
계량정보분석을 활용한 기술혁신의 Weak Signal 탐색에 관한 연구

유선희* · 박현우** · 김경호***

<목 차>

- I. 서 언
- II. 선행연구
- III. 연구설계 및 프레임워크
- IV. Weak signal 탐색 방법론 적용
- V. 결 언

국문초록 : 최근 들어 미래산업에 대한 관심이 더욱 고조됨에 따라 과학기술에 있어서도 미래를 예측하는 것, 특히 미래 과학기술 변화의 징후, 'weak signals'의 탐색에 대한 요구도 증가하고 있는 추세이다. weak signals란 현재에는 불확실하고 비정상적인 신호이지만 미래 변화를 주도할 예비 징후를 의미하며, 이는 미래예측에 있어서 중요한 실마리를 제공하게 된다. weak signal에 대한 연구는 기술의 미래를 연구하는 데 있어 중요한 단초를 좀 더 먼저 제공한다는 점에서 중요성을 인식할 수 있으나, 그 개념부터 탐색 방법, 활용에 이르기까지 그리 길지 않은 역사를 가진 분야로 더욱 심도 깊은 연구가 요구되고 있다. 또한 이를 탐색하는 방법에 있어서 주로 높은 수준의 감각과 전문성을 갖는 전문가의 내용분석에 의해 이루어져 왔으나, 그러한 분석이 쉽지 않을 뿐만 아니라 범위도 넓고, 그 분석결과에 대한 전문가 개인의 판단에 맡길 수밖에 없다는 한계가 있었다. 본 연구에서는 이러한 작업을 좀 더 객관적으로 지원할 수 있는 방법을 제시하기 위한 것으로서, 비정형적 기사정보를 대상으로 정보분석에 의해 계량적인 결과를 도출하고, 이를 바탕으로 전문가의 징후 발견 논거를 마련

* 한국과학기술정보연구원 선임연구원 (sunny@kisti.re.kr)

** 한국과학기술정보연구원 책임연구원 (hpark@kisti.re.kr)

*** 한국과학기술정보연구원 책임연구원 (kimkho@kisti.re.kr)

해 보고자 한다.

주제어 : 미래 기술변화, Weak signal, 예비 징후, GTB(Global Technology Briefs), 정보 분석, 단어 분석

A Study on Exploring Weak Signals of Technology Innovation using Informetrics

Sun-Hi Yoo · Hyun-Woo Park · Kyung-Ho Kim

Abstract : As recently the interest in the future industry grows high, the demand for forecasting the future shape of science and technology, especially exploring 'weak signals' of changes in science and technology, increases as well. The 'weak signals' means that currently they are uncertain and abnormal signals, but are preliminary signals which might lead future changes. Accordingly they can provide important clues to the future forecast. The study of 'weak signals' has its significance in providing important clues to the projection of the future technology earlier. As it has not a long history from its concept to exploration methods to utilization, more intensive study is required. Exploring 'weak signals' has been conducted mainly through the information analysis by experts with a high level of intelligence and sense, However, such an analysis is difficult and broad in scope, and furthermore the interpretation of analysis results is very limited, relying primarily on the decision of experts themselves. The purpose of this study is to provide a more objectified way to support these expert-based tasks. It derives quantitative results from non-structured article information and provides a logical basis for detecting the signals based on the results.

Key Words : Future Technology Change, Weak Signal, Preliminary Symptom,
GTB(Global Technology Briefs), Informetrics, Word Analysis

I. 서 언

우리 인간은 예나 지금이나 불확실한 미래를 예측하기 위해서 다양한 방법들을 적용시켜 왔다. 일반적으로 미래에 대한 관심은 다양한 분야에서 선도적 입장에 있거나 향후 선도자가 되기 위한 개인, 기업 및 국가 등에서 더욱 강하게 요구되고 있다. 특히, 약속강식의 논리가 지배하는 기업에게는 미래 먹거리로서 유망기술을 발굴하거나 글로벌 기업으로 도약하기 위한 장기 전략을 수립해야만 하기 때문에 미래라는 키워드는 더욱 더 강조되고 있다.

한편 미래를 학문적으로 접근하고자 하는 미래학이란 용어는 1940년대 중반 독일 학자 오시프 플렉트하임(Ossip K. Flechtheim)이 'Futurology'라고 명명하였지만, 1960년대 이후에는 'Future studies'로 단수가 아닌 복수의 대체 미래(Alternative futures)로 보편화되고 있다.

최근 하와이대학 미래학과(마노아학과)가 지난 40여 년간의 미래연구를 통해 얻은 결론은, 미래란 과거와 현재로부터의 거대한 관성에 의해 지배받는 결정론적이거나 기계적으로 예측할 수 있는 단순한 성질의 영역이 아니라는 점이다. 이는 과거의 여러 과정과는 전혀 다른 예측할 수 없었던 새로운 행동양식들이 불연속적인 변환이나 단절을 통해 속속 나타나고 있기 때문이다.¹⁾ 여기에서 불연속적인 변환이나 단절을 의미하는 조짐 또는 징후의 감지는 미래를 예측하는 데 매우 중요한 일이라 할 수 있으며, 이와 같이 미래에 나타날 조짐이나 징후를 흔히 'weak signal'이라고 표현한다. 그러나 'weak signal'에 대한 정의는 학자에 따라 다양하여, 유사한 개념의 용어로서 'emerging issues', 'seeds of change', 'wild cards', 'early indicator' 또는 'early warning signal' 등이 사용되고 있다.

