

# 지식맵을 활용한 IT R&D 유망영역 탐색: 가입자망 분야를 중심으로

## A Study on the IT R&D Emerging Technology Detection through Knowledge Map: Focus on Access Network Field

이 우 형 (Woo Hyoung Lee) 정보통신연구진흥원 선임연구원  
정 지 범 (Ji Bum Jung) 한국의국어대학교 경영학과 박사과정  
이 성 휘 (Seong Hwi Lee) 한국의국어대학교 경영학과 박사과정, 교신저자

### 요 약

본 연구의 목적은 지식맵 상의 연구자 및 정책 입안자에게 문헌의 서지학적 현상에 숨겨있는 과학과 기술의 새로운 연구 트렌드 및 관점의 변화를 시각화하고 제안하는데 있다. 본 연구에서 분석한 분야는 액세스 네트워크(Access Network) 분야로 선정했다. 이 분야를 선택한 이유는 액세스 네트워크가 경제적으로 중요한 분야이고 다양한 분야와의 연관 관계가 높다는 특징이 있기 때문이다. 그리고 서지학적 방법을 사용하여 기술의 근본적인 측면 뿐 아니라 적용까지 측정하는 것이 중요하기 때문이다. 지식맵은 키워드간의 상호 관계와 액세스 네트워크의 하위 분야에 대한 시각화에 유용하다. 설득력이 높은 표현 방법인 시각화 결과는 과거에는 충분히 그 중요성을 인식하지 못했다. 그러나 지식맵은 과학과 정보의 시각화를 위한 새로운 가능성을 열어주고 있으며 지식맵의 결과는 통계 산물 이상의 더 큰 결과를 제공한다. 본 고에서는 액세스 네트워크 영역에 대한 조사자의 도움을 받아 지식맵의 시각적 효과를 탐구하였으며, 효용가치가 높은 결과를 산출하게 되었다.

**키워드 :** 유망기술, 연구개발, 정보분석 방법론, 가입자망

## I. 서 론

21세기 지식기반경제하에서 과학기술경쟁력은 국가경쟁력의 원천이다. 이에 세계 각국은 기존의 기술적 우위를 유지하고 미래의 경쟁에서 계속 살아남기 위해 핵심기술과제를 선정해 연구개발에 박차를 가하고 있다. 이러한 과학기술 경쟁력은 과학기술에 관한 지식의 발전과 패를 같이 한다.

이러한 과학기술지식은 지금까지 인류문명의 2000년 동안 이룩한 과학기술의 중요한 발견과 성과는 지난 100년 간에 이루어진 것이 전체의 60%에 이른다고 한다. 그리고 20세기의 100년 중에서도 지난 20년 간의 성과가 21세기의 80%를 차지한다고 한다. 이처럼 과학기술의 진보는 기하급수적으로 발전하고 있다(문영호, 2004).

이러한 세계적 흐름에 대처하기 위해 정부에서는 과학기술기본계획을 수립하고 2002년부터

2006년까지 신기술분야(IT, BT, NT 등 6T)에 약 13조원을 집중 투자하는 등 각고의 노력을 기울이고 있다. 이렇듯 신기술에 대한 투자가 중대됨에 따라 투자의 방향을 국가전략목표와 시장요구에 부합하도록 일관성을 가지고 설계해야 하며, 특히 효율성을 높일 수 있는 전략을 수립해야 할 것이다. 그러나 새로운 과학기술이 갖는 수많은 과학기술적 가능성과 불확실성이 존재하는 현실에서, 어떻게 유망한 과학기술을 찾아내고 어떻게 이를 육성·발전시킬 것인가에 대한 심각한 고민이 뒤따라야 할 것이다. 이러한 추세에 따라 요즘 국내외적으로 관련 연구가 활발하게 진행되고 있다(이우형, 2005). 그 중에 대표적인 것이 본 연구에서 중점적으로 다루고자하는 과학기술 정보 분석이다.

과학기술의 특징은 복잡하고 서로 다른 학문분야의 서로 다른 지식 도메인으로 구성되어 있고, 상호 관련된 측면이 존재한다는 것이다. 또한 오늘날 과학기술과 관련된 많은 양의 정보가 출판물과 특허에 체화(embedded)되어 끊임없이 증가하고 있다. 그러한 대규모 데이터로부터 구조화된(well-structured) 패턴의 정보를 추출하기 위한 기법을 개발하는 것은 상당한 도전이다.

과학 분야 또는 사회과학분야에서의 개념, 아이디어, 그리고 문제들 간의 연계성을 도식화할 수 있도록 하는 것은 매우 중요하며, 이러한 도식화를 위해 몇 가지 방법이 시도되어졌다. 과학 연구와 과학정책에서 사용되어진 전통적인 방법은 상대적으로 소수 전문가들의 견해를 구하는 방법(Peer Review)이었다(Law and Whittaker, 1992). 그러나 이 방법은 여러 가지 방법론상의 한계가 드러나 최근 그 활용에 많은 논란을 야기하고 있다. 이에 과학기술 정보 분석 연구 또는 서지분석은 정량적 측면에서 이러한 작업을 수행하기 위한 또 다른 방법이다.

서지분석은 비교적 생소한 분야로 과학문헌에 계량서지학을 적용시킴으로써 일정한 패턴을 찾아내고 설명하는데 중점을 두고 있으며 원천

으로는 서지학 데이터베이스를 주로 사용하였다. 풍부한 서지학 자료들은 서지분석의 몇몇 관점을 지식검색과정과 데이터 마이닝(data-mining)으로 변모시켰다. 또한 서지분석의 또 다른 분야인 도메인 시각화(domain visualization)는 아직까지 거의 발전이 이루어지지 않은 연구 분야이다. 이는 전체 지식영역을 하나의 분석단위로 취급하던 전통적인 영역분석에서 파생된 분야이다. 도메인 시각화에서는 지식영역의 구조와 원동력을 탐색하여 연구하고 개발하는 과정에서 정보 시각화(information visualization)의 역할을 매우 강조하고 있다. 장래성 있고 주목을 끌고 있는 트렌드는 철학, 사회학, 서지분석학, 정보시각화, 영역분석 등의 여러 전문분야에 걸친 시너지를 통해 그 형태를 잡아가기 시작했다.

혁신주도형 경제와 과학기술정책의 패러다임변화에 따라 우리나라는 과거의 추격적 전략(catch-up strategy)을 포기할 수는 없지만 동시에 선택과 집중(selection and integration)으로 원천기술을 확보해야 하는 단계에 이르고 있다. 단순한 과학기술의 추적보다는 국가적 아젠다에 맞춘 전략적 지식의 창출과 혁신시스템(innovation system)의 구축이 필요하다(오세정, 이달곤, 2004). 또한 연구개발사업 자체는 많은 국가예산을 요하는 것일 뿐만 아니라 과학기술 및 경제사회 전반에 미치는 파급효과가 크기 때문에 어떤 사업을 육성할 것인가를 결정하거나 사업의 개시여부 등을 결정할 때 최대한 신중하고 객관적인 접근이 필요하다.

이러한 요구에 부합하기 위해 많은 학자 및 연구원들이 객관적인 연구방법들을 통해 이를 찾아내려는 시도들이 많았다. 이에 본 연구에서는 이러한 취지하에 유망 기술영역을 찾아내는 노력이 필요하며 이러한 노력의 일환으로 과학기술 정보 분석 방법론을 통한 유망 기술영역 도출에 관해 논하고자 한다.

본 연구를 수행함에 있어 정보 분석을 통한 유망 기술영역 도출 방법론을 제시하기 위해 관

런 이론연구를 추진하고 도출된 방법론의 타당성을 확보하기 위해 실증분석을 병행하여 추진하였다.

