다(I. Kenichi, 1992).

기술지식과 기술활동의 복잡화, 융합화, 대형화 현상은 기술혁신에 있어 체계적 개념의 도입으로 이어지고, 이러한 체계에서의 다양한 지식의 교류는 기술적, 산업적 융합을 더욱 촉진하는 순환관계를 형성하고 있다. 시스템의 형태와 시스템내의 여러 구성인자들간의 상호작용(interaction)이 국가간에 서로 다른 구조와 내용을 가질 수 있으며, 이러한 차이를 분석하고 규명하기 위한 국가혁신시스템(national systems of innovation)²⁾의 개념이 제시되고 특히 국가경제의 핵심요소인 '산업간 지식의 흐름구조'의 규명은 지식기반경제에 관한 연구와 정책개발의 시발점이라 할 수 있다. 이러한 배경 하에서 본 논문은 한국 제조업의 세부 산업들간의 기술 지식의 흐름관계를 네트워크로 상정하고, 민간부문의 연구개발을 통해 산업간 기술지식 흐름이 본격적으로 이루어졌던 '80년대의 자료를 통해 그 구조적 형태 변화의 특성을 분석하고자 한다.

2. 지식확산과 지식네트워크

기술지식은 경제적 효과를 창출하는 가장 기본적인 원천이 되며, 기술지식의 창출과 보급(diffusion and use)이 지식기반경제의 요체라고 할 수 있다. 대부분의 기술혁신은 그 적용 및 활용과정에서 급격한 변화를 겪으며 완전히 새로운 상품이나 공정의 경우에도 다른 지식과의 결합을 통해 지속적인 개선이 이루어진다. 이러한 이유로 해서 최근에는 발견, 발명, 혁신 및 확산을 엄격하게 구분하는 과거의 이해방식으로부터 각 과정간의 상호작용과 연계기능을 중시하는 관점으로 이행하고 있다(Rosenberg, 1982; Lundvall, 1988). 따라서 본 논문에서는 기술혁신의 구조와 과정을 선형적 단계 구분 대신 '지식의 창출'과 '지식의 흐름'으로 파악한다.

한편 지식의 창출과 흐름을 기술확산의 관점에서 볼 때 크게 두가지의 확산 유형을

2) Freeman(1987, 1988, 1995)은 국가혁신체제를 '신기술의 창출, 도입, 수정, 확산에 영향을 미치는 공공 혹은 민간 부문 제도들의 네트워크'로 정의하였으며, Lundvall(1988, 1992)은 '탐구활동(기술혁신 위한 제반 관련 활동)에 관련된 모든 조직과 제도(R&D 부서, 연구소, 대학)와 상호작용적 학습에 영향을 미치는 생산체제, 마케팅체제, 재정·금융체제로 구성된 집합'으로 정의하였다. 이외에 Nelson(1987, 1988, 1993), Leoncini 외(1996) 등 참조

들 수 있는데 하나는 무형자원의 확산, 즉 비체화 기술확산(disembodied diffusion)이고 다른 하나는 신기술에 의해 제조된 또는 신기술의 응용을 가능하게 하는 자본재와 중간재에 체화된 기술확산(embodied diffusion)이다. 특히 前者를 지식의 확산 혹은 흐름으로 파악할 수 있으며 본 논문에서는 이러한 '비체화적 지식의 창출과 보급'을 분석대상으로 한다.

지식은 연구자나 시스템의 구성요소간의 상호작용에 의해 발전되고 축적된다. 기술의 다양화, 복잡화, 거대화되는 현상 속에서 개별 연구자의 역할보다는 시스템의 주체들간 상호작용을 통한 체계적이고 조직화된 학습(systematic and organized learning)³⁾에 의한 성장과 축적이 현대 경제의 기본 바탕이 되고 있다. 특히, 시스템의 주체들간 상호작용은 기술의 지속적인 개선과 획기적이고 급진적인 기술변화를 이끄는 지식 창출의 기능도 갖는다. 상호작용의 관계는 네트워크라는 형태로 정의할 수 있는데 재화와 용역관계를 통한 교역 네트워크(trade network)와 재화의 흐름의 유무와 상관 없는 정보의 흐름과 지식의 교환 네트워크인 지식네트워크(knowledge network)로 구분된다(Gelsing, 1992). 또한 상호작용의 구체적 양상은 기업간, 산업간, 연구소 및 대학간의 정보나 지식의 공유 혹은 흐름관계(공식적, 비공식적 네트워크의 구축)로 구현된다. 본 논문은 그 가운데 산업간 지식 네트워크(inter-industry knowledge network)를 분석대상으로 한다.

3. 기존연구의 검토

본 논문의 주제와 관련된 기존연구는 크게 세분야로 나눌 수 있다. 첫째는 지식확산의 결정요인의 분석이다. 초기의 확산이론에 따르면 신기술의 존재여부, 신기술채택이 가져올 이익, 신기술의 도입의 비용 등에 대한 정보의 보급에 따라 확산정도는 결정된다고 한다. 그러나 최근 연구의 결론은 잠재적 채택자의 수, 사용을 통한 학습효과, 연구성과 파급의 제도적, 체계적 특성, 흡수능력 수준, 기술과 지식의 형태, 연구개발의 유형 등의 다양한 요인들이 지식의 확산에 영향을 미치는 결정요인으로 파악

3) B., Johson(1992)은 이러한 학습은 제도에 의해 형성되거나 영향을 받기 때문에 제도적 학습(institutional learning)이라고 하였다.

되고 있다(Cohen & Levinthal, 1989, Rosenberg, 1990, 김연섭, 1997). 두번째는 지식확산의 파급효과를 측정하거나 분석하는 계량경제학적 분석이다. 대부분의 기존연구의 공통된 결과⁴⁾는 다음과 같다. 우선 지식확산의 파급효과는 존재하며 사회적 수익률이 사적 수익률에 비해서 대략 50~100% 정도 더 많은데 이는 파급 혹은 확산의 외부경제효과(external economy)가 존재함을 의미한다. 또한 파급효과에 따른 사회적 수익이 산업부문 전체에 걸쳐 분포하고 또한 산업간 통합 수준(aggregated level)에서도 존재한다. 그리고 지식확산의 파급효과는 총요소생산성(total factor productivity) 향상에 중요한 요소임이 밝혀졌다. 세번째는 네트워크 분석이다. 미시적 차원의 네트워크 분석은 주로 기업간 또는 조직간의 상호관계를 대상으로 동태적인 네트워크의 분석에 초점을 맞춘다(Hakansso, 1989). 반면에 거시적인 수준에서 Leoncini, Maggioni 그리고 Montessor(1996)는 교역을 통한 산업간 기술혁신의 확산구조를 네트워크로 파악하여 산업전체 수준에서 그리고 국가기술시스템(national technological system)이라는 개념으로 국가간 시스템의 특성을 비교·분석하였다.

그러나 기존연구는 다음 두가지의 문제점을 안고 있다. 첫째는 지식의 파급 혹은 흐름의 구조적 형태와 특성을 파악하기 어렵다는 점이다. 둘째는 산업수준(meso level)에서 산업간 상호작용에 관련된 특성을 파악할 수 없다는 점이다. 본 논문은 기존연구의 문제점을 보완하기 위해 비체화적 지식의 확산에 초점을 두고 지식 네트워크의 개념을 도입하여 산업간 지식의 흐름을 분석대상으로 삼는다. 또한 지식흐름의 구조변화를 동태적 관점에서 파악하기 위해서 각 산업별 관계와 전체 시스템에서의 역할을 시계열자료를 토대로 비교함으로써 한국 제조업의 지식 네트워크의 특성을 분석한다.

4. 산업간 지식흐름행렬의 산출과 네트워크 분석

4.1 산업간 지식흐름행렬(K, K')

산업간 지식흐름을 파악하기 위해서는 먼저 각 산업의 지식의 크기를 산출해야 한

4) Mohnen(1996)의 survey paper 참조

다. 일반적으로 기술지식의 크기를 측정하는 지표로서는 연구개발인력(과학기술인력), 연구개발투자, 특허, TBP(technology balance of payments ; licensing fees, direct purchases of knowledge, etc) 등을 들 수 있다(OECD, 1996a). 본 연구에서는 기술 지식의 창출과 축적 그리고 활용이라는 측면에서 각 산업이 보유하고 있는 연구개발 인력수⁵⁾를 기술지식의 크기를 나타내는 지표로 사용하였다. 즉, 각 산업의 연구인력 수가 많을수록 그 산업의 보유 지식량은 크다고 가정한다. 이러한 지식량을 다음과 같이 표현하자.

$$H = [h_{ij}]$$

여기서 h_{ii} 는 i산업의 총지식량(총연구개발인력수), $h_{ij}=0$ 으로 대각행렬(diagonal matrix)을 의미한다.