이러한 'weak signal'에 대한 연구는 과학기술의 미래를 연구하는데 있어 중요한 단초를 좀 더 먼저 제공한다는 점에서 중요성을 인식할 수 있으나, 그 개념에서부터 시작하여 탐색 방법, 활용에 이르기까지 그렇게 길지 않은 역사를 가진 분야로 더욱 심도 깊은 연구가 요구되고 있다.

지금까지 weak signal의 탐색은 주로 높은 수준의 감각과 전문성을 갖는 전문가의 내용분석에 의한 전문가 기반으로 이루어져 왔으나, 그러한 분석이 쉽지 않을 뿐만 아니라 범위도 넓고, 그 분석결과의 해석 또한 전문가 개인의 판단에 맡길 수밖에 없었다는 한

1) 제임스 데이터, 우태정 역(2008), 「다가오는 미래」, 예문.

계가 있다.

본 연구에서는 이러한 수행과정을 좀 더 객관적으로 지원할 수 있는 방법을 제시하기 위한 것으로서, KISTI의 글로벌 과학기술 브리프(GTB)²⁾와 같은 비정형 기사정보를 대상으로 정보분석에 의해 계량적인 결과를 도출하고, 이러한 분석결과를 바탕으로 전문가의 징후 발견에 대한 논거를 마련해 보고자 한다.

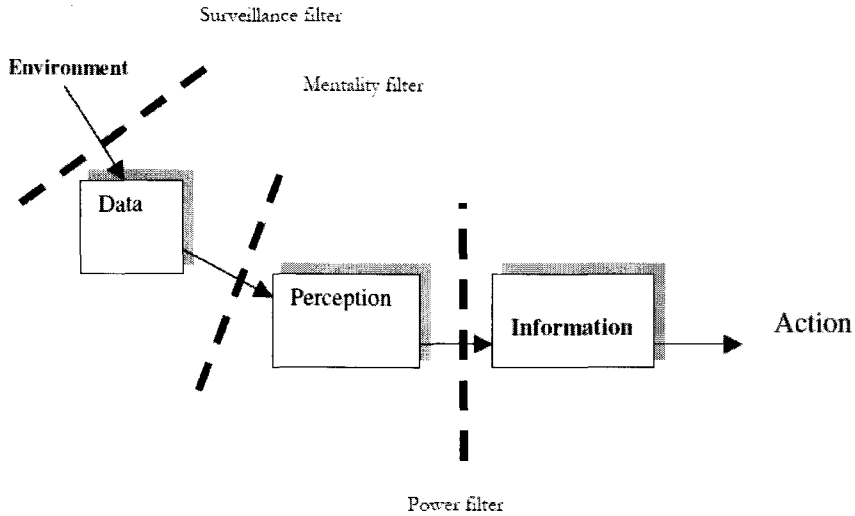
II. 선행연구

‘weak signal’에 대한 연구는 Ansoff(1975)가 전략적 계획을 수립할 때 발생하는 문제를 해결하기 위한 이슈로서 제기하기 시작했고, weak signal을 “완전한 반응이나 정확한 영향력을 측정하기에는 아직 불완전한 내외부의 경고(warnings), 사건(events) 및 발전(development)”으로 정의하였다.

또한 Ansoff(1982)에 의하면 weak signal이 실제 전략 수립에 영향을 미치기 위해서는 <그림 1>과 같은 세 가지의 서로 다른 필터(Uskali, 2005)를 거쳐야 한다고 하였다. 첫 번째 필터는 감시 필터(observation 또는 surveillance filter)로서, 이는 모니터링 체제를 통해 weak signal을 감지·축적(data)해야 한다는 의미이다. 두 번째인 인지 필터(cognitive 또는 mentality Filter)는 감지된 시그널에 대한 스캐닝(scanning) 분석을 통해 구체적으로 중요성이 지각되는 단계를 의미한다. 마지막으로 파워필터(power filter)는 weak signal이 최종결정권자의 인지 등을 통해 전략적 의미를 부여하고 구체적으로 실행되는 단계를 의미한다.

2) KISTI에서 1993년부터 해외의 최신과학기술 동향정보를 수집, 가공하여 제공하는 서비스의 명칭.