먼저, 이론연구를 수행하기 위해 이 분야 전문가들과의 토론 및 학습을 통해 본 연구의 결과를 도출하는데 가장 적합한 선진 이론들을 발굴하는 것이다. 다음으로 실증연구를 수행하기 위해 가입자망(Access Network) 분야를 선정하여 이 분야의 유망 기술영역을 도출하였다. 이를 위해 이 분야의 전문가들과 분석결과를 토론하고 가장 이상적인 결론을 도출하였다.

## II. 지식맵의 정의 및 구축 프로세스

### 2.1 지식맵의 정의

16세기 초부터 지금까지 계속 발전하여 우리는 과학기술분야에서 최신의 정량적 도구가 상당히 증가하는 것을 보았다. 통계청, UNESCO, OECD 그리고 유럽연합 등은 조직차원에서 과학기술의 발전에 관한 데이터를 조직적으로 수집하기 시작한 주요한 예이다. 중요한 이정표(milestone)는 OECD 'Frascati Manual' 제 1 이슈(OECD, 1963)이다. 이 편람은 과학기술 활동들을 측정·조사하기 위한 실천표준을 개발하는데 공헌했으며, 동시에 이 데이터의 폭발적인 증가와 상당히 관련이 있다. 현재 과학에 대한 정량적 평가는 영향력을 얻고 있다. 과학사 연구의 한 장르로서 과학발전의 정량적 접근방법인 'scientometrics'는 확실히 새로운 것은 아니다. 주목할 만한 초기 연구는 "Histoire des sciences et des savants depuis deux siecles"로, 저자인 Alphonse de Candolle(1873)는 과학적 연구회의 회원들에 의해 국가차원에서 과학적 강도의 변화를 설명했다. 그리고 그는 국가과학의 성공을 위한 모든 종류의 '환경적 요인'(심지어 독신주의자의 역할까지도 포함되어 있다)을 찾으려고 노력했다. 이후에 Lotka(1929)는 화학연구자들의 생산성에 관

한 그의 유명한 연구를 출판했다. 여기에서 scientometrics를 'bibliometrics'와 명확하게 구분하고 있다.

과학의 역사와 철학에서 이루어진 연구 특히 Kuhn(1962)의 과학진화구조론, Thagard(1992)의 개념적 진화론, Crane(1972)의 "보이지 않는 대학"은 일반 과학자들뿐만 아니라 정보과학자들 세대에 큰 영향을 끼쳤다. 과학 패러다임의 추적(tracking) 개념은 이러한 영향에서 파생되었다. 이러한 수많은 노력 가운데 가치 있는 두 가지 연구가 있다. 하나는 인용분석을 통한 매핑 과학에 있어 ISI의 Small and Garfield(1974)의 연구이다. 또 다른 하나는 유명한 동시단어분석을 이용하여 과학문헌들의 변화를 추적한 Callon *et al.* (1986)의 연구이다. 사실 그들은 동시단어분석을 더욱 광범위한 과학 분야에 적용될 수 있도록 설계하였다. 오늘날 새로운 추세는 과학 프론티어의 원동력을 더욱 강조하고 다음과 같은 질문에 해답을 주기 위해 노력하고 있다. 과학적 논쟁에 있어 주요 이슈는 무엇인가? 유행하고 있는 이론의 진화에 공헌한 것은 무엇인가? 패러다임의 이동 과정을 어떻게 시각화할 것인가? 과학 분야에서 어떤 패러다임이 사라지고 어떤 패러다임이 도래하고 있는가? 과학 영역을 시각화하는 가장 적절한 방법은 무엇인가?

이렇게 과학을 총체적으로 측정하고 연구하는 전통적인 추세 가운데서 과학의 미개척분야로서의 매핑은 이제까지 전례가 없었던 전환을 겪고 있는 중이다. 과학을 과학 그 자체에 적용하기 위해 우리는 과학적 활동의 본질인 과학 철학과 사회학을 이해할 필요가 있다. 과학에 대한 이해는 과학 분야의 시각화와 함께 시작되었으며 이는 현대 과학자들이 일상의 연구에서 수행하고 있는 일이 본질적으로 시각화하고, 해석하고, 설명하는 일이라는 것을 보여주고 있다. 우리는 과학영역을 시각화하기 위해 어떠한 은유법을 사용할 수 있을까? 지식영역의 시각화를 위한 우리의 탐색과정은 물리적 세계에서 육

지와 전체 현상의 매핑, 개념지도 작성법과 과학 문헌의 지식구조, 과학영역의 원동력을 표현한 통계적 묘사와 지식맵으로 부터 출발한다(이우형, 2005).

## 2.2 지식맵 구축 프로세스

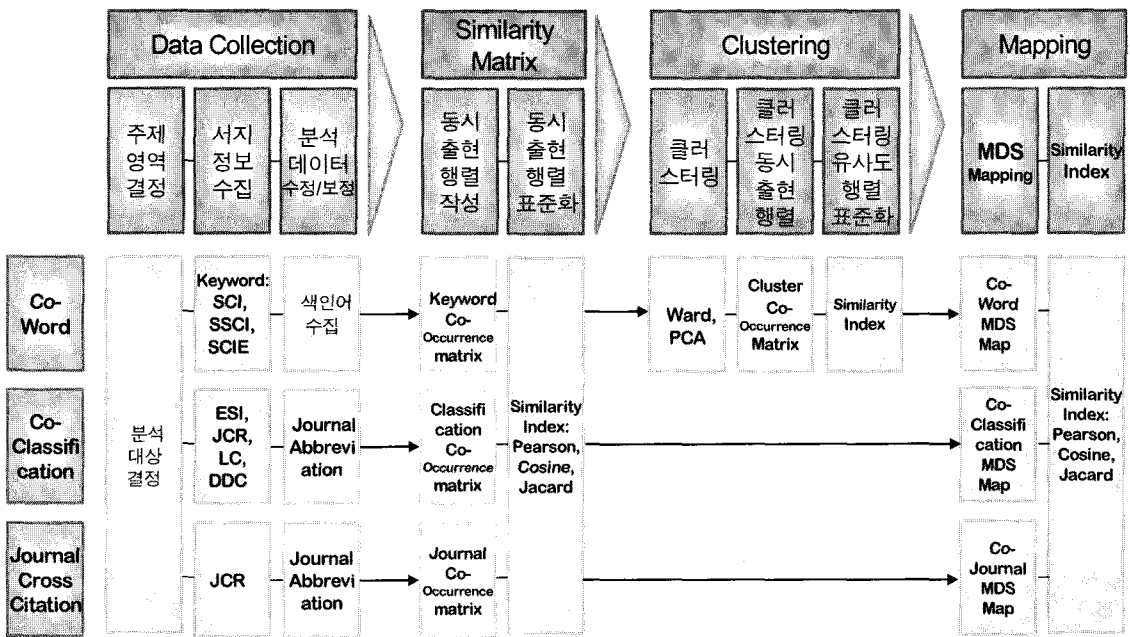
연구 분야 혹은 학문분야의 발전 상태를 통찰하는 방법 중 하나로 그 분야 연구자들에 의해 발행된 문헌들을 고찰하는 방법이 있다. 문헌들을 분석하고 계산하는 수많은 방법 중 아마도 데이터의 본질을 밝히는 가장 좋은 방법은 그 문헌 내에서 연구자들이 사용한 키워드를 관찰하는 방법일 것이다. 이전 문헌들의 키워드를 통해 우리는 현재 사용되고 있는 아이템뿐만 아니라 이를 처음 사용한 시기까지 알 수 있다. Science Citation Index(SCI)와 Social Sciences Citation Index(SSCI) 등과 같은 문헌 DB에 키워드들이 대량으로 쌓이게 되면 그 집합패턴을 분석하여 논

문에 의해 상징된 연구분야의 증대관심사를 밝혀낼 수 있다. 이것이 이전 시기의 문헌들을 통해 현재 개념적 프레임워크를 파악할 수 있는 방법이다. 지식맵 구축을 위한 프로세스는 <그림 1>과 같다.