산업간 지식의 흐름은 특정 산업내의 기업, 연구소의 기술혁신연구에 참여한 과학자, 기술자들의 다른 산업으로의 이동, 교류, 접촉, 산업간 특허권 구입, 상호 라이선스, 그리고 학회, 회의, 세미나, 심포지엄 등을 통해서 이루어진다. 그러나 이러한 경로를 통한 흐름량을 측정하기는 어려우므로 본 논문에서는 대용변수(proxy)로서 기술거리⁶⁾ 혹은 유사성 지수를 구하여 산업간 지식흐름량을 측정한다. 산업간 유사성은 다음과 같은 방법으로 측정한다. S 행렬은 산업간 유사성 행렬을 표현하는 것으로 예를 들어 전자산업과 기계제작산업에서 각각 전자 관련 연구원수와 기계제작 관련 연구원수가 많다면 두 산업의 지식적 배경이 유사하고 따라서 지식의 흡수나 방출(즉, 산업간 지식의 흐름)이 용이하다고 할 수 있다.

$$S = [s_{ij}]$$

여기서 s_{ij} 는 Jaffe(1986)가 이용한 방법을 사용하여 다음과 같이 측정한다.

5) R. Leoncini, M.A. Maggioni, S.Montessor(1996)는 연구인력수(각 산업에서 창출된 기술혁신의 크기)와 중간재 흐름을 이용하여 이탈리아와 독일의 산업간 기술혁신흐름구조의 특성을 비교·분석하였다.

6) 기술거리의 측정을 위해서 특허(Jaffe, 1986), 연구개발지표 비율(Goto and Suzuki, 1989), 연구인력의 전공별 자료이용(이회경, 김정우 1996)을 들 수 있는데 본 논문에서는 연구인력의 전공자료를 통해서 기술거리를 산출하였음.

$$S_{ij} = \frac{F_i F_j^T}{\sqrt{(F_i F_i^T)(F_j F_j^T)}}$$

F_i 는 i 산업의 연구원의 전공별(30개분야), 학위별(박사, 석사, 학사 등) 연구원수를 나타내는 행 벡터(F_i^T 는 열 벡터)로 다음과 같이 표현된다.

$$F_i = [f_{ikl}]$$

f_{ikl} 는 i 산업의 k 전공 분야에서 l 학위를 가지고 있는 연구원의 수를 의미한다.

s_{ij} 는 0과 1사이의 값으로 1에 가까울수록 두 산업은 기술적으로 유사한 산업이라 할 수 있으며, 따라서 두 산업간 지식흐름이 용이함을 의미한다. 절대적 지식흐름행렬 (absolute knowledge flow matrix ; K)은 행렬 H 와 S 를 이용하여 다음과 같이 간단하게 얻을 수 있다.

$$K = H \cdot S = [k_{ij}]$$

위 행렬의 대각 원소(diagonal elements) k_{ii} 는 i 산업 자체의 지식의 총량을 의미하고, 다른 원소(off diagonal elements) k_{ij} 는 i 산업에서 j 산업으로 확산되는 지식의 양을 의미한다. 특히 $\sum_{j \neq i} k_{ij} \geq k_{ii}$ 인 경우는 i 산업에서 다른 산업으로 확산되는 지식의 총량이 i 산업의 지식총량보다 같거나 많은 것으로 이는 i 산업 지식이 공공재적 특성으로 여러 산업에서 다양한 확산경로를 통해 흡수, 중복되어 사용되기 때문이다. 또한 $\sum_{j \neq i} k_{ij} < k_{ii}$ 이면서 i 산업의 지식총량이 다른 산업에 비해 많은 경우, i 산업 지식이 고도로 전문화되고, 지적 재산권 등으로 그 지식의 외부사용이 어느 정도 차단된 산업이라 할 수 있다. 행렬 K 는 지식의 흐름의 절대량(absolute value)을 기준으로 측정되므로 산업간의 지식흐름규모가 네트워크 특성으로 나타나는 효과(dimension scale effect)가 반영된다. 한편, 지식 네트워크내의 산업간 지식흐름의 상대적 효과(proportional scale effect)를 분석하기 위해서 다음과 같은 상대적 지식흐름행렬(relative knowledge flow matrix ; K')을 K 행렬로부터 구한다. 상대적 지식흐름행렬의 주 대각원소의 값을 0으로 두고, 단지 각 산업간 지식흐름의 상대적 비율로 지식 네트워크의 특성을 파악하고자 한다.

$$K' = [k'_{ij}]$$

$$\text{여기서, } k'_{ij} = \frac{k_{ij}}{\sum_{j \neq i} k_{ij}} \quad \text{for } i \neq j$$

$$k'_{ii} = 0 \quad \text{for } i$$

4.2 네트워크 분석(Network Analysis)

네트워크의 분석은 그래프 기법을 이용하여 시스템의 구성요소(node)간의 상호작용(linkage)의 구조를 분석하는 정량적 기법이다. 본 논문에서는 34개의 산업을 '구성요소'로, 산업간 지식흐름을 '상호작용'으로 다룬다. 네트워크 분석은 구조적 특성과 관련하여 다음과 같은 사항을 분석하고 설명하는데 강조를 두고 있는 것이 특징이다(M. A. Maggioni, S. Montessor, 1996). 첫째, 각 노드(산업)의 행위(전략 및 성과 측면에서)는 구조적 한계와 네트워크 내부적 특성으로 설명되어야 한다. 둘째, 노드간 관계는 노드 자체와 전체 시스템 측면에서 보완적인 관계로 해석되어야 한다. 셋째, 노드나 노드의 쌍(pair of nodes)을 전체 시스템 구조에서 따로 분리하여 분석하는 것은 큰 의미를 갖지 못한다. 넷째, 시스템은 미시적 수준(노드)과 거시적 수준(전체 시스템 혹은 네트워크)에서 구조적으로 깊은 상호 연관관계를 갖는 요소들로 구성된 양 측면이 복합적으로 작용하는 특성을 가지고 있다. 그리고 마지막으로 네트워크 분석은 전통적인 통계처리나 계량경제학적 기법이 적절하지 못할 경우 상호종속성을 갖는 관찰치⁷⁾의 분석이 가능하다는 것이다.

지식흐름행렬(K, K')은 다음과 같은 지식 네트워크로 쉽게 변환할 수 있다(실제로 행렬자체가 하나의 네트워크라고 할 수 있다). 지식 네트워크 G_V 는 세 개의 집합 즉 산업들(N), 그들 산업간 연결관계들(L), 그리고 산업간 지식흐름의 정도(V ; V 의 원소 v_{ij} 는 정확히 k_{ij} 혹은 k'_{ij} 와 같음)로 구성된다.

$$K \text{ or } K' \Rightarrow G_V(N, L, V)$$

지식 네트워크의 연결관계는 산업간 지식흐름으로 구성되기 때문에 산업간 연결은

7) 이러한 특성을 갖는 데이터를 관계형 데이터(relational data)라고 한다. [J. Scott, 1991]

그 연결의 정도와 일대일 대응한다. 각 지식흐름행렬을 그래프로 표현하면 매우 복잡한 형태로 구성된다. 따라서 지식 네트워크의 특성을 용이하게 분석하기 위해서 연결 정도가 상대적으로 약한 산업간 연계를 무시하고 중요 산업들과 그들간의 연결에 주목하기 위해서 기준값(cutoff)에 따라 다음과 같이 K, K 행렬의 G_V 를 G_D 로 변환(dichotomize)시킨다. 이를 중심으로 네트워크 분석을 수행한다.

$$G_V \Rightarrow G_D(N, L_D)$$

여기서, 집합 L_D 는 다음과 같다.

$$L_D = \{ l_{ij} \}$$

$$\text{where, } l_{ij} = 1 \text{ for } v_{ij} > \text{cutoff}$$

$$l_{ij} = 0 \text{ for } v_{ij} \leq \text{cutoff}$$

l_{ij} 는 i 산업에서 j 산업으로 지식흐름관계를 나타내는 것으로 값이 1이면 기준값보다 큰 지식흐름이 존재함을 의미한다.⁸⁾

본 논문에서는 네트워크의 구조적 특성을 파악하기 위해 크게 두 가지의 지수를 산출한다. 첫째, 네트워크의 체계적 연계성(systematic connection)을 파악하기 위해 네트워크의 밀도(density of network)를 다음과 같이 측정한다.