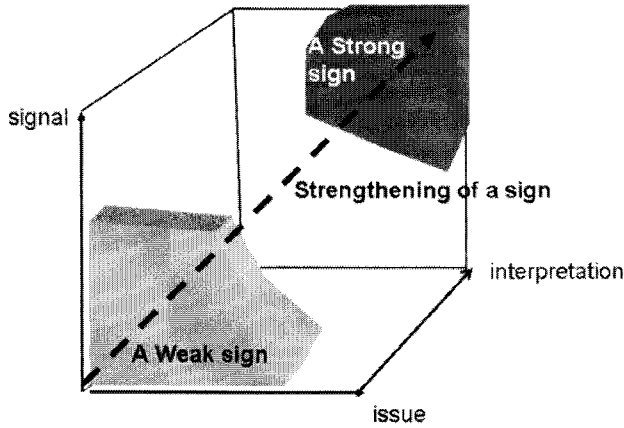
<그림 1> Ansoff의 weak signal 필터



그 이후, Godet(1994)은 weak signal을 “현재는 인지하기가 쉽지만 미래에 큰 트렌드를 형성할 변화 요인”이라고 정의하였고, Coffman(1997)은 weak signal을 정보이론, 사이버네틱스(인공두뇌학), 복잡계(complexity) 및 자기조직화(self-organization)와 연계해 연구한 바 있다. 그리고 그는 비즈니스 환경 분석에 weak signal 개념을 적용하는 연구도 수행하였다. 최근에는 ‘Semiotics’(기호학: 신호(sign)와 상징(symbol) 및 그것의 의미와 사용에 관한 연구 분야)를 바탕으로 ‘weak signal’에 대한 정의를 명확히 하고 일반적 모델(Hiltunen, 2008)을 모색하기 위해 노력하고 있다. 그 외에도 다수의 학자들이 조직학적 관점과 비즈니스 환경 분석에 weak signal 적용 연구를 수행하고 있다(Van der Heijden, 1997; Day & Schoemaker, 2005; Brabandere, 2005; Salmon, 2000; Hiltunen, 2005; Ilmola & Kuusi, 2006; Saul, 2006 등).

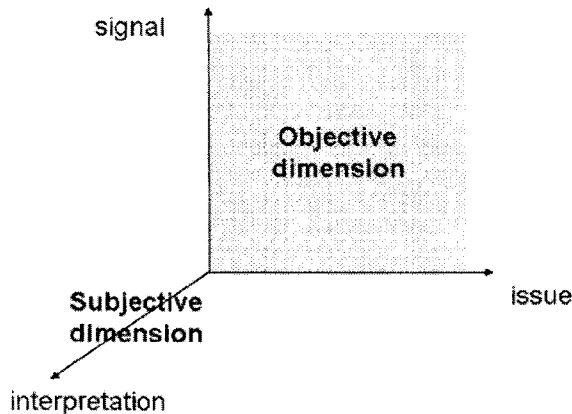
weak signal은 정리하면 미래에 큰 영향력을 미칠 수 있는 기회(chance)를 말하는 것으로서 여러 가지 주장이나 소문, 징후 중에 나타난다고 할 수 있다. 통상적으로 전문가들에게는 하찮은 것으로 여겨지기도 하여 관련 분야의 연구자들이 알아차리지 못할 가능성이 많다. 따라서 연구자들은 weak signal에 대한 정의를 명확히 하고 보다 일반적 모델을 모색하기 위해 노력해 왔다.

<그림 2> 미래 신호의 3차원 모델



주: 점선 화살표는 3차원 공간에서 신호가 강해지는 방향을 나타내고, 압영 면적 부분은 약한 신호와 강한 신호를 타나냄.

<그림 3> 미래 신호에 대한 3차원 구조(시그널, 이슈 및 해석) 및 객관적, 주관적 차원



그중에서도 핀란드 미래연구센터의 Hiltunen(2008)은 weak signal을 조직 환경내에서 미래 변화에 주도적이라 생각되는 현재의 기이한 사건(current oddities) 또는 이상한 이슈로 설명하고, 미래 신호(future sign)에 대해 3차원 공간 모델을 제시한 바 있다(<그림 2> 참조). 이 모델에서 각 축은 신호(signal), 이슈(issue) 및 해석(interpretation)으로 구성되는데, 신호는 시그널의 수 또는 가시성(visibility)을 나타내며, 이슈는 사건의 수(예: 신문뉴스, TV보도, 루머, 사진 등)를, 해석은 정보수용자들에게 미래 신호로서 미치는

인지 정도를 나타낸다. 신호와 이슈 측은 객관적 차원이라 할 수 있고, 해석은 주관적 차원이라 할 수 있다(<그림 3> 참조).

<그림 2>에서 보면 신호의 수(또는 가시성)가 증가하고 사건의 수가 많을수록, 정보 수용자들에게 주어진 신호가 미래 신호로서의 큰 영향력을 미칠 때 약한 신호(weak sign)에서 강한 신호(strong sign)로 이동하게 된다고 설명하였다.