## III. 연구 프레임워크

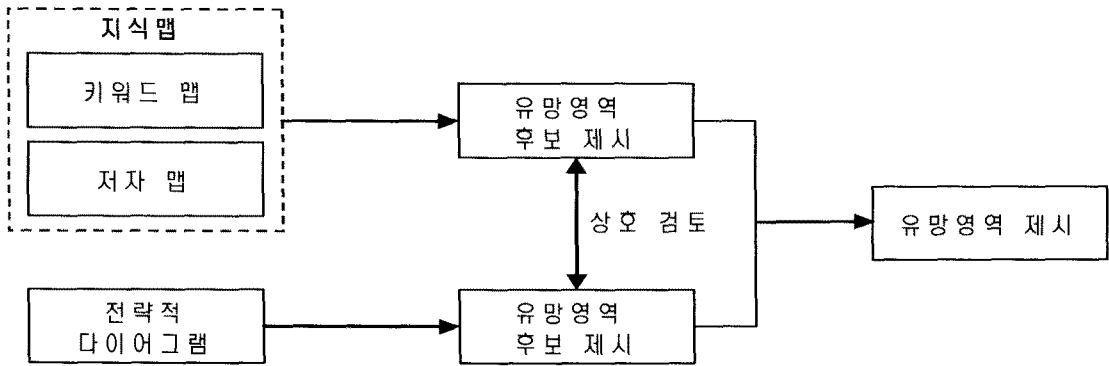
본 연구에서 유망 영역을 도출하기 위해 이용되는 정보 분석 방법은 지식맵과 전략적 다이어그램 등 크게 두 가지를 이용하였다.

먼저, 지식맵은 본 연구에서 제시하는 가장 근원적 방법론으로 여기에서는 키워드맵과 저자맵 등 두 가지 지식맵을 작성하였다. 키워드맵에서는 분석대상 키워드 분석을 통해 도출된 결과를 기반으로 맵을 작성하는 것으로 이것은 다시 연도를 중심으로 구간을 나누어 분석하였다. 이를 통해 연도별로 새로 등장한 키워드와 소멸된 키워드를 분석함으로써 분석대상분야의 연구동



자료원: 이우형, 2007.

<그림 1> 지식맵 구축 프로세스



〈그림 2〉 연구 프레임워크

향을 파악할 수 있다. 저자맵에서는 분석대상 키워드 분석을 통해 도출된 저지사항을 통해 해당 키워드를 작성한 저자의 특성을 분석하는 것이다. 저자맵은 국가별, 연도별로 나누어 분석하는데, 이를 통해 특정 국가의 연도별 연구자 동향을 파악할 수 있다. 이 때 사회 네트워크 분석(Social Network Analysis)에서 이용되고 있는 중앙성(Centrality)과 사이 중앙성(Between Centrality) 지표를 이용하여 각 키워드들의 특성을 아울러 분석하였다. 이렇듯 키워드맵과 저자맵 분석을 통해 분석대상분야의 연구흐름을 다각적으로 분석함으로써 향후 유망할 것으로 판단되는 연구 아이템을 도출할 수 있을 것이다.

다음으로, 전략적 다이어그램(Strategic Diagram)을 통해 유망영역을 탐색하는 것이다. 이는 Porter(1999)가 제안한 방법론으로써, 현재 정보 분석 방법론 구축의 선두 주자인 미국 조지아 공과대학에서 활발하게 적용하고 있다. 이 전략적 다이어그램도 기본적으로 키워드를 기반으로 하며, 논문건수와 논문성장률 등과 같은 두 가지 축을 중심으로 구축된다. 이 때 논문건수는 많고 논문성장률이 낮은 키워드는 이미 분석대상분야에서 연구가 활발하게 진행되고 있다고 해석할 수 있고, 반면에 논문건수는 적지만 논문성장률이 높은 키워드는 분석대상분야에서 향후 유망한 아이템이라고 해석할 수 있다.

마지막으로, 이렇게 지식맵과 전략적 다이어그램을 통해 도출된 유망영역 후보군을 기반으로 두 가지 분석에서 모두 유망영역이라고 분석된 아이템들을 최종 유망영역으로 제시하는 것이다.

#### IV. 가입자망 분야 유망 기술영역 탐색

##### 4.1 지식맵 작성 및 지표 분석

###### 4.1.1 데이터 수집

가입자망(Access Network)기술에 대한 연구 주제 선정방법론을 실제 적용하기 위해 제일 먼저

〈표 1〉 검색 키워드 및 건수

검색 키워드	건수
Access Network	812
Optical Network	1199
Broadcasting Convergence	2
Mobile Convergence	22
High Speed Digital Modem	0
Active Optical Network	1
Passive Optical Network	258
FMC(Fixed Mobile Convergence)	16
MMC(Mobile Mobile Convergence)	1
ROF(Radio over Fiber)	188
Overlay Broadcasting Convergence	0
Internet Protocol Broadcasting Convergence	0

할 작업은 분석 자료를 수집하는 것이다. 분석 자료는 논문과 특허가 대표적이며, 본 연구에서는 논문만을 분석대상으로 선택하였다.

논문분석을 위해 1993년부터 2006년까지의 논문이 수록되어 있는 SCIE 버전을 이용하였다. 그리고 가입자망기술과 관련된 키워드를 정보통신연구진흥원 내 관련 PM실과 협의하여 범위를 만들었다. 범위를 만들고 이들 검색 키워드들을 대상으로 검색한 결과 (<표 1>)과 같이 검색되었고, 협의를 통해 최종 분석에는 Access Network 키워드 검색 결과만을 사용하기로 하였다.

Access Network라는 키워드 분석 결과, 추출 문헌 (824편)으로부터 저자 키워드 1,694개 선정하였다. 이러한 각각의 논문들로부터, SCI와 SSCI의 색인가들에 의해 추가되어진 키워드들뿐만

아니라, 제목과 초록에서 중요한 키워드들을 직접 추출해 내었다. 색인가들에 의해 추가되어져거나 주제나 초록으로부터 선택되어진 모든 키워드들을 일관성(단수/복수)있고, 통일성(동의어)을 가지며, 명백(동음이의어)하게 만들기 위해 LISA 시소러스, LCSH와 Information Technology Terms의 시소러스(컴퓨터에 기억된 정보의 색인)를 사용하여 표준화 하였다.

단어빈도가 한 번이나, 두 번 정도인 단어들은 그들의 넓은 의미의 용어로 병합되어졌다. 단어의 빈도가 한 번이나, 두 번인 단어들 중, 넓은 의미나 비슷한 용어가 리스트에 없는 경우에는 그 단어를 무시하였다. 최종적으로, 빈도가 5번 이상인 176개의 키워드들이 동시단어분석의 연구샘플로 선택되어졌다.