$$D = \frac{l}{g(g-1)}$$

분모는 모든 노드간의 연계(방출, 흡수)가 이루어질 때의 경우의 수로(네트워크내의 노드간 연계의 최대수 $\binom{g}{2}$ 를 의미) g 는 노드(산업)의 수를 의미하며, 분자 $l(= \sum_i \sum_j l_{ij})$ 은 네트워크내의 노드간 실제 총 연계수를 나타낸다. 밀도가 클수록 네트워크는 보다 체계적 연계성이 증가한다. 즉, 산업간 연계가 보다 밀집된 형태를 구성하고 있음을 의미하며 한 산업에서 창출된 지식이 네트워크의 다른 산업까지 도달할 가능

8) $l_{ij} = 1$ 과 $l_{ji} = 1$ 는 의미가 완전히 다르다. 전자는 i 산업에서 j 산업으로의 지식흐름, 즉 i 산업 입장에서는 지식의 방출, j 산업 입장에서는 지식의 흡수관계를 표시한다. 후자는 정반대의 의미를 갖으며, 이러한 형태의 노드간 관계를 갖는 네트워크를 양방향 네트워크(digraph or directed graph)라고 한다.

성이 커진다.

둘째, 각 산업의 중심성 지수(node centrality index)와 중심화 지수(group centrality index)를 측정하여 각 산업의 중심적 역할과 네트워크의 위계적 정도를 분석한다. 중심성 지수와 중심화 지수는 연구 대상과 연구자의 관심에 따라 여러가지 형태로 구분되는데 부분(degree, local), 전체(closeness, global), 매개(betweenness, intermediary) 중심성과 중심화 지수⁹⁾이다. 부분 중심성과 중심화 지수는 다음과 같이 측정된다.

$$C_D^O = \sum_j l_{ij} \quad \overline{C_D^O} = \frac{\sum_{i=1}^g [C_D^O(n^*) - C_D^O(n_i)]}{(g-1)(g-2)}$$

$$C_D^I = \sum_j l_{ij}^2, \quad \overline{C_D^I} = \frac{\sum_{i=1}^g [C_D^I(n^*) - C_D^I(n_i)]}{(g-1)(g-2)}$$

하첨자는 부분 중심성/중심화 지수를 표시하고, 상첨자 O와 I는 지식의 방출(outflow), 지식의 흡수(inflow)관계를 나타내고 있는데 각각 유사한 형태로 산출된다. 중심성 지수는 단순히 각 산업이 지식의 방출(혹은 흡수) 대상이 되는 산업수를 의미하며 이는 산업 지식의 흐름 관계에서 영향력 있는 산업의 식별을 위한 지수¹⁰⁾라고 할 수 있다. 중심화 지수는 중심성 지수가 가장 큰 산업에서 각 산업의 중심성 지수의 차이의 합을 한 산업이 가질 수 있는 최대 중심성 지수(n^* 는 최대 중심성지수를 갖는 노드를 의미)로 나누어 측정되는데 이는 특정 산업이 시스템 전체 측면에서 그 영향도가 얼마나 큰가를 나타내는 지수이다. 이 지수값이 클수록 시스템은 특정 산업을 중심으로 집중화된 구조로 판단할 수 있고 이는 시스템의 위계성(hierarchy)을 설명하는데 유용하다. 부분 중심성 지수는 노드간 직접적인 연결에 관심을 두고 있는데 실제로 직접적인 연결흐름관계를 구성하지 않더라도 몇 단계의 흐름 관계를 통해서 지식의 방출이나 흡수가 가능하다. 이러한 점을 고려하여 측정되는 것이 전체 중심성

9) 각 지수의 수학적 도출과정, 측정방법과 의미는 S. Wasserman, K. Faust(1994), p.p 169-219 와 J. Scott(1991) p.p 85-102 참조

10) 예를 들어 j산업의 $C_D^O = 7$ 이고 k산업의 $C_D^O = 2$ 라면 전자의 경우에 j산업으로부터 지식을 흡수하는 관계에 있는 산업의 수가 7을 의미하는 것으로 k산업에 비해 지식의 방출측면에서 보다 중요한 위치에 있다고 할 수 있다.

지수와 매개 중심성 지수이다. 전체 중심성 지수는 여러 단계를 거쳐 발생할 수 있는 지식의 흐름을 고려하여 부분 중심성 지수와 유사한 방법으로 측정되는 것으로 보통 부분 중심성 지수가 높은 노드들에서 전체 중심성 지수가 높은 노드가 발견된다. 반면, 매개 중심성 지수는 지식 흐름의 경로에서 각 노드가 다른 노드들로 얼마나 연결되는가를 측정한다. 이는 산업기술지식의 배경이 서로 다른 산업간 지식흐름의 연계에 중추적 역할을 하는 산업의 식별이라는 측면에서 매우 중요시되는 지수라고 할 수 있다.

5. 실증분석

5.1 분석자료

본 논문에서는 각 산업의 연구인력과 연구인력들의 학문적 배경, 학위와 관련된 통계치를 산업기술개발실태조사(산업기술진흥협회, 1984~1991)를 참조하여 '80년대 중 3개년도(1984, 1987, 1990)를 중심으로, 34개의 세부산업¹¹⁾에 대한 K 와 K' 행렬을 산출하였다. 분석대상 산업은 다음과 같다.

1.식음료, 2.섬유, 3.나무·목재, 4.종이·인쇄, 5.유기·무기화학, 6.연료·도료, 7.비료·농약, 8.의약품, 9.세정제·화장품, 10.기타화학(화약, 접착제 등), 11.석유정제, 12.석탄제품, 13.고무제품, 14.플라스틱, 15.도자기·토기, 16.유리제품, 17.시멘트·콘크리트·토석제품, 18.1차철강, 19.비철금속 20.조립금속, 21.보일러·터빈, 22.특수산업용기계, 23.공작기계, 24.사무용·서비스기계(컴퓨터 포함), 25.기타산업기계, 26.산업용전기기기, 27.음향·영상·통신, 28.가정용전기기기, 29.반도체·전자부품, 30.기타전기기기, 31.조선, 32.자동차, 33.기타수송기기(철도차량,항공기 등), 34.정밀기기

34개의 세부산업을 대상으로 네트워크 분석¹²⁾과 통계적 분석을 병행하면서 한국 제

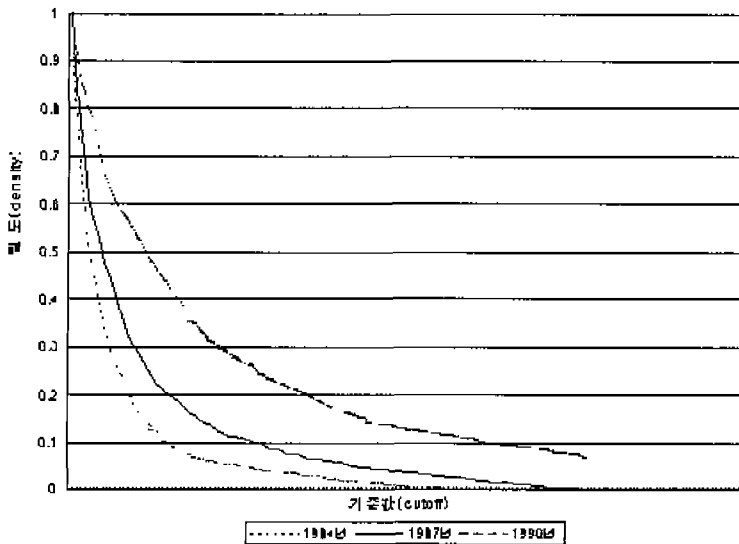
11) 한국표준산업분류(KSIC)를 기준으로 하여 제조업을 대상으로 경공업분야(식음료, 섬유, 나무·목재, 종이·인쇄출판 등)는 2 digit, 중화학공업분야와 전기·전자분야는 3 digit 혹은 4 digit까지 적용하였다. 이는 제조업 분야에서 중화학 및 전기·전자분야의 연구개발투자 및 연구개발인력이 집중되었고 따라서 이 분야를 좀더 세분류하여 산업간의 지식흐름 관계를 조명하고자 한다.