Ⅲ. 연구설계 및 프레임워크

1. 연구방법의 설계

본 연구는 GTB와 같은 글로벌 과학기술 기사정보를 대상으로 사용된 단어(용어)의 추이와 단어 간의 관계를 알아봄으로써 weak signal을 탐색하는 구조화된 방법을 연구하고자 한다. 과거에는 기사의 헤드라인을 분석하는 경우가 있기는 했지만, 기사의 제목으로 언급될 정도면 이미 strong signal에 가깝다고 할 수 있고, weak signal을 탐색하기 위해서는 좀 더 폭넓은 최신정보, 즉 기사 전체 또는 초록에 사용된 단어들을 분석하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 이러한 단어의 분석에 있어서 Hiltunen(2006)이 논의했던 3가지 사항(신호, 이슈, 해석)을 기반으로 하여, weak signal 탐색 모델에서 핵심 요소로 고려하였다. 첫 번째 요소는 단어 출현 빈도수의 이상적(異常的)인 변화로, 특정한 용어가 시간이 지남에 따라 거시적 동향(Megatrend)을 따르는 다른 용어에 비해 더욱 많이 사용된다면(instance 중심) 그 용어는 향후 거시적 변화를 주도할 가능성이 높다는 것이고, 두 번째 요소는 그러한 용어가 다른 용어와 관계에 있어서 연결정도 중심성(degree centrality)이 거시적 동향에서 보다 높아진다면(record 중심) 점점 다른 용어와의 관계에 있어서 영향력이 높아져 이슈화될 가능성이 높을 것으로 간주할 수 있다는 것이다.

또 추가적인 요소를 하나 더 들자면, 기사 데이터베이스의 특성에 의존하기는 하지만 기사를 제작하거나, DB화하는 과정에서 전문가의 기사에 대한 인지나 해석(interpretation)에 해당하는 제목과 키워드에 사용된 단어의 추이도 signal의 강도를 결정지을 수 있을 것으로 판단할 수 있다. 본 연구에서 대상으로 하는 GTB 데이터베이스는 기사의 선정 및 보도자(reporter)가 키워드를 기록하게 되어 있어 이러한 추가적 요소에 해당된다고 할

수 있다.

또한 기사의 키워드는 GTB 리포터가 해당기사에서 인지하고 이해한 주제어라 할 수 있어서 해석(interpretation)에 가깝다고 할 수 있고, 이는 strong signal에 해당하기 때문에 분석되는 용어 중에서 이러한 단어는 제외하거나 해석이 많이 된 용어로 처리할 수 있을 것이다.

따라서, 본 연구는 이렇게 3가지 관점에서 추출된 데이터를 계량적으로 분석하여 나타냄으로써 특정 분야에서의 weak signal을 정량적인 방법에 의해 탐색하는 가능성을 제시하게 되고, 도출된 weak signal 단어군을 기사의 원문과 대조하여 의미를 파악하거나, 해당 전문가의 해석을 통해 의미를 추론할 수 있게 될 것이다.

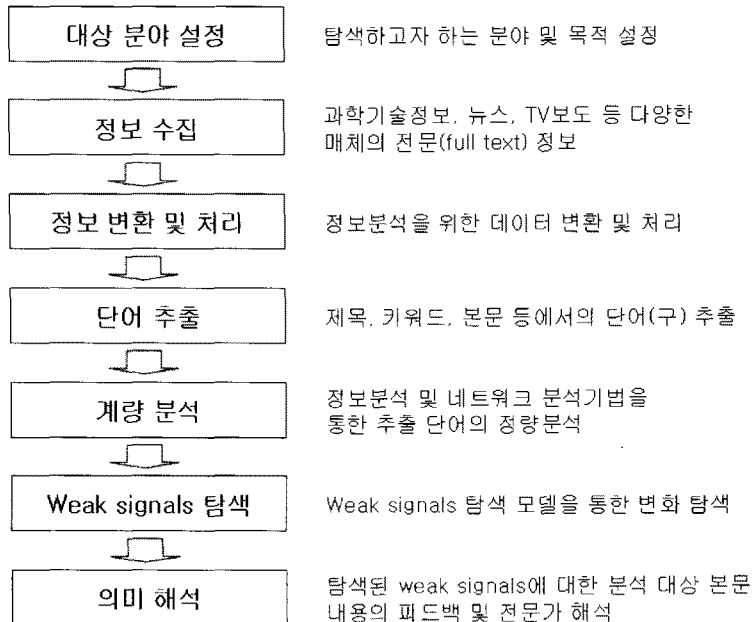
2. 연구 프레임워크

앞에서 검토된 연구방법의 설계에 따라 특정 분야를 선정하여 weak signal 탐색 모델을 구체화하면 다음과 같다. 앞에서 언급한 바와 같이 weak signal에 대해서는 다양한 학자나 컨설턴트들에 의해 정의되고, 그 역사도 그렇게 오래지 않으며, 주요 관심 분야도 비즈니스 전략 분야가 주류를 이루고 있었다. 최근에는 그 외에도 미래연구, 커뮤니케이션 연구, 국제안보·정치·국방과학 연구 등에도 많은 관심이 모아지고 있다.

기존의 weak signal 탐색은 대부분 전문가 네트워크를 기반으로 하는 연구개발 환경 변화 모니터링 체제가 대부분(미국 SRIC-BI SCAN, 영국 Horizon Scanning Center Σ SCAN/ Δ SCAN, 핀란드 Trendwiki 등)으로 계량분석을 기반으로 한 본 연구는 이에 대해 차별화된다고 할 수 있다.

즉, 본 연구는 미래연구의 일환으로 과학기술의 혁신에 있어서 weak signal을 계량정보분석 방법을 활용하여 탐색하고자 하였으며, 전체 연구 프레임워크는 <그림 4>와 같이 구성할 수 있다.