<표 2> Access Network 분야 동시단어출현 매트릭스

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	...
[1]	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
[2]	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	...
[3]	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	...
[4]	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	...
[5]	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	...
[6]	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	...
[7]	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	...
[8]	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	...
[9]	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	...
[10]	0	1	0	0	0	0	0	0	0	22	0	...
[11]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	...
[12]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
[13]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
[14]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	...
[15]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
[16]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
[17]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
[18]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
[19]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

주) 1) 3G, 2) 3GPP, 3) AAA, 4) ad hoc network, 5) ALGORITHM, 6) ALGORITHMS, 7) approximation algorithms, 8) architecture, 9) asynchronous transfer mode, 10) ATM, 11) ATM network, 12) backbone network, 13) bidirectional transmission, 14) broadband, 15) broadband access network, 16) broadband service, 17) broadband wireless access network, 18) burst-mode, 19) business model

4.1.2 유사도 행렬 작성

같은 간행물 내에서 함께 발생하는 수를 계산하기 위해 특별히 구축되어진 MS-SQL 프로그램이 사용되어졌다. 이리하여 176×176 키워드들의 동시발생 매트릭스를 형성하였다. 키워드 X와 키워드 Y의 셀에는 X와 Y의 동시발생빈도를 넣었다. 대각선으로 처리된 셀 값은 손실값으로 처리하였다.

이렇게 만들어진 동시출현행렬 매트릭스는 각 키워드 쌍의 유사성과 비유사성을 보여주는 Co-sine 계수를 이용한 상관 매트릭스로 변형되어졌

다. 즉, 동시출현행렬 매트릭스를 기반으로 동시출현행렬을 표준화하였다<표 3>.

4.1.3 매핑

계속해서, 각 클러스터에서 높은 빈도를 갖는 키워드들이 그 클러스터를 대표하기 위해 선택되어졌고, 전반적 도식은 정보보안 영역의 13개 클러스터들의 전반적인 위치를 표현하기 위해 다차원척도법(MDS: MultiDimensional Scaling) 기술을 이용하여서 완성되어졌다.

각 클러스터들로 정렬되어진 MDS 맵 들을 생

<표 3> 표준화한 동시출현 행렬

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	.....
[1]	1	0.107	0	0	0	0	0	0	0	0.047	0	.....
[2]	0.107	1	0	0	0	0	0	0	0	0.292	0	.....
[3]	0	0	1	0.121	0	0	0	0.149	0.062	0.052	0.060	.....
[4]	0	0	0.121	1	0	0	0	0.108	0	0.081	0.117	.....
[5]	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	.....
[6]	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.008	0	.....
[7]	0	0	0	0	0	0	1	0.034	0.057	0.028	0	.....
[8]	0	0	0.149	0.108	0	0	0.034	1	0.037	0.043	0.036	.....
[9]	0	0	0.062	0	0	0	0.057	0.037	1	0.020	0	.....
[10]	0.047	0.292	0.052	0.081	0	0.008	0.028	0.043	0.020	1	0.040	.....
[11]	0	0	0.060	0.117	0	0	0	0.036	0	0.040	1	.....
[12]	0	0	0	0	0	0.044	0.052	0.034	0	0.019	0	.....
[13]	0	0.077	0	0	0	0.040	0	0	0.102	0.025	0	.....
[14]	0.129	0.239	0	0.047	0	0.019	0.022	0	0.048	0.339	0	.....
[15]	0	0	0.070	0.169	0	0	0	0.041	0	0.058	0.067	.....
[16]	0	0.104	0	0	0	0.054	0	0	0	0.023	0	.....
[17]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.....
[18]	0	0	0	0	0.072	0	0	0	0	0	0	.....
[19]	0	0.048	0.064	0.125	0	0	0	0.076	0.064	0.010	0	.....
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

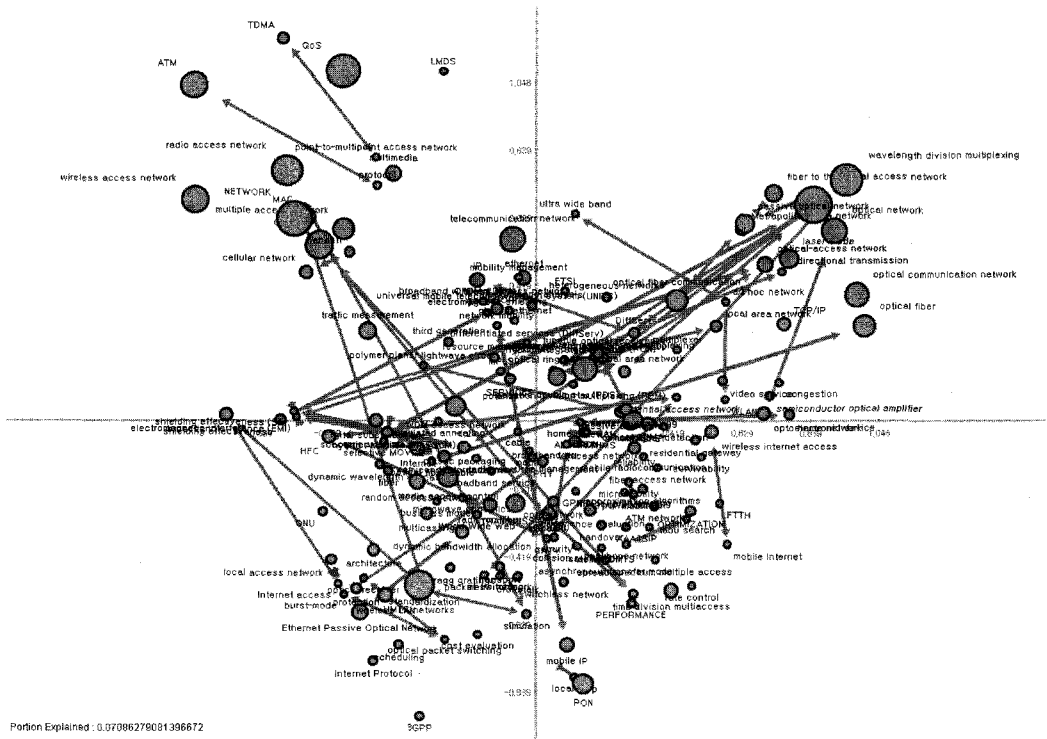
주) 1) 3G, 2) 3GPP, 3) AAA, 4) ad hoc network, 5) ALGORITHM, 6) ALGORITHMS, 7) approximation algorithms, 8) architecture, 9) asynchronous transfer mode, 10) ATM, 11) ATM network, 12) backbone network, 13) bidirectional transmission, 14) broadband, 15) broadband access network, 16) broadband service, 17) broadband wireless access network, 18) burst-mode, 19) business model

성하기 위해서, 한 클러스터 내의 모든 키워드들은 변수들의 집단으로 선택되어졌고, 2차원 맵을 얻어내기 위해 MDS가 적용되어졌다. 이런 식으로 176개의 단어별로 정렬되어진 176개의 MDS 맵 들은, 관계하고 있는 키워드들의 특유한 관계를 보여준다. 먼저 각 분야의 전반적인 구조를 산출한다(일반적인 전체도).

176 × 176 매트릭스의 행렬 데이터는 176-Vector를 기반으로 한 근접도를 찾아내기 위해 재측정된다(Cosine coefficient). 다시 말하면, 두 단어 간의 유사성을 두 단어가 같은 매트릭스에서 다른 모든 아이템들과 가지는 모든 동시발생빈도를 기반으로 재계산되어진다는 것이다. 따라서 높은 Cosine 계수를 가지는 단어들은 지도에서 같은 위치에 자리하고, 지도에 함께 위치하고 있는 이러한 단어들은 전체 매트릭스 내의 동시발생 분석표에서 높은 유사성을 가지고 있다.