조업의 지식 네트워크의 구조적 특성과 시간에 따른 변화를 분석한다.

5.2 절대량기준의 제조업 지식네트워크의 특성

5.2.1 지식 네트워크의 체계적 연계성(systematic connectivity)

네트워크의 구성요소인 각 산업간 연계성은 개략적으로 그 밀도를 통해 살펴볼 수 있다. <그림 1>과 <표 1>에서 84년, 87년, 90년의 제조업의 지식 네트워크의 밀도를 관찰해 보면 각 연도의 네트워크는 기준값(cutoff)¹³⁾의 수준에 관계없이 항상 증가하고 있다. 이는 산업간 지식의 흐름의 절대량이 전반적으로 확대되고 있으며, 산업간 관계가 밀접(more connected)해 가고 있음을 의미한다. 즉, 각 산업에서 요구하는 연구인력들이 각 산업에서의 요구하는 지식뿐만 아니라 여타 다른 산업의 지식 또한 필요로 하며 이를 통한 다른 산업의 혁신을 흡수할 수 있는 능력을 확보하기 위한 것으로 보인다



<그림 1> 절대량기준 각 연도별 기준값(cutoff value)과 밀도(density)

12) 네트워크 분석 프로그램인 UCINET IV ver 1.66과 그래프 작성 프로그램인 KrackPlot 3.0을 이용하였음.

13) cutoff는 산업간 지식흐름량이 대부분의 모든 산업에서 존재하므로 네트워크의 특성을 쉽게 파악하기 위해 그 흐름량이 상대적으로 작은 산업간의 연결을 무시하기 위해서 설정하는데 본 논문에서는 절대 흐름량의 경우 250, 550, 850, 1150에 대해서 분석하여 주로 1150을 기준으로, 상대 흐름량의 경우 0.01, 0.07, 0.08, 0.09에 대하여 분석하여 주로 0.08을 기준으로 네트워크의 특성을 고찰하였다.

또한 기준값/연도별 연결(linkage)수에 대한 표준편차가 시간에 따라서 증가하고 있는데 이는 특정산업의 지식방출 혹은 흡수 등 기술지식의 흐름으로 표현되는 연계의 수가 산업별로 차이가 크다는 것을 의미한다.

<표 1> 절대량 기준의 지식흐름행렬에서의 밀도와 표준편차

	기준값 : 250			기준값 : 550			기준값 : 1150		
	'84	'87	'90	'84	'87	'90	'84	'87	'90
밀도	0.1	0.21	0.42	0.04	0.08	0.22	0.01	0.04	0.1
표준편차	0.3	0.4	0.49	0.19	0.28	0.41	0.09	0.19	0.3

네트워크의 연계성이 기존의 연결(linkage)관계를 통해서 구성되는지를 파악하기 위해서 비교연도별 네트워크간 상관분석을 수행하였는데 지식 네트워크의 상관계수를 보면 84년과 87년의 경우 0.831, 87년과 90년의 경우 0.893, 83년과 90년의 경우 0.870 (유의수준 0.05)으로 매우 높은 수준을 보이고 있다. 이는 전반적으로 산업간 지식흐름이 기존의 지식흐름관계를 보다 확대하는 방향으로 강화되고 있음을 의미한다. 즉, 각 산업이 새로운 지식연결관계를 구축하기보다는 기존의 관계를 유지, 확대해 가면서 타 산업의 지식을 흡수하거나 확산되고 있다고 할 수 있다.

5.2.2 지식 네트워크의 구조적 특성 : 이중적 지식흐름구조

제조업의 지식 네트워크의 구조적 특성을 각 시기별 비교를 위한 여러 수준의 기준값(cutoff)에 따라 부분(degree; local), 전체(closeness; global), 매개(betweenness) 중심성 및 중심화 지수를 산출하였다. 다음 <표 2>는 부분 중심성 지수를 세가지 기준값과 각 연도별로 정리한 것이다.

<표 2> 연도/기준값별 부분 중심성 지수(degree centrality index)

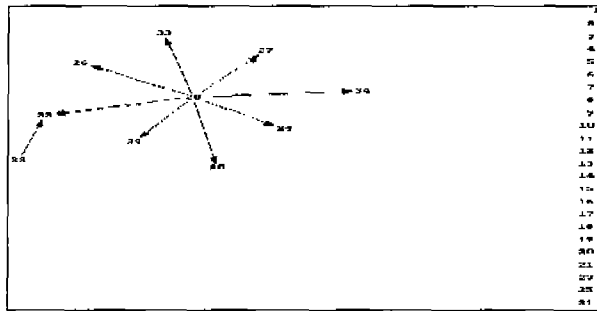
산 업	기준값 : 250				기준값 550				기준값 : 1150					
	84년		87년		84년		87년		84년		87년		90년	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	out	in	out	in	out	in
1	2.00	0.00	10.00	1.00	12.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	16.00	1.00	31.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	4.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	4.00	0.00	9.00	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
5	6.00	0.00	18.00	7.00	21.00	15.00	0.00	0.00	0.00	13.00	3.00	0.00	0.00	10.00
6	7.00	1.00	10.00	5.00	15.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	4.00	0.00	5.00	3.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	2.00	1.00	13.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	3.00	4.00	6.00	11.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	3.00	10.00	6.00	13.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	3.00	0.00	7.00	11.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	6.00	6.00	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	1.00	6.00	6.00	19.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	1.00	0.00	11.00	0.00	21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	6.00	0.00	2.00	0.00	13.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
17	0.00	4.00	0.00	5.00	18.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
18	3.00	3.00	3.00	3.00	10.00	11.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00
19	0.00	7.00	0.00	11.00	10.00	17.00	0.00	1.00	0.00	4.00	0.00	5.00	0.00	4.00
20	0.00	4.00	0.00	10.00	18.00	13.00	0.00	1.00	0.00	2.00	1.00	5.00	0.00	0.00
21	0.00	4.00	1.00	9.00	1.00	17.00	0.00	1.00	0.00	2.00	0.00	8.00	0.00	0.00
22	13.00	8.00	9.00	13.00	23.00	20.00	0.00	3.00	0.00	7.00	11.00	9.00	0.00	2.00
23	0.00	4.00	0.00	10.00	6.00	13.00	0.00	1.00	0.00	4.00	0.00	8.00	0.00	0.00
24	0.00	5.00	14.00	10.00	22.00	12.00	0.00	2.00	0.00	4.00	10.00	7.00	0.00	1.00
25	0.00	6.00	4.00	9.00	1.00	15.00	0.00	2.00	0.00	4.00	0.00	8.00	0.00	0.00
26	5.00	4.00	10.00	8.00	24.00	11.00	0.00	2.00	1.00	2.00	13.00	7.00	0.00	1.00
27	13.00	4.00	15.00	6.00	31.00	11.00	5.00	1.00	9.00	2.00	20.00	6.00	0.00	1.00
28	22.00	6.00	22.00	10.00	32.00	12.00	11.00	1.00	15.00	3.00	28.00	7.00	8.00	0.00
29	11.00	4.00	16.00	6.00	28.00	13.00	0.00	2.00	9.00	2.00	11.00	6.00	0.00	1.00
30	0.00	5.00	10.00	8.00	27.00	18.00	0.00	2.00	0.00	4.00	0.00	8.00	0.00	0.00
31	1.00	5.00	1.00	3.00	1.00	7.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00
32	19.00	4.00	24.00	8.00	30.00	14.00	8.00	0.00	14.00	1.00	27.00	4.00	1.00	0.00
33	11.00	5.00	11.00	8.00	14.00	14.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	4.00	0.00	1.00
34	1.00	6.00	16.00	10.00	23.00	13.00	0.00	2.00	1.00	4.00	10.00	7.00	0.00	1.00
평균	3.35	3.35	6.82	6.82	13.76	13.76	1.29	1.29	2.74	2.74	7.12	7.12	0.26	0.26
중심성지수	5.86	2.26	7.23	3.07	10.68	3.85	3.34	1.36	5.47	1.80	8.91	2.79	3.35	0.50
최소값	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
최대값	22.00	8.00	24.00	13.00	32.00	21.00	15.00	4.00	20.00	8.00	30.00	13.00	8.00	2.00

<표 3> 연도/지수유형별 지식네트워크의 중심화 지수와 중심 산업(기준값 : 1150)