<그림 4> 계량분석 기반의 weak signal 탐색을 위한 전체 연구 프레임워크



IV. Weak signal 탐색 방법론 적용


1. 정보 수집 및 변환

1.1. 분석대상 정보

본 연구에서는 weak signal 탐색방법론의 실제 적용연구를 위한 분석대상 정보로서는 GTB 데이터베이스를 활용하고자 한다. GTB는 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서 1993년부터 해외의 최신과학기술 동향정보를 수집, 가공해 서비스해 온 해외과학기술동향정보서비스의 명칭을 2006년 이후 콘텐츠의 고부가가치화를 지향하면서 새롭게 개칭해 서비스하고 있는 글로벌동향브리핑(GTB: Global Trends Briefing)을 말한다.

GTB에서는 이전에 사용했던 KISTI 자체 제작의 “과학기술주제분류”를 과학기술부에서 제정한 “국가과학기술표준분류”로 변경하였으며, 2001년부터 2006년까지 기구축된 GTB 기사를 재분류해 서비스하고 있다.

<그림 5> GTB 기사 샘플

제목(한글)	지구재생·우주 태양광 발전
원문제목	地球再生 宇宙太陽光電
정보출처	http://www.business-1.jp/news/ind-page/news/200810200012a.nvc
분류키워드(한글)	태양광발전, 신재생에너지, 마이크로파, 이산화탄소
분류키워드(영문)	photovoltaics; renewable energy; microwave; carbon dioxide
문	<p>품의 차세대 에너지 “우주태양광 발전”이 현실화되어 가고 있다. 지구 상에서는 변환효율이 낮은 태양광발전용 우주공간에서 실시하여 지구에 전송하는 대규모 프로젝트가 일본 경제산업성과 우주항공연구개발기구(JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency)의 협력으로 진행되고 있으며, 산업계도 주목하기 시작하였다.</p> <p>우주태양광 발전은 발전효율이 높은 질저체도 상에서 태양광 발전을 실시하여 그 전력을 마이크로파로 전송시켜 지구에 전송하는 것이다. 우주에서의 태양광 발전은 주야, 날씨에 관계없이 가능하기 때문에 지구상에서의 5~10배의 전력을 얻을 수 있는 “꿈의 기술”이다. 만약 2030년에 화력발전 50%를 대체할 경우 2억 5,300만 톤의 이산화탄소 저감효과를 얻을 수 있다. 최첨단 환경기술 및 전송기술을 이용하여 2050년 경에 본격적인 실용화를 목표로 한다.</p> <p>일본에서는 2007년 이후 1980년대부터 우주개발사업이 잘해 실용화를 위해 검토하였다. 현재는 달방사 계획의 일환으로 연구개발 추진하고 있으며, 마이크로파에 의한 인체, 동식물의 영향에 대한 조사도 실시하고 있다.</p> <p>경제산업성은 마이크로파에 의한 태양광 송수신(送受信) 시스템 개발을 위해 2008년도 안에 민간연구기관을 공모할 예정이다. 2008년 내년에 지상에서 송수신 실용시험에 착수할 수도 있다. 종래는 개발적으로 프로젝트를 진행했던 경제산업성도 JAXA가 공동연구개발을 갖추어 실용화가 한층 가까워질 것이다. 실용시험에서는 약 100미터의 전송거리를 설정하고 5 kW급의 송신 전력 전송을 실시할 예정이다.</p> <p>단, 실용화까지는 기술적인 과제 이외에 채산(採算)성이라는 큰 과제가 남아 있다. 현재 발전 1기부에 해당하는 100 MW급의 전력을 공급하기 위해서는 태양광 패널을 탑재한 2km×2km의 거대한 인공위성을 고도 3만 6,000km의 정지궤도상까지 운반해야 하기 때문에 거대한 운송비용이 예상되며, 경량의 신소재 개발도 필요하다.</p> <p>미국에서는 송신탑비 1기부(10억~1,287억 원, 2008년 10월 20일 현재) 정도로 시한 계산하였다. 1980년대에 우주 태양광 발전 연구가 동결된 것은 전송비용이 문제가 되었기 때문이다. 그러나 2007년 국가안전우주국이 전후기역으로의 전력공급 수단으로 활용할 수 있다는 연구보고서를 발표하여 연구재계의 분위기가 높아졌으며, 9월에는 미국 에너지관련 법제 개정 및 기타, 기술자들이 하와이에서 미얀마 마이크로파로 150km의 전송실험을 실시하였다.</p> <p>실용화를 목표로 시작한 우주 태양광 발전이지만, JAXA를 중심으로 여러 가지 실험 및 시험이 계획되어 있다. 그 중 하나인 레크타노믹 실험과 같이 알고 얻을 수 있는 렉테나(rectenna)이다. 렉테나 발생 시에 가전용 전압을 사용할 수 없게 되었을 경우, 넓은 장소에서 전송할 수 있는 렉테나를 통해서 송공의 비활성으로부터 인한 마이크로파로 전력을 송신하는 것이다. 렉테나와 수신도 가능하게 되기 때문에 열화도 가능하게 될 것이다.</p> <p>국제우주정거장(ISS: International Space Station)를 이용하여 전력 에너지의 전송시험을 실시할 계획도 있다. ISS에</p>
원문보기	