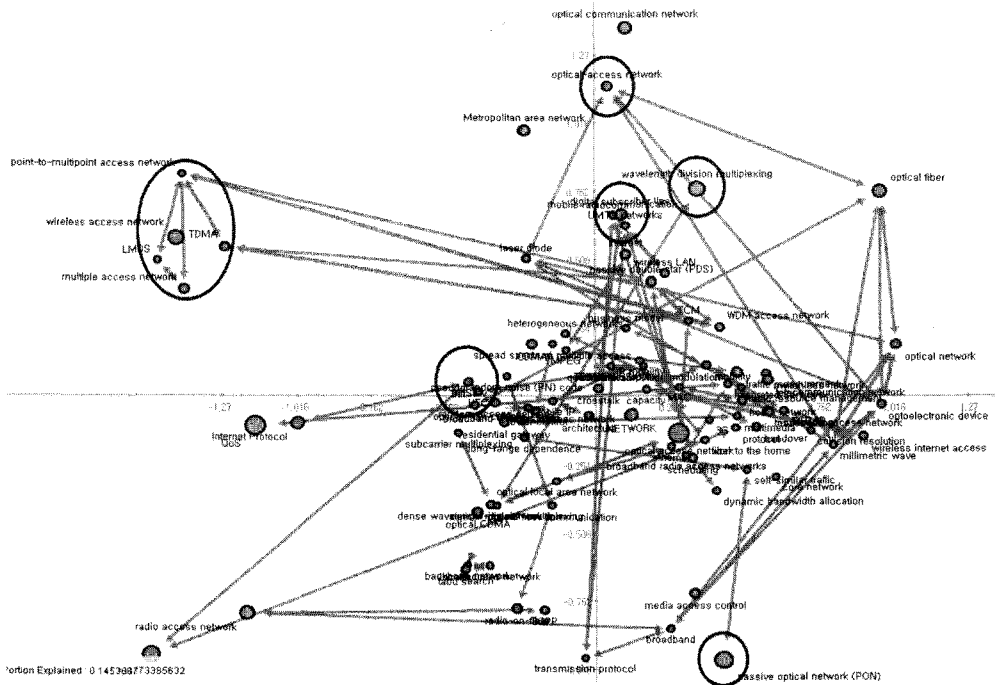
하나의 클러스터는 서로 다른 두 가지 방법으로 정의되어질 수 있다. 첫째로, 클러스터의 위치에 의해 특징지어진 일반적 네트워크의 한 시점으로 보여 질 수 있는데, 이는 일반적인 네트워크 내에서 다른 점이나 클러스터들이 연결된 묶음들의 단위에 의해 대변될 수 있다. 두 번째로, 각 단어들 간의 연결들로 구성되어진 하나의 클러스터처럼 보일 수 있다. 이는 자체 네트워크 밀집도의 높고 낮음, 즉 응집도와 강도들의 높고 낮은 정도에 의해 정의되어진다(Callon et al., 1991).

지도에서 보이는(<그림 3>, <그림 4>, <그림 5>) 두 단어간의 실선은 Proximity 지수가 0.5이상의 값을 가지는 높은 상관성을 나타낸다. 이러한 연결들은 상관성에 관한 정보가 그 위치에 의해 이미 나타나 있다는 점에서 매우 흥미롭다고 말할 수 있다.

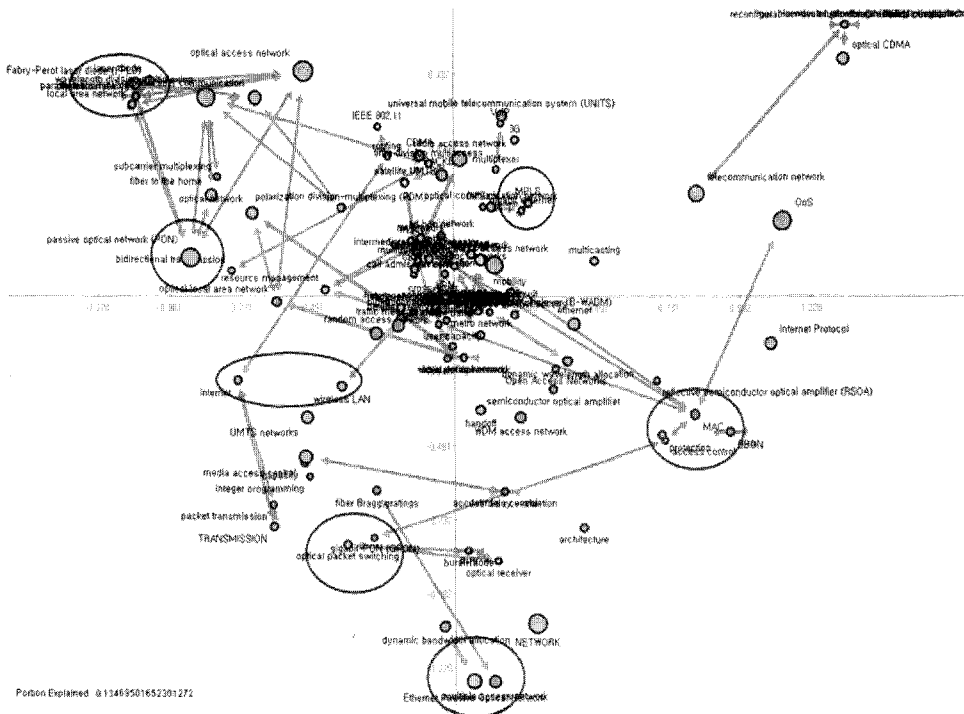


<그림 3> 전체 지식맵(1993년~2006년)





<그림 4> 2000년~2003년 지식맵



<그림 5> 2004년~2006년 지식맵

이렇게 분석된 지식맵을 기반으로 Access Network 분야를 설명하면 다음과 같다.

- PON이 2003년 맵에는 진화하지 않았지만 2006년 맵에는 Ethernet-PON과 Gigabit-PON으로 분화되어 나타났다.
- 2003년 맵에 보였던 xDSL이 2006년 맵에는 보이지 않고 있다. 이는 xDSL이 FTTH로 진화되고 있는 과정으로 판단된다. 참고로 이 맵에 의하면 FTTH는 2006년에 처음 등장했다.

- 2003년 맵에 중심개념 중 하나였던 HFC는 2006년 맵에 나타나지 않았다. 이는 다른 형태의 기술로 진화중인 것으로 판단된다.
- WDM에 관련된 키워드들이 2003년 맵에 비해 2006년 맵에 상당히 다양해지고 있음으로 알 수 있다.

#### 4.1.4 지표 분석

지표분석은 중앙성(Centrality)과 사이 중앙성(Between Centrality) 등 크게 두 가지 분석을 실

〈표 4〉 2000년~2003년 중앙성 분석 결과

순위	키워드명	순위	키워드명
1	QoS	26	transmission protocol
2	ATM	27	broadband access network
3	radio access network	28	core network
4	optical access network	29	HFC
5	TDMA	30	Internet
6	optical fiber	31	passive double star(PDS)
7	optical network	32	scheduling
8	passive optical network(PON)	33	traffic measurement
9	telecommunication network	34	WDM access network
10	wavelength division multiplexing	35	3GPP
11	point-to-multipoint access network	36	DiffServ
12	Internet Protocol	37	digital subscriber line
13	Metropolitan area network	38	ethernet
14	multiple access network	39	home network
15	NETWORK	40	media access control
16	optical communication network	41	mobile radiocommunication
17	broadband	42	optical fiber communication
18	LMDS	43	optical local area network
19	optical-access network	44	subcarrier multiplexing
20	optoelectronic device	45	TCM
21	radio-on-fiber	46	architecture
22	wireless access network	47	backbone network
23	laser diode	48	crosstalk
24	millimetric wave	49	dense wavelength-division multiplexing
25	mobility	50	handover

시하였다. 또한 가장 의미 있는 분석결과를 도출할 수 있도록 분석기간을 2000년~2003년과 2004년~2006년 두 기간으로 나누어 분석하였다.