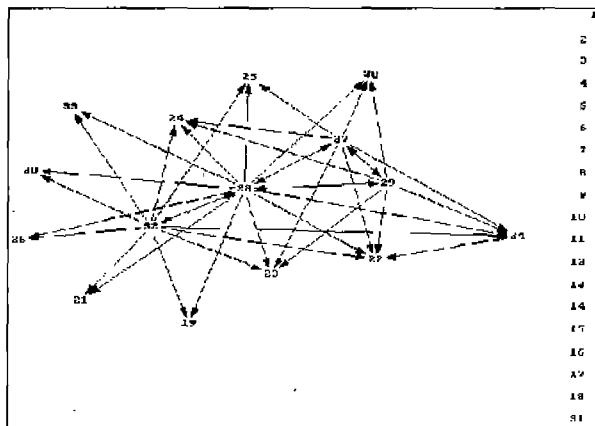
	중심 지수의 유형	중심화 지수값(%)		중심성 지수 상위 산업
		out	in	
84년	Degree	out	24.9	가전, 자동차
		in	5.6	특수기계, 기타수송장비, 정밀기기, 반도체, 컴퓨터
	Closeness	out	1.8	가전, 자동차
		in	0.3	특수기계, 기타수송장비, 정밀기기, 반도체, 컴퓨터
Betweenness	-		-	
87년	Degree	out	41.2	가전, 자동차, 반도체, 영상·음향·통신, 정밀기기
		in	12.2	특수기계, 정밀기기, 공작기계, 컴퓨터, 가전
	Closeness	out	3.8	가전, 자동차, 영상·음향·통신, 반도체, 정밀기기
		in	0.7	특수기계, 정밀기기, 공작기계, 컴퓨터, 산업용 전기기기
Betweenness	1.47		가전, 영상·음향·통신, 자동차	
90년	Degree	out	76.0	가전, 자동차, 영상·음향·통신, 정밀기기, 컴퓨터, 반도체
		in	18.1	특수기계, 정밀기기, 영상·음향·통신, 산전, 반도체, 가전
	Closeness	out	46.7	가전, 자동차, 영상·음향·통신, 정밀기기, 컴퓨터
		in	0.5	고무, 플라스틱, 종이인쇄, 석유정제
Betweenness	9.96		가전, 특수기계, 자동차, 유기무기화학	

<표 3>은 기준값 1150수준에서 중심성 지수별 상위 5개 산업에 대한 중심화 지수를 정리한 것이다.

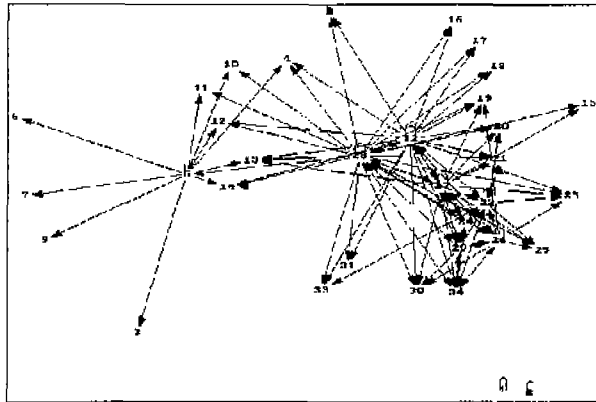
부분 중심성 지수는 지식 네트워크에서 각 산업의 직적접인 연결(지식의 방출: outdegree, 지식의 흡수: indegree)이 이루어지는 산업의 수로 표시된 것으로, 예를 들어 87년 기준값 550에서 28번 가전산업은 18개의 산업으로 가전산업의 지식의 흐름(outdegree)이 이루어지며, 반대로 4개 산업의 지식이 가전산업으로 흐름(indegree)이 이루어지고 있음을 의미한다. 기준값을 올림에 따라서 각 지식흐름행렬(K)의 특성을 용이하게 파악할 수 있다(<표 1> 참조).



(a) 1984년



(b) 1987년



(c) 1990년

<그림 2> 절대량 기준 제조업 지식네트워크의 변화 (기준값 : 1150)

<표 2>, <표 3>에 의하면 전기간 동안 산업지식의 파급에 기여한 산업은 가전(28), 자동차(32), 영상·음향·통신(27), 반도체(29), 정밀기기(34), 컴퓨터(24) 산업 등이다. 특히 가전산업은 80년대 한국 제조업 지식 네트워크의 가장 핵심적인 산업으로, 가전산업을 중심으로 하여 영상·음향·통신산업, 특수산업용기계(22), 반도체 산업이 84년 주변부에서 87년 중심산업으로, 90년에는 핵심지식창출과 확산의 근원산업으로 부상하였다. 지식네트워크 구조상 이들 중요산업의 위계성(hierarchy)은 중심화 지수(out centralization)로 파악할 수 있는데 시간에 따라 그 지수값이 상당한 크기로 증가하고 있다. 이는 중심 6개산업에 대한 다른 산업들의 지식 종속성이 더욱 심화됨을 의미한다. 또한 전체 중심화 지수값과 중심 산업군도 유사한 결과를 나타내고 있는데 이들 중심산업들은 부분적으로 그리고 전체 네트워크의 측면에서 지식의 확산을 주도하는 산업이라 할 수 있다. 특히 90년의 네트워크의 경우 이들 6개 산업과 다른 주변부 산업(14)들의 지식의 방출과 흡수가 상당히 구분된 형태를 나타내고 있다. 이를 네트워크 그래프로 부연 설명하면 다음과 같다. <그림 2>는 기준값 1150에서의 각 시기의 지식네트워크를 그래프로 표현한 것으로 이를 통해 한국 제조업 지식네트워크의 특성을 보다 쉽게 이해할 수 있다. <그림 2>에서 네트워크의 연결구조에 속하지

14) 섬유(2), 나무목재(3), 종이인쇄(4), 화장품(9), 기타 화학(10), 석유정제(11), 유리(16), 시멘트(17), 철강(18), 조선(31), 기타 수송기기(33) 등

못한 산업들이 우측 혹은 하단에 표시되었으며, 연결 구조에 있는 산업들도 그 거리가 멀수록 산업간 관련성이 적음을 의미한다. 1984년 가전(28)을 중심으로 구축된 지식네트워크는 87년 자동차(32), 음향·영상·통신(27), 반도체(29)가 준 중심산업군으로 부상하고, 90년 이들 산업과 더불어 컴퓨터(24), 특수산업용기계(22)가 지식네트워크의 중심산업군으로 확대되었다. 특히, 유기·무기화학(5)산업이 주변부 산업의 하나의 중심산업으로 부상하고 있는데, 유기·무기화학산업의 매개중심지수는 3개 중심산업들 다음으로 큰 값을 나타내고 있다. 이 산업은 중심산업군의 지식(기계·전자·전기산업의 기술지식)을 흡수하여 다른 주변산업(나무목재(3), 염료·도료(6), 비료·농약(7), 화장품(9))으로 파급시키는 지식파급의 매개 역할을 하고 있다.

이상을 종합해 볼 때 시간에 따라 중요 지식창출산업의 지식흐름절대량이 여타 산업에 비해서 급격히 증가하고 있으며, 주변부 산업은 지식의 방출보다는 이들 산업으로부터의 지식을 흡수하는 이중구조(dual structure) 또는 지식네트워크의 양극화현상(polarization)이 심화되고 있음을 알 수 있다. 즉 지식의 절대량 흐름에 따른 제조업의 지식네트워크는 소위 첨단산업을 중심으로한 지식의 창출과 파급의 핵심부문과 이를 흡수·활용하는 주변부 산업으로 특성화된 구조라 할 수 있다.