GTB 기사는 분야별 전문가인 110명의 지식 리포터가 해당 분야별로 해외의 과학기술 정보를 수집, 가공해 글로벌 미래동향 지식시스템(GIFT: Global Intelligence on Future Trend)에 등록하며, 등록 기사는 교정 교열 및 각 분야별 전문 코디네이터가 검수한다. 검수 완료된 GTB 기사는 22,000명에 달하는 GTB 메일링 회원을 대상으로 신청분야별로 메일링 서비스되고 있으며, KISTI의 과학기술정보포털사이트(www.yeskisti.net) 및 외부 협약기관에 링크 정보로서 전달되어 실시간으로 웹서비스되고 있다(<그림 5> 참조).

GTB 정보를 이용하는 국내의 많은 과학기술종사자가 만족할 수 있는 최신 속보성 과학기술동향 정보 및 유망 미래기술 환경정보가 되도록 지속적으로 아이디어 개발과 서비스 차별화를 시도하고 있다.

특히, 2009년 GTB 기사 구축건수는 총 130,617건으로 과학기술의 연구개발 및 각종 정책 개발이 활성화되고 있는 것을 알려주고 있으며, 정책 입안자와 연구개발 책임자에게 아이디어를 제공하는 것은 물론이고 선진국과의 차별화 전략 수립에 도움을 제공함으로써 국가 차원의 비효율적인 측면을 배제할 수 있는 기반을 제공하고 있다.

1.2. 정보의 수집

본 연구에서 분석을 위한 정보는 앞에서 언급한 바 있는 글로벌동향브리프(GTB) 데이터베이스를 대상으로 하였으며, 2004년부터 현재까지 기사 중 대상 분야를 최근 이슈화되고 있는 다양한 분야 중에서 환경과 에너지에 대한 사회적 관심이 높아짐에 따라 해당 분야에서 빠지지 않고 논의되고 관심이 모아지고 있는 태양전지에 관련된 기사를 추출(274건)하여 분석 대상 정보를 수집하였다.

앞에서 언급한 바와 같이 weak signal을 탐색하기 위한 정보자원으로는 최신성과 망라성이 있는 정보를 이용하는 것이 미래를 전망하는 데 유리하다고 할 수 있는데, 그 대상으로는 과학기술 속보기사(proceedings, letter, conference material etc.)와 뉴스 등을 들 수 있는데, 특히, 본 연구에서 정보수집 대상 데이터베이스인 글로벌동향브리프(GTB)는 이를 목적으로 구축되고 있는 과학기술 기사정보이므로 weak signal을 탐색하기에 적절한 데이터베이스라 할 수 있다.

1.3. 정보 변환 및 처리

수집된 태양전지 관련 기사 전문(full text)을 KISTI에서 계량정보분석을 위해 개발한 정보분석툴(Knowledge Matrix)의 형태소 분석기를 이용하여 단어를 분절·추출하였다. 추출된 단어에는 일반적 의미의 용어들도 다수 포함되기 때문에 이를 제거하고, 유사한 의미의 단어는 통합조정(refining)하여 사전 정리한다.

추출되고 정제된 단어에 대해 연도별 출현건수(instance frequencies)를 매트릭스로 나타내고, 단어별 발생건수 증가율(기울기)을 측정하였다.

또한 분절된 단어와 단어 간의 관계를 알아보기 위하여 하나의 기사에서 동시에 발생하는 단어를 관계(link)로 정의하고, 단어-단어간 동시발생하는 기사건수(record frequencies)를 매트릭스로 나타내어, 단어간 관계에 있어서 중심이 되는 단어를 찾기 위해 네트워크 분석을 통해 단어별 중심성계수를 측정하였다.

2. weak signal 탐색을 위한 계량 분석(Word Analysis)

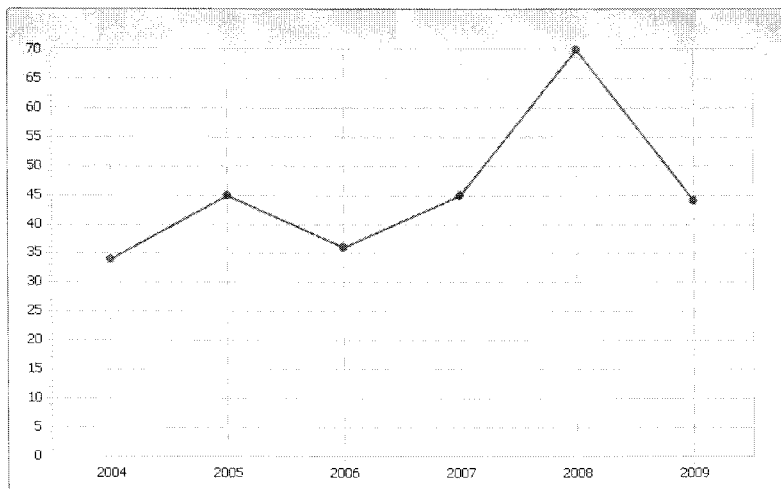
2.1. 단어 출현빈도수 연평균 증가율 측정

태양전지와 관련하여 수집된 GTB 274건의 기사를 대상으로 하여 키워드가 아닌 본문에 사용된 단어를 분절하여 추출하고, 이를 연도별로 출현 빈도수를 중심으로 정리한다. 이때 추출된 단어 중에서 일반적 용어는 제거하고, 유사의미의 단어를 대표명화 하여 조정하게 된다.