**가. 2000년~2003년 지표분석**

**1) 중앙성 분석**

중앙성이란 분석대상분야에서 가장 중심이 되는 주제를 의미하는 것으로, 분석결과 QoS, ATM, radio access network, optical access network 등이 중앙성이 높은 것으로 나타났다(<표 4>).

**2) 사이 중앙성 분석**

사이 중앙성이란 분석대상분야에서 다른 연

구주제들 사이에 브로커 역할을 하는 정도를 의미하는 것으로, 분석결과 QoS, ATM, passive optical network(PON), radio access network 등이 사이 중앙성이 높은 것으로 나타났다(<표 5>).

**나. 2004년~2006년 지표분석**

**1) 중앙성 분석**

분석결과 optical access network, QoS, passive optical network(PON) 등이 중앙성이 높은 것으로 나타났다(<표 6>).

**2) 사이 중앙성 분석**

분석결과 optical access network, QoS, NETWORK

<표 5> 2000년~2003년 사이 중앙성 분석 결과

순 위	키 워 드 명	순 위	키 워 드 명
1	QoS	26	Internet
2	ATM	27	media access control
3	passive optical network (PON)	28	optoelectronic device
4	radio access network	29	transmission protocol
5	optical access network	30	optical network
6	NETWORK	31	crosstalk
7	digital subscriber line	32	mobility
8	Internet Protocol	33	TCP/IP
9	telecommunication network	34	ethernet
10	wavelength division multiplexing	35	broadband access network
11	TDMA	36	traffic measurement
12	multiple access network	37	WDM access network
13	optical fiber communication	38	broadband
14	radio-on-fiber	39	home network
15	Metropolitan area network	40	optical CDMA
16	optical communication network	41	subcarrier multiplexing
17	HFC	42	CDMA
18	optical fiber	43	multimedia
19	architecture	44	3GPP
20	point-to-multipoint access network	45	broadband radio access networks
21	handover	46	core network
22	spread spectrum multiple access	47	long-range dependence
23	DiffServ	48	radio resource management
24	scheduling	49	wireless internet access
25	wireless access network	50	backbone network

〈표 6〉 2004년~2006년 중앙성 분석 결과

순위	키워드명	순위	키워드명
1	optical access network	26	universal mobile telecommunication system(UNITS)
2	QoS	27	dynamic bandwidth allocation
3	passive optical network(PON)	28	gigabit-PON(GPON)
4	wavelength division multiplexing	29	injection locking
5	NETWORK	30	Internet
6	telecommunication network	31	multiple access network
7	media access control	32	optical local area network
8	radio access network	33	parallel transmission
9	wireless access network	34	photonic network
10	Internet Protocol	35	ultra wide band
11	ethernet	36	wireless LAN
12	MAC	37	bidirectional transmission
13	PACKET	38	burst-mode
14	Ethernet Passive Optical Network	39	CDMA
15	Fabry-Perot laser diode(FPLD)	40	cellular network
16	laser diode	41	dense wavelength-division multiplexing
17	local area network	42	metal-semiconductor-metal(MSM) photodetector
18	optical CDMA	43	MPLS
19	optical network	44	multicasting
20	traffic measurement	45	optical fiber communication
21	fiber to the home	46	PHY
22	handoff	47	reconfigurable wavelength-division multiplexing network
23	mobile IP	48	tunable filter
24	optical communication network	49	tunable optical receiver
25	optical packet switching	50	UMTS networks

〈표 7〉 2004년~2006년 사이 중앙성 분석 결과

순위	키워드명	순위	키워드명
1	optical access network	26	CDMA
2	QoS	27	WLAN
3	NETWORK	28	IEEE 802.11
4	telecommunication network	29	Internet
5	wireless access network	30	optical CDMA
6	passive optical network(PON)	31	semiconductor optical amplifier
7	wavelength division multiplexing	32	cellular network
8	radio access network	33	laser diode
9	mobile IP	34	multimedia
10	PACKET	35	gigabit-PON(GPON)
11	media access control	36	optical network
12	resource management	37	ultra wide band

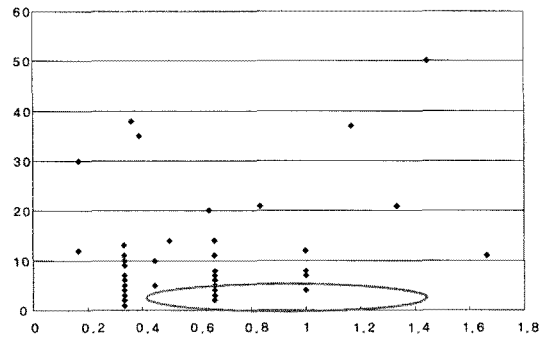
<표 7> 2004년~2006년 사이 중앙성 분석 결과(계속)

순 위	키 워 드 명	순 위	키 워 드 명
13	Internet Protocol	38	broadband access network
14	ethernet	39	dynamic bandwidth allocation
15	multiple access network	40	mobile ad-hoc networks
16	universal mobile telecommunication system(UMTS)	41	VPN
17	traffic measurement	42	architecture
18	wireless LAN	43	fiber to the home
19	Ethernet Passive Optical Network	44	multicasting
20	handoff	45	optical local area network
21	UMTS networks	46	optical packet switching
22	dynamic wavelength allocation	47	WDM access network
23	random access network	48	fiber Bragg gratings
24	MAC	49	multiplexer
25	micromobility	50	optical communication network

등이 중앙성이 높은 것으로 나타났다(<표 7>).

## 4.2 가입자망 분야 유망기술영역 탐색

4.2.1 2000년~2003년 유망연구영역 탐색  
 앞서 지식맵을 통한 가입자망 분야의 유망영역을 탐색하였다. 본 절에서는 전략적 다이어그램(Strategic Diagram)을 통한 유망영역을 탐색하였다. 2000년~2003년 전략적 다이어그램 분석 결과는 <그림 6>과 같다.



<그림 6> 2000년~2003년 전략적 다이어그램

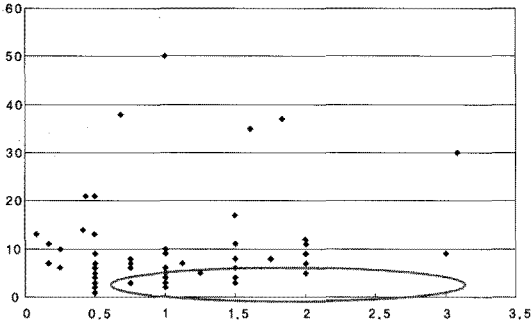
<표 8> 2000년~2003년 성숙 및 유망 연구영역

순 위	성숙키워드명	유망 키워드명
1	optical fiber	scheduling
2	optical access network	3GPP
3	radio access network	broadband wireless access network
4	QoS	handover
5	multiple access network	Integrated Services
6	optical-access network	mobile radiocommunication
7	radio-on-fiber	OFDM-CDMA
8	wireless access network	optical fiber cable
9	architecture	optoelectronic device
10	dynamic bandwidth allocation	pseudorandom noise(PN) code

이 분석결과를 기반으로 2000년~2003년의 성숙영역과 유망영역을 제시하면 다음과 같다.

4.2.2 2004년~2006년 유망연구영역 탐색

2004년~2006년 전략적 다이어그램 분석결과는 <그림 7>과 같다.