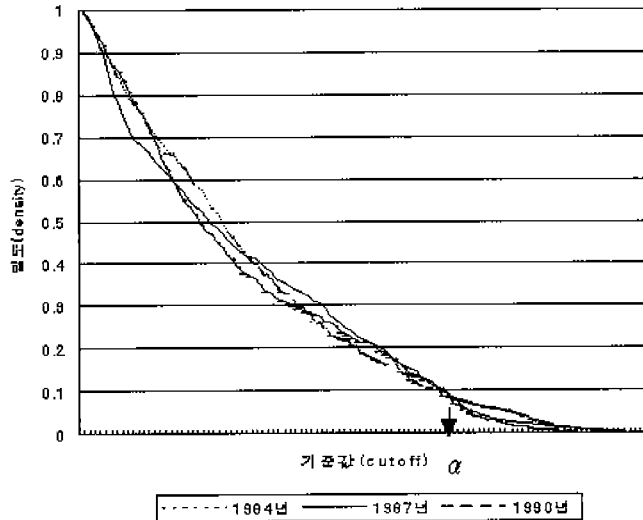
한편, <그림 2 (c)>에서 이들 6개 중심산업간 지식흐름의 강화현상과 공작기계(28), 특수산업용기계(22), 산업용전기(26) 등의 산업들이 중심산업군과의 밀착화 현상은 새로운 산업의 출현과 관련되고 있다. 특히 이러한 측면은 상대적 흐름량 기준에서 보다 극명하게 나타나는 현상이다. 컴퓨터 산업과 영상·음향·통신산업의 기술지식의 융합을 통한 정보통신산업의 성장, 특수산업용기계, 공작기계, 가전, 컴퓨터, 반도체 산업 등과 관련한 메카트로닉스 산업 등이다. 그러나 생명공학산업과 관련하여 의약품산업(8)과 정밀기기, 전기·전자산업간의 지식의 연계는 분석기간 동안 나타나고 있지 않다. 특히 의약품산업은 자체의 지식량이 상당하지만 지식네트워크의 연결구조에서 독립된 모습을 보이고 있는데 이는 다른 산업과의 지식흐름연계가 구축되지 못하고 있음을 의미한다.¹⁵⁾

15) 실지로 의약품 산업의 연구인력의 학문적 배경은 대부분 특정분야로 한정되어 있다.

5.3 상대적 흐름량 기준의 제조업 지식네트워크의 특성(K')

5.3.1 지식 네트워크의 상대적 체계 연계성

특정산업의 지식이 다른 산업으로 확산되는 양의 상대적 크기를 기준으로 하여 산업간 지식흐름구조를 파악하였는데 <그림 3>은 각 기준값/연도별 네트워크의 밀도를 조사한 것으로 각 연도별 기준값의 변화에 따른 밀도의 변화는 매우 유사한 형태를 띠고 있다. 그러나 기준값 수준 $\alpha(=0.07)$ 이상에서 관찰하면 각 밀도는 보다 일관된 형태를 보이고 있다.



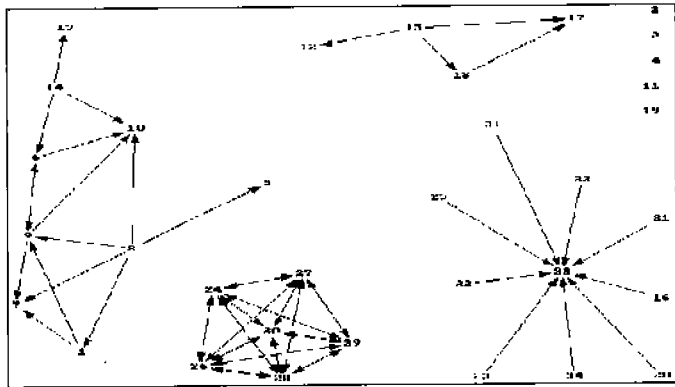
<그림 3> 상대량 기준 각 연도별 기준값(cutoff value)과 밀도(density)

α 이상에서 네트워크의 밀도는 84년, 87년, 90년 순으로 감소하고 있다. 이는 네트워크의 전체 측면에서 연계성이 약화되고 있는 것으로 산업간 지식흐름연결수가 작아지고 있음을 의미하며, <표 4>를 보면 기준값/연도별 연결수의 표준편차가 작아지고 있는데 이는 네트워크의 산업간 연계수의 분포가 시간에 따라 보다 일정해지고 있음을 의미하고 있다. 절대량 기준에서 지식의 흐름량이 증대되고 있는 상황에서 이는 시간이 지남에 따라 특정산업의 연계 산업수가 몇 개의 특정산업으로 좁혀지면서 좀 더 구체화된 연계로 강화되고 있음을 시사하고 있다.

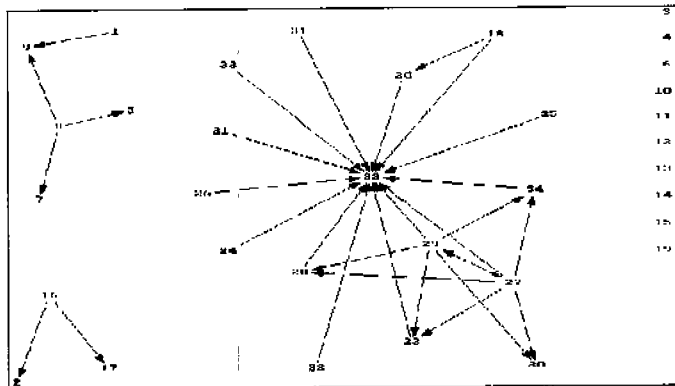
<표 4> 상대량 기준의 지식흐름행렬에서의 밀도와 표준편차

	기준값 : 0.07			기준값 : 0.08			기준값 : 0.09		
	'84	'87	'90	'84	'87	'90	'84	'87	'90
밀도	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
표준편차	0.27	0.26	0.24	0.22	0.16	0.15	0.139	0.13	0.09

5.3.2 지식 네트워크의 구조적 특성 : 구체화된 연계의 강화와 산업지식의 융합화
 절대량 기준의 지식네트워크의 특성과약과 유사한 절차로 상대량 기준의 지식네트워크의 특성 분석을 수행하였다. 즉, 기준값 0.01, 0.07, 0.08, 0.09에서 네트워크의 부분, 전체 중심성 지수와 중심화 지수¹⁶⁾를 산출하고, 지식흐름행렬을 그래프형태로 표현하여 그 구조적 특성을 고찰한다.

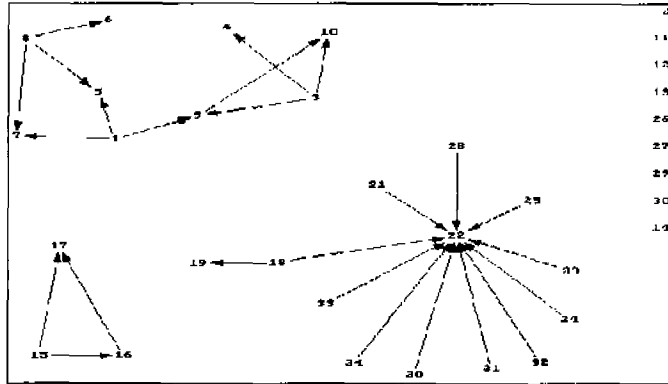


(a) 1984년



(b) 1987년

16) 매개 중심성 지수도 산출하였는데 이 경우 의미있는 결과를 발견하지 못하여 제외시켰음.



(c) 1990년

<그림 4> 상대량 기준 제조업 지식네트워크의 변화(기준값 : 0.08)

<그림 4>는 기준값 0.08에서 한국 제조업의 상대량 기준 지식네트워크의 변화를 연도별로 표현한 것이다. 각 그래프는 절대량 기준의 네트워크와 상당히 다른 모습을 보이고 있는데, 산업간 연계가 각 산업이 다른 산업들로의 흐름량의 상대적 비율을 근거로 하여 기준값 이상일 때 생성되기 때문이다. 1984년의 지식네트워크는 산업기술의 내용과 생산하는 제품의 특성이 유사한 4개의 산업군집이 형성되는데 기계부문(특수산업용기계(22) 중심), 전기·전자부문, 화학관련부문(의약품(8), 화장품(9) 중심), 천연자원관련 산업부문(시멘트(17), 도자기·토기(15), 철강(18))이다. 특히, 이 시기의 괄목할 만한 특성은 전기·전자부문 산업의 완벽한 산업간 연계(compact structure)가 구축되었다는 점이다. 컴퓨터(24), 음향·영상·통신(27), 가전(28), 반도체(29), 산업용전기(26), 기타 전기(30)산업의 지식흐름연계는 80년대 중반 이후 과거 선진국의 기술모방에서 창조적 모방 혹은 기술혁신으로 변화(17)하는 계기를 제공하고 있는 것으로 파악할 수 있다. 이들 4개 산업군집간 지식흐름은 기준값 0.08수준에서는 존재하지 않고 있다. 특히 철강산업을 제외하고는 87년, 90년 네트워크에서도 화학부문과 천연자원 관련 산업부문은 자체 기술지식의 연계의 강화현상만 대두되고 첨단기술산업부문과의 연계는 구축되지 못하고 있다. 정보통신기술 패러다임이 산업기술혁신에 지대한 영향을 미치는 현대산업사회의 상황과 한국 제조업의 연구인력의 상당수가 기계·

17) L. Kim, Imitation to Innovation : The Dynamics of Korea's Technological Learning, Harvard Business School Press, 1996

전자·전자 부문에 편중되고, 지속적인 지식의 성장이 이루어지고 있는 상황에서 볼 때, 화학 관련 부문이나 천연자원 관련 산업부문 그리고 비연계산업부문(섬유(2), 종이인쇄(4), 석유정제(11), 비철금속(19) 등)의 기술지식성장의 둔화는 필연적일 수 있으며 기술경쟁력 약화의 요인이 된다고 할 수 있다.