이렇게 작성된 연도별 단어의 출현 빈도수를 이용하여 단어 출현 빈도수의 연도별 증가율을 측정함으로써 평균 출현 빈도에서 벗어나는 변화를 감지하는데 있어서 <그림 6>과 같이 연도별 기사 건수 자체의 증가율이 이에 영향을 미칠 수 있기 때문에 출현 빈도수를 연도별 기사 건수로 나누어 기사건당 출현 빈도수로 표준화(normalization)하였다.

표준화된 출현 빈도수의 연평균 증가율(기하평균)은 좀 더 엄밀하게 표현하자면, 기사 1편당 용어의 평균 출현 빈도수가 시간이 지남에 따라 얼마나 변화하는지를 의미하게 되며, 측정 결과가 일정값(거시 동향 <그림 6> 참조)보다 차이가 많이 난다는 것은 변화의 징후를 알려준다고 할 수 있다. 이렇게 측정된 결과의 일부를 나타내면 <표 1>과 같다.

<그림 6> 태양전지 관련 기사의 연도별 건수(거시 동향: 연평균 증가율 0.22)



- 주: 1) 34건('04: 34건, '05: 45건, '06: 36건, '07: 45건, '08: 70건, '09: 44건
2) 2009년의 경우 1년분 전체가 아니어서 제외

<표 1> 단어출현 빈도수 연평균 증가율

단어	연도별 단어 출현 빈도수(비표준화)						연도별 단어 출현 빈도수(표준화, 건수)						연평균 증가율
	04	05	06	07	08	09	04	05	06	07	08	09	
산업	3	26	5	27	46	44	0.09	0.58	0.11	0.60	0.66	1.00	0.63
프로젝트	2	3	9	24	18	21	0.06	0.07	0.20	0.53	0.26	0.48	0.52
과학	5	3	8	11	29	36	0.15	0.07	0.17	0.24	0.41	0.82	0.41
박막	18	48	48	73	120	121	0.53	1.07	1.04	1.62	1.71	2.75	0.39
연료	2	18	4	8	13	13	0.06	0.40	0.09	0.18	0.19	0.30	0.38
유기	8	47	46	43	70	51	0.24	1.04	1.00	0.96	1.00	1.16	0.38
업체	5	7	19	22	12	29	0.15	0.16	0.41	0.49	0.17	0.66	0.35
효율성	3	7	13	8	16	17	0.09	0.16	0.28	0.18	0.23	0.39	0.34
교수	4	16	9	15	17	21	0.12	0.36	0.20	0.33	0.24	0.48	0.32
저렴	4	5	11	21	28	18	0.12	0.11	0.24	0.47	0.40	0.41	0.28
투명	8	7	8	10	31	35	0.24	0.16	0.17	0.22	0.44	0.80	0.28
건설	3	8	12	16	15	13	0.09	0.18	0.26	0.36	0.21	0.30	0.27
화학	3	3	6	2	17	11	0.09	0.07	0.13	0.04	0.24	0.25	0.23
태양전지	2	12	7	2	6	7	0.06	0.27	0.15	0.04	0.09	0.16	0.22
경제	2	4	2	4	4	7	0.06	0.09	0.04	0.09	0.06	0.16	0.22
흡수	7	14	26	12	49	24	0.21	0.31	0.57	0.27	0.70	0.55	0.22
전환	11	6	5	21	28	37	0.32	0.13	0.11	0.47	0.40	0.84	0.21
재료	20	29	31	49	101	65	0.59	0.64	0.67	1.09	1.44	1.48	0.20
연구	33	89	39	68	149	104	0.97	1.98	0.85	1.51	2.13	2.36	0.19
독일	4	6	21	30	15	12	0.12	0.13	0.46	0.67	0.21	0.27	0.18
연구팀	7	12	7	14	27	21	0.21	0.27	0.15	0.31	0.39	0.48	0.18
물질	14	19	31	20	52	38	0.41	0.42	0.67	0.44	0.74	0.86	0.16
실리콘	44	69	95	209	222	119	1.29	1.53	2.07	4.64	3.17	2.70	0.16
전극	18	10	7	39	40	48	0.53	0.22	0.15	0.87	0.57	1.09	0.16
기관	3	4	3	6	2	8	0.09	0.09	0.07	0.13	0.03	0.18	0.16
기술	54	68	66	171	185	143	1.59	1.51	1.43	3.80	2.64	3.25	0.15
전기	34	39	23	73	60	86	1.00	0.87	0.50	1.62	0.86	1.95	0.14
생산량	6	5	9	28	15	15	0.18	0.11	0.20	0.62	0.21	0.34	0.14
결정	12	37	19	30	33	29	0.35	0.82	0.41	0.67	0.47	0.66	0.13
크기	5	10	10	12	46	12	0.15	0.22	0.22	0.27	0.66	0.27	0.13
대량	3	7	7	12	14	7	0.09	0.16	0.15	0.27	0.20	0.16	0.13
상용화	3	4	3	6	16	7	0.09	0.09	0.07	0.13	0.23	0.16	0.13
전지	229	336	298	551	909	506	6.74	7.47	6.48	12.24	12.99	11.50	0.11
접합	5	46	4	5	11	11	0.15	1.02	0.09	0.11	0.16	0.25	0.11
회사	26	21	25	44	45	53	0.76	0.47	0.54	0.98	0.64	1.20	0.10