<그림 7> 2004년~2006년 전략적 다이어그램

이 분석결과를 기반으로 2004년~2006년의 성숙영역과 유망영역을 제시하면 다음 (<표 9>)와 같다.

<표 9> 2004년~2006년 성숙연구영역

순위	성숙 키워드명	유망 키워드명
1	NETWORK	MPLS
2	Ethernet Passive Optical Network	SIP
3	cellular network	access delay evaluation
4	dynamic bandwidth allocation	bending loss
5	fiber to the home	cross-layer
6	Internet Protocol	fairness control
7	multiple access network	fiber
8	optical CDMA	home gateway
9	WDM access network	IGMP snooping
10	QoS	injection locking

4.2.3 분석 결과 종합

지금까지 지식맵과 전략적 다이어그램 분석을 통해 가입자망 분야의 유망영역을 탐색하였다. 두 가지 분석방법을 통해 도출된 결과를 기반으로 크게 네 가지 부분에 대해 결과를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 향후 개발 측면에서 본 유망연구영역이다. 개방형 서비스(Open Access Network), 무선이동서비스(WLAN)가 도입될 것으로 예상되며, 액세스망의 경우 셀룰러 기반의 장비에 한정하지 않고 Wireless LAN/MAN으로 발전할 것으로 예상된다. 특히 WDM-PON과 같은 무선통신으로의 변화가 예상된다.

둘째, WDM-PON의 개발방향을 살펴보면 RSOA를 이용해서 가입자망 1Gb/s 전송속도를 제공할 수 있는 기술로 발전할 것으로 예상된다.

셋째, 국내 연구방향을 살펴보면 저가형 파장가변 레이저를 위해 Injection locking 방식을 이용해서 가입자당 100Mb/s의 WDM-PON을 제공할 수 있는 기술로 발전할 것으로 예상된다.

넷째, 4. xDSL의 연구방향을 살펴보면 다중채널의 HDTV, 방송신호, VoD(Video on Demand), 영상전화, VoIP와 같은 서비스를 지원할 수 있는 기술로 발전할 것으로 예상된다.

V. 결 론

5.1 연구 결과 및 시사점

본 연구에서는 가입자망 분야와 그 원동력을 설명하는 동시에 이를 발전시키는데 사용되는 여러 개의 단순한 방법론에 대하여 살펴보았다. 동시단어 분석은 다양한 차원의 분석(Link와 Node의 네트워크처럼, 상호작용 네트워크의 분포, 어떠한 기간 동안의 네트워크의 변화)으로 데이터의 구조화가 가능하다. 이러한 구조와 변화의 관계들은 가입자망 연구들을 추적하는 근거를 제시해 준다. 동시단어 분석은 관계되어진

기술어들 간의 넓은 간격을 다양하게 관계되어진 작은 간격으로 변형시킴으로, 좀 더 이해하기 쉽게 하고, 또한 고려 하에 있는 문헌들의 실제적인 구분을 직접적으로 나타낸다.

가입자망 관련 출판물들을 기반으로 한 동시단어 분석을 기반으로 우리는 가입자망 분야의 어떠한 것을 결론지을 수 있는가? 먼저, 이 영역은 Ethernet-PON과 Gigabit-PON, WDM과 같은 키워드의 증가를 통해 나타나는 것처럼 빠르게 진화한다는 것이다. 2000년~2003년, 2004년~2006년을 분석한 데이터를 살펴보면, 주된 연구경향이 FTTH에 집중되어 있다는 것을 보여준다. 같은 기간 동안 xDSL, HFC와 같은 몇몇 주제들은 빛을 잃어가고 있었다.

몇몇의 가입자망 주제들은 잘 정의되어진 계보를 가지고 있어서 마치 이론편처럼 보이는 반면, 다른 주제들은 다원화된 주제들로부터 확산되는 것처럼 보이고 있고, 어떤 주제들은 여전히 약한 관계의 흔적을 가지고 빠르게 나타나고 있다. 결국, 이 영역은 어느 정도 확립된 연구주제들을 가지고 있지만, 또한 새로운 주제들을 받아들여서 빠르게 변화하고 있다. 본 연구는 같은 영역이나, 하위영역으로부터 얻어지고, 서로 다른 기간 동안에 개략적 같은 양으로 나뉠 수 있는 많은 양의 언어자료들 내에서, 패턴이나 확인된 경향들을 알아내기 위해 실용 가능한 접근법으로서 동시단어 분석의 타당성을 보여준다. 그러므로 가입자망의 발생에서의 본 측정은 가입자망 영역과 이와 관련된 하위영역으로의 연구가 나아갈 방향을 지적해 준다. 또한, 동시단어 분석은 과거에 결과를 통한 논리적 설명 시 시각화 방법의 중요성문제 때문에 충분히 이해되지 않는 키워드들의 내부관계와 가입자망의 하위 분야들을 성공적으로 시각화 시켜서 보여준다.

“지식맵(knowledge mapping)”이라는 용어는 지식을 도식화하고, 마이닝, 분석, 분류하며, 내비게이션과 디스플레이할 수 있도록 하는 과정을 겨냥해 새롭게 진화하고 있는 과학의 다양화된

(interdisciplinary) 영역을 설명할 때 선호되는 용어이다. 이 분야는 정보접근을 용이하게 하고, 지식구조를 분명하게 하며, 지식탐구자의 탐구노력이 성공할 수 있도록 하는데 목표를 두고 있다. 비록 이 영역의 존재한지는 수천 년이 되었지만, 최근 15년 동안에 거대한 변화를 겪어왔으며, 이러한 변화는 이용 가능한 정보의 폭발적인 증가와 컴퓨터 저장용량, 스피드, 파워의 증가의 인해 가능해진 새로운 분석, 검색, 시각화 기법을 이용해 더욱 쉽게 정보에 접근할 수 있는 접근성에 기인하고 있다.

동시단어 분석은 과학과 정보의 시각화되어진 지도를 작성하는 새로운 방법을 제시해 준다. 동시단어분석은 통계적인 결과보다 더 나은 결과를 제공해 준다. 우리는 정보보안 영역내의 연구자들에게 동시단어 지도의 시각적 효과를 제공하는 것을 목적으로 하였고, 이는 상당히 유용한 결과를 가져왔다.

전체적으로, 이러한 연구는 동시단어 분석에 대한 신뢰감을 증가시켜주었다. Law and Whittaker (1992)가 지적한 것처럼 “동시단어 분석의 장점을 살펴봄으로 적절한 주장을 할 수 있을 것이다. 이것은 정확히 말해서 문장에 따라 다를 수 있지만, 이러한 사실의 장점이, 학문적인 문장의 미묘한 차이에 따른 민감도의 수준을 문제 제기할 수 있다.”

## 5.2 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 첫째, 분석 자료의 적합성이다. 즉, 본 연구에서는 분석 자료로 SCIE를 이용하였다. 이는 SCIE 자체가 가지는 신뢰성 때문이었다. 그러나 SCIE DB에는 학술대회 논문이나 레터 같은 것이 다루어지고는 있지만 완벽하게 다루어지지 않기 때문에 학술대회 자료가 분석 결과에 영향을 미치는 연구 분야를 분석할 경우에는 한계를 가진다. 따라서 분석하기 전에 각 DB의 특성에 대한

사전 연구가 필요하다.

둘째, 상세 분석의 부재이다. 즉, 본 연구는 가입자망 분야의 연구 흐름을 분석하는 방법론을 제시함에 있어 개괄적인 수준에서의 분석에서 연구가 종료되었다. 따라서 보다 역동적인 연구 주제의 변화를 보여주기 위한 노력이 필요하다.