1987년 네트워크의 경우의 주요 특성은 전기·전자부문과 기계부문의 연계가 구축되었다는 점이다. 반도체, 음향·영상·통신산업과 공작기계(23), 정밀기기(34)의 연계가 그것이다. 이는 절대량 기준으로 고찰한 결과에서 언급한 새로운 산업의 등장 즉, 메카트로닉스산업의 형성과 관련된 것이다. 급진적 기술혁신의 원동력으로 설명되고 있는 기술융합(technological fusion)¹⁸⁾현상(엄밀히 말하면 기술지식의 연계)이 80년대 중반 이후 기술지식의 절대적, 상대적 흐름면에서 진행되고 있음을 암시하고 있다.

1990년의 네트워크는 87년 네트워크의 몇몇 특정산업간의 연계의 강화현상을 볼 수 있다. 즉, 기계부문과 가전(28), 컴퓨터(24)의 연계의 강화는 90년의 두드러진 특성이라 할 수 있다.

이상의 결과를 종합하면, 상대량 기준의 한국 제조업의 지식네트워크는 80년대를 통해 특정산업간의 지식흐름연계구조의 강화와 몇몇 산업의 기술지식의 융합화 현상의 대두로 설명할 수 있다.

5.4 지식흐름에 따른 산업유형

제조업의 지식네트워크는 기본적으로 산업간의 기술지식의 흐름 관계로부터 생성된다. 어떤 산업은 지식의 공급자로서 혹은 사용자로서의 역할을 수행한다. 각 산업의 지식의 창출과 방출 혹은 흡수가 산업별로 상당한 차이를 보이고 있으며, 이는 결국 지식의 공급자와 사용자측면으로 구분될 수 있음을 의미한다. <표 5>는 기술지식의 흐름의 절대량을 기준으로 하여 전체 제조업 34개 산업을 지식방출부문(knowledge-outflow sector), 지식흡수부문(knowledge-inflow sector), 지식매개 산업부문(knowledge intermediary sector)으로 유형화한 것이다.

18) 기술융합과 관련하여 산업간 기술지식의 확산을 고려하여 산업간 융합을 실증·분석한 F. Kodama, "Japanese Innovation in Mechatronics Technology", Science and Public Policy, vol.1.3, 1986, p.p 55-51, 참조

<표 5> 체화기술지식의 흐름에 따른 산업 분류

산업 유형	세부 산업
지식방출 부문 (knowledge-outflow sector)	유기·무기화학(5), 의약품(8), 조립금속(20), 특수산업용기계(22), 사무·서비스기계(컴퓨터 포함)(24), 산업용전기(26), 음향·영상·통신(27), 가전(28), 반도체(29), 자동차(32), 기타 수송기기(33), 정밀기기(34) 등
지식흡수 부문 (knowledge-inflow sector)	식음료(1), 섬유(2), 나무·목재(3), 종이인쇄(4), 유기·무기화학(5), 열료·도료(6), 비료·농약(7), 세정제·화장품(9), 기타 화학(10), 석유정제(11), 석탄제품(12), 고무제품(13), 플라스틱(14), 도자기, 토기(15), 유리제품(16), 시멘트·콘크리트(17), 철강(18), 비철금속(19), 보일러, 터빈(21), 공작기계(23), 기타산업기계(25), 기타 전기기기(30), 조선(31), 정밀기기(34) 등
지식매개 부문 (knowledge intermediary sector)	유기·무기화학(5), 특수산업용기계(22), 가전(28), 자동차(32), 정밀기기(34) 등

부분 중심성 지수 및 전체 중심성 지수를 근거로 하여 지식의 방출부문과 흡수부문으로 유형화하였는데 지식의 방출측면과 흡수측면에서 실질 흐름량의 두 부문간의 차이가 통계적으로 유의하였다.¹⁹⁾ 유기·무기화학(5), 정밀기기(34) 산업은 지식의 방출량과 흡수량이 상당하여 중복하여 분류하였다. 또한, 매개 중심성 지수를 근거로 하여 기술지식의 매개 산업부문을 추출하였다. 지식방출부문은 자체 지식의 창출과 여타 산업으로의 지식흐름량이 지식흡수부문보다 컸으며, 지식흡수부문은 자체의 지식의 창출보다는 지식방출부문으로부터의 지식유입량이 상당히 컸다. 지식매개부문은 여타 산업으로부터의 지식을 유입하고 이를 다른 산업으로 방출하는 지식흐름의 중개역할을 수행한다고 할 수 있다.

지식흐름에 따른 산업의 분류는 각 부문별로 다른 정책수단을 적용하여 전체 제조업에서의 기술지식의 원활한 확산을 촉진할 수 있으며, 이는 결국 개별산업의 기술진보 또는 생산성 향상에 도움을 줄 수 있기 때문에 정책적으로 매우 큰 의미를 갖는다고 할 수 있다.

19) 각 부문의 지식 방출량 및 흡수량을 기준으로 분산분석을 수행한 결과 유의수준 0.01에서 유의한 결과를 얻었음.

6. 결 론

본 논문은 한국 제조업의 산업간 지식의 흐름을 네트워크 구조로 파악하여 80년대를 통한 구조변화의 특성을 파악하였다. 산업간 지식흐름을 측정하기 위해 대응변수로 산업간 유사성 지수를 산출하였는데 그 근거로 산업내 기술연구에 주로 참여하는 연구인력들의 그 학문적 배경을 고려하였다. 이러한 유사성 지수를 이용하여 산업간 기술지식흐름행렬을 비교연도별로 그리고 지식흐름의 절대량과 상대량으로 구분하여 6개의 지식네트워크를 네트워크 분석기법과 통계적 분석을 이용하여 동태적 변화양상과 그 특성을 분석하였다.

분석결과를 살펴보면 첫째, 한국 제조업 지식네트워크가 시간에 따라 구조적인 변화보다는 기존 구조하에서 점진적인 변화 양상을 보이고 있으며, 이는 새로운 지식흐름 연계의 구축보다는 기존의 지식흐름관계를 강화시켜 가는 특성으로 파악될 수 있다.

둘째, 지식의 창출과 흐름량의 급격한 확대가 이루어지고 있으며 이러한 확대는 핵심 산업군을 중심으로 주변 산업군으로 퍼져가는 양상을 띠고 있다. 즉 한국 제조업 전체 측면에서 볼 때, 지식의 창출부(첨단 산업군)와 흡수부(전통적인 산업군)로 구분되는 이중 구조(dual structure)로 변화하는 특성을 보이고 있다.

셋째, 지식흐름의 상대적 크기로 분석한 결과 몇 개의 산업군 연계 구조에서 첨단 산업을 중심으로 산업간, 산업군간의 기술지식의 연계 혹은 융합화 현상이 80년대 중반이후 뚜렷이 나타나고 있다는 점이다. 이는 한국 제조업의 기술·지식연계측면에서 볼 때, 기술융합이라는 선진국의 기술혁신 형태로 변화하고 있음을 시사하고 있다.

넷째, 지식흐름구조의 특성에 따라 세부산업들을 지식방출부문, 지식흡수부문, 그리고 지식매개부문으로 3가지의 유형으로 분류할 수 있었다.

위에서 제시한 분석결과를 토대로 제조업 부문의 기술지식의 확대와 확산 그리고 이를 통한 각 산업의 기술혁신을 제고하기 위한 정책방안을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 제조업의 지식흐름구조의 변화 방향에 따라 정책의 기본 방향도 변화할 필요가 있다. 즉, 지식의 창출중심(혹은 지식공급중심, mission oriented policy) 정책방향에서 확산 지향적(diffusion oriented) 정책 방향이라 할 수 있다. 둘째, 지식흐름의 관

계에 따른 산업부문별 정책수단을 달리 적용할 필요가 있다. 즉, 지식공급부문의 경우 특정기술분야의 지원보다는 공유기술(generic technology) 개발에 직접 투자하는 식의 방법이 한편, 지식흡수부문의 경우 자체연구개발을 직접 지원하는 것보다는 연구개발의 파급이나 매개산업부문을 통한 지식의 확산을 촉진시키는 기술하부구조적 접근 방안이 필요하며 이를 위한 구체적인 기술확산 프로그램의 개발이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 김연섭, 「첨단생산기술 확산정책」, 서울대학교, 박사학위논문, 1997.
2. 박용태 외, 「산업별 기술혁신패턴의 비교분석」, STEPI, 1994.
3. 산업기술진흥협회, 「산업기술개발실태조사」, 1984-1991, 각년도.
4. 삼성경제연구소역(I. Kenichi 저, 1992), 「자본주의의 시스템간 경쟁」, 1995.
5. 이회경, 김정우, “연구개발투자의 산업간 과급효과: 한국제조업에 대한 실증연구”, 「기술혁신연구」, 제4권, 제1호, 1996, 10.
6. E. S. Anderson, “National Systems of Innovation”, in B. A. Lundvall(ed), *National Systems of Innovation - Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter Pub., 1992.
7. A. E. Andersson, D. F. Batten, C. Karlsson(eds), *Knowledge and Industrial Organization*, Springer-Verlag, 1989.
8. D. F. Batten, “The Evolutionary Network Economy: Historical Parallels Europe and Japan”, in B. Johansson, C. Karlsson, L. Westin (Eds.), *Patterns of a Network Economy*, Springer-Verlag, 1994.
9. D. F. Batten, K. Kobayashi and A. E. Andersson, “Knowledge, Nodes and Networks: An Analytical Perspective” in A. E. Andersson, D. F. Batten, C. Karlsson(eds), *Knowledge and Industrial Organization*, Springer-Verlag, 1989.
10. W. Cohen & D. Levinthal, “Innovation and Learning: The Two Faces of R&D”, *Economic Journal*, vol. 99, 1989.
11. P. David, D. Foray, “Interactions in Knowledge Systems: Foundations, Policy Implication and Innovation Policies, Namely for SMEs”, *Science Technology Indusry Review*, no. 16, 1995, pp. 70-102.
12. D. Foray, “The Secrets of Indusry are in The Air: Industrial Cooperation and The Organizational Dynamics of the Innovative Firm”, *Research Policy* 20, 1991, 393-405.

13. C. Freeman, *Technology and Economic Performance : Lessons from Japan*, London, Pinter Publisher, 1987.
14. C. Freeman, "Japan : A New National System of Innovation?", in G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, and L. Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Pub. Ltd., 1988.
15. C. Freeman, "Networks of Innovators: a Synthesis of Research Issues", *Research Policy*, vol. 20, 1991.
16. C. Freeman, "The 'National Systems of Innovation' in Historical Perspective", *Cambridge of Economics*, 19, 1995, pp. 5-24.
17. L. Gelsing, "Innovation and the Development of Industrial Networks", in B. A. Lundvall(eds), *National Systems of Innovation-Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter Pub., 1992.
18. Zvi. Griliches, "R&D and The Productivity Slowdown", *AER*, vol. 70, no. 1, 1980, pp. 92-116.
19. H. Hakansso, *Corporate Technological Behavior Cooperation and Network*, London, Routledge, 1989.
20. Justman & Teubal, "Technological Infrastructure policy (TIP): Creating Capabilities and Building Markets", *Research Policy*, vol. 24, 1994, pp. 259-281.
21. C. Karlsson, "From Knowledge and Technology Networks to Network Technology", in B. Johansson, C. Karlsson, L. Westin(Eds), *Patterns of a Network Economy*, Springer-Verlag, 1994.
22. L. Kim, "National System of Industrial Innovation: Dynamics of Capability Building in Korea", in R. Nelson(eds.), *National Innovation Systems : A Comparative Analysis*, Oxford Univ. Press, 1993.
23. L. Kim, *Imitation to Innovation : The Dynamics of Korea's Technological Learning*, Harvard Business School Press, 1996.
24. K. Kobayashi, A. E. Andersson, "A Dynamic Input-output Model with Endogenous Technical Change", in B. Johansson, C. Karlsson, L. Westin

- (Eds), *Patterns of a Network Economy*, Springer-Verlag, 1994.
25. F. Kodama, "Japanese Innovation in Mechatronics Technology", *Science and Public Policy*, 1986. 2, 44-51.
 26. F. Kodama, *Analysing Japanese High Technologies : The Techno-Paradigm Shift*, Pinter Publisher, 1991.
 27. H. Leonard, N. Lynn, M. Reddy, and John D. Aram, "Linking Technology and Industries: The Innovation Community Framework", *Research Policy* 25, 1996, pp. 91-106.
 28. R. Leoncini, M. A. Maggioni, S. Montessoro, "Intersectorial Innovation Flows and National Technological System Network Analysis for Comparing Italy and Germany", *Research Policy* 25, 1996, pp. 415-430.
 29. B. A. Lundvall(eds), *National Systems of Innovation - Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter Pub., 1992.
 30. B. A. Lundvall, "Innovation An Interactive Process: from User-Producer Interaction to the National System of Innovation", in G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, and L. Soete(eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Pub. Ltd., 1988.
 31. D. Maillat, O. Crevoisier and B. Lecoq, "Innovation Networks and Territorial Dynamics: A Tentative Typology", in B. Johansson, C. Karlsson, L. Westin(Eds), *Patterns of a Network Economy*, Springer-Verlag, 1994.
 32. P. Mohnen, "New Technologies and Inter-Industry Spillovers", *STI Review*, no. 7, OECD, Paris, 1989.
 33. P. Mohnen, "R&D Externality and Productivity Growth", *STI Review*, no. 7, OECD, Paris, 1996.
 34. R. Nelson, "Institutions Supporting Technical Change in the US", in G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, and L. Soete(eds.) *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Pub. Ltd., 1988.
 35. R. Nelson(eds.), *National Innovation Systems : A Comparative Analysis*, Oxford Univ. Press, 1993.

36. R. Nelson(eds.), *Understanding Technical Change As An Evolutionary Process*, Columbia Univ., 1987.
37. J. Niosi and B. Bellon, "The Global Interdependence of National Innovation Systems", *Technology in Society*, vol. 16, no. 2, 1994, pp. 173-197.
38. OECD, *Technology and The Economy; The Key Relationships*, 1992.
39. OECD, *Knowledge-based Economy Industrial Dynamics*, 1996a.
40. OECD, *Technology Diffusion: A Typology of Programs*, 1996b.
41. M. Okumura, K. Yoshikawa, "Measuring Horizontal Inter-Industrial Linkages", in B. Johansson, C. Karlsson, L. Westin(Eds), *Patterns of a Network Economy*, Springer-Verlag, 1994.
42. K. Pavitt, "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and A Theory", *Research Policy* 13, 1984, 343-373.
43. K. Pavitt, "International Patterns of Technological Accumulation", in Hood N. and Jan-Erik Vahlne(eds), *Strategies in Global Competetion*, London, Croom Helm, 1988.
44. M. Polayni, *Personal Konwledge*, Chicago, University of Chicago Press, 1958.
45. W. Riggs, E. V. Hippel, "Incentives to Innovative and the Sources of Innovation: The Case of Scientific Instruments", *Research Policy* 23, 1994, 459-469.
46. N. Rosenberg, *Inside Black Box: Technology and Economics*, Cambridge Univ. Press, 1982.
47. N. Rosenberg, "Critical Issues in Science Policy Research", *Science and Public Policies*, 1990, vol. 18, no. 6.
48. A. J. Scott, *Social Network Analysis : A Handbook*, SAGE Publications, 1991.
49. A. J. Scott, "The Aerospace-electronics Industrial Complex of Southern California : 1949-1960", *Research Policy* 20, 1991, 439-456.
50. M. Storper, "Flesibility, Hierarchy and Regional Development: The

Changing Structure of Industrial Production Systems and Forms of Governance in the 1990s”, *Research Policy* 20, 1991, 407-422.

51. J. M. Utterback, F. F. Suraez, “Innovation, Competition, and Industry Structure”, *Research Policy* 22, 1993, 1-21.
52. S. Wassersman, K. Faust, *Social Network Analysis: Methods And Applications*, Cambridge Univ. Press, 1994.