앞서 논의된 본 연구의 한계를 극복하고 본 연구와 관련된 향후 연구를 위한 몇 가지 제언을 하면 다음과 같다. 첫째, 향후 연구는 본 연구에서 도출된 결론이 이론적, 실증적 연구들에서 예상된 결과와 모순되는 부분을 조사하는 것에서 시작할 수 있다. 둘째, 본 연구에서 개발된 방법론을 보다 확실히 검증하기 위해서는 추가적인 실증연구가 필요하다. 셋째, 향후 연구로는 본 연구에서 제시된 방법론의 세부 진행 프로세스 수준에서 본 연구와 관련된 연구를 진행하거나 새로운 방법론을 추가하는 형태의 연구를 진행할 수 있다.

## 참고문헌

- 문영호, “기술진보의 모니터와 조기경보”, 연구기획평가연구회 제1차 워크샵, KISTI, 2004.
- 이우형, 과학기술 정보 분석을 통한 신기술도출 방법론 및 지표개발, 과학기술정책연구원, 2005.
- 이우형, RADERS를 통한 IT미래 유망기술 발굴, 정보통신연구진흥원, 2007.
- 오세정, 이달곤, “과학기술혁신체제의 재구축과 전개방향”, 국가과학기술혁신체제 개편에 관한 공청회, 2004.
- 윤문섭, 오해영, 이우형, 박각로, 박상진, 국가연구개발의 전략기회를 위한 새로운 연구기획 방법론 개발, 과학기술정책연구원, 2004.
- Borg, I. and P. Groenen, *Modern Multidimensional Scaling*: Springer, 1996.
- Chalmers, M., BEAD: Explorations in information visualization, Paper presented at the SIGIR 1992, Copenhagen, Denmark: ACM Press, 1992, pp. 330-337.
- Crane, D., *Invisible Colleges: Diffusion of Knowledge in Scientific Communities*, Chicago, IL: University of Chicago Press, 1972.
- Hetzler, B., P. Whitney, L. Martucci, and J. Thomas, Multi-faceted insight through interoperable visual information analysis paradigms, Paper presented at the IEEE Information Visualization 1998: IEEE, 1998.
- Kruskal, J., *Nonmetric Multidimensional Scaling: A Numerical Method*, *Psychometrika*, Vol.29, No. 2, 1964, pp. 115-129.
- Kruskal, J., *Multidimensional Scaling by Optimizing Goodness of Fit to a Nonmetric Hypothesis*, *Psychometrika*, Vol.29, 1964, pp. 1-27.
- Kruskal, J. and M. Wish, *Multidimensional Scaling*, Beverly Hills and London: Sage Publications, 1984.
- Kuhn, T. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, IL: University of Chicago Press, 1962.
- McQuaid, M. J., T. H. Ong, H. C. Chen, and J. F. Nunamaker, Multidimensional scaling for group memory visualization, *Decision Support Systems*, Vol.27, No.1-2, 1999, pp. 163-176.
- Noyons, E. C. M., H. F. Moed, and M. Luwel, Combining mapping and citation analysis for evaluative bibliometric purposes: A bibliometric study, *Journal of the American Society for Information Science*, Vol.50, No.2, 1999, pp. 115-131.
- Pritchard, A., *Statistical bibliography or bibliometrics*, *Journal of Documentation*, Vol.24, 1969, pp. 348-349.
- Roweis, S. T. and L. K. Saul, *Nonlinear Dimensionality Reduction by Locally Linear Embedding*, *Science*, Vol.290, No.5500, 2000, pp. 2323-2326.



Small, H., A passage through science: Crossing disciplinary boundaries, *Library Trends*, Vol.48, No.1, 1999, pp. 72-108.

Tenenbaum, J. B., V. deSilva, and J. C. Langford, A Global Geometric Framework for Nonlinear Dimensionality Reduction, *Science*, Vol.290,

No.5500, 2000, pp. 2319-2323.

White, H. D. and K. W. McCain, Visualizing a discipline: An author co-citation analysis of information science, 1972~1995, *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 49, No.4, 1998, pp. 327-256.

## A Study on the IT R&D Emerging Technology Detection through Knowledge Map: Focus on Access Network Field

Woo Hyoung Lee\* · Ji Bum Jung\*\* · Seong Hwi Lee\*\*

### Abstract

The purpose of this research is to schematize and suggest the new trends of study and changing aspects of science and technology hidden in a bibliographical phenomenon of documentation to researchers and policy-makers all through the Knowledge Map.

The field of study to be analyzed in this research is the Access Network field. The reason why this field has been selected as the main target of study is that the Access Network field is economically important and characterized by its wide sphere where a variety of fields are interconnected. In addition, it is important to measure the applied as well as fundamental aspects of technology by using bibliographical method and technique.

Knowledge Map successfully visualizes the inter-relations of the keywords and sub-fields of Access Network. The importance of visualizing methods in the convincing presentation of results has not been sufficiently understood in the past. Knowledge Map opens a new opportunity for cartography of science and information visualization. The Knowledge Map results have produced a great deal more than statistical artifact. We aimed to exploit the visualization effect of the Knowledge Maps to the aid of searchers in Access Network domain, and the results are quite encouraging.

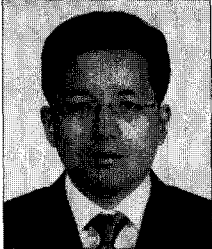
***Keywords: Emerging Technology, R&D, Information Analysis Method, Access Network***

---

\* Institute for Information Technology Advancement, Strategic Planning Division, Mid & Long Term Strategy Team, Senior Researcher/Ph. D.

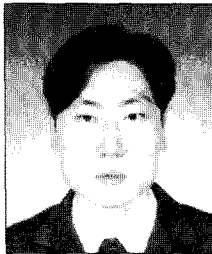
\*\* Hankuk University of Foreign Studies, Department of Management, Ph.D.Candidate

## ● 저자 소개 ●



**이 우 혈 (leewh@iita.re.kr)**

현재 정보통신연구진흥원 중장기전략팀 선임연구원으로 재직 중이다. 한국외국어대학교 대학원 경영학과에서 경영학 박사(2002) 학위를 취득하였다. 과학기술정책연구원 신기술경제성분석연구센터 부연구위원(2004)으로 재직하였으며, 보스턴대학교에서 박사후 과정(2005)을 수행하였다. 주요 관심분야는 Bibliometrics, Knowledge Map, 정보기술 인프라, R&D 성과측정, 벤처비즈니스 평가, 고객만족 측정 등이다.



**정 지 범 (jung@iita.re.kr)**

현재 정보통신연구진흥원 통계분석팀 연구원으로 재직 중이다. 한국외국어대학교 경영정보대학원에서 경영학 석사(2002)학위를 취득하였고, 한국전자통신연구원(ETRI) 무선산업연구팀에서 재직(2003)하였으며, 동 대학교 대학원에서 박사과정을 수행하고 있다. 주요 관심분야는 이동통신 산업 및 정책분석, 기술/산업 마케팅 등이다.



**이 성 휘 (aaron@iita.re.kr)**

현재 정보통신연구진흥원 정보조사분석팀 연구원으로 재직 중이다. 한국외국어대학교 경영정보대학원에서 경영학 석사(2001)학위를 취득하였고, 한국전자통신연구원(ETRI) 정보체계연구팀에서 재직(2003)하였으며, 동 대학교 대학원에서 박사과정을 수행하고 있다. 주요 관심분야는 중국 IT 산업 및 이동통신 산업, 신기술/신산업 분석 등이다.

논문접수일 : 2008년 03월 16일  
1차 수정일 : 2008년 04월 01일

게재확정일 : 2008년 04월 10일