주: 기사 건수의 연평균 증가율 0.22를 기준으로 함

2.2. 단어의 연결정도 중심성 측정

태양전지 관련 기사의 본문 중에서 단어 간의 관계를 시계열로 분석함으로써 시간에 따라 어떠한 단어가 다른 단어와의 관계가 많아지는지 알 수 있고, 이것이 어떠한 일정한 값(거시 동향)에 비해 차이가 많을 경우는 변화의 징후라 할 수 있다. 이의 측정을 위해, 단어 간의 사회연결망(SNA) 분석을 수행하여 중심성 지수의 변화를 측정하였다.

사회연결망 분석에서 중요한 것은 노드(node)와 연결(link)에 대한 설정인데, 본 연구에서 노드는 측정대상인 단어라 할 수 있고, GTB 기사(record) 하나를 하나의 사건(event)라 할 경우 이를 구성하고 있는 단어들은 이러한 하나의 사건에 연결되어 있다고 할 수 있다.

따라서 단어간 공동으로 발생하는 기사를 계수하여 매트릭스로 나타내는데, 특히 시계열 분석을 위해서는 먼저 수집된 기사정보를 1년 단위 데이터셋으로 구성할 필요가 있고, <표 2>에서와 같이 본문에서 단어를 추출하여 이들 단어들 간의 매트릭스(Co-occurrence Matrix)를 작성한다.

<표 2> 단어 동시 출현 매트릭스(2009년)

	전지	태양	개발	에너지	기술	연구	실리콘	전기	사용	현재	효율	생산	제조	발전	세계	비용	...
전지	44	44	38	34	33	31	30	30	27	27	27	25	25	23	22	20	
태양	44	44	38	34	33	31	30	30	27	27	27	25	25	23	22	20	
개발	38	38	38	33	30	29	27	26	23	24	26	22	24	20	19	18	
에너지	34	34	33	34	25	25	23	23	20	21	23	21	20	16	19	16	
기술	33	33	30	25	33	23	26	24	20	20	21	19	20	19	19	16	
연구	31	31	29	25	23	31	21	21	19	18	21	15	21	16	15	15	
실리콘	30	30	27	23	26	21	30	22	19	18	21	19	21	18	17	14	
전기	30	30	26	23	24	21	22	30	18	21	19	17	16	16	18	12	
사용	27	27	23	20	20	19	19	18	27	14	16	15	17	12	11	13	
현재	27	27	24	21	20	18	18	21	14	27	18	19	16	16	14	12	
효율	27	27	26	23	21	21	21	19	16	18	27	15	16	14	14	15	
생산	25	25	22	21	19	15	19	17	15	19	15	25	15	12	12	10	
제조	25	25	24	20	20	21	21	16	17	16	16	15	25	12	13	11	
발전	23	23	20	16	19	16	18	16	12	16	14	12	12	23	12	9	
세계	22	22	19	19	19	15	17	18	11	14	14	12	13	12	22	10	

비용	20	20	18	16	16	15	14	12	13	12	15	10	11	9	10	20
시장	19	19	17	14	17	11	15	13	9	13	12	16	10	12	11	11
위한	19	19	18	16	11	12	11	10	13	10	10	13	11	9	5	9
가능	18	18	17	14	14	12	11	12	11	10	12	8	10	12	8	7
목표	18	18	15	13	14	12	13	11	8	14	11	10	12	11	10	9
향상	18	18	17	15	15	12	13	15	9	12	14	9	9	12	10	10
공급	17	17	15	13	13	10	11	9	11	11	6	13	12	8	6	9
박막	17	17	16	14	13	12	14	14	7	13	12	10	10	10	9	9
일본	17	17	13	10	14	11	12	10	10	10	9	10	8	9	7	12
재료	17	17	16	13	13	15	13	13	11	13	10	11	13	9	8	9
:																

<표 3> 연결정도 중심성(degree centrality) 연평균 증가율

본문 추출 단어	연 도						연평균증가율
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
건설	0.1528	0.3081	0.2790	0.3224	0.2622	0.2341	0.09
연료	0.1751	0.4470	0.1547	0.2673	0.3248	0.2622	0.08
가능성	0.2329	0.3654	0.2079	0.3174	0.3910	0.2768	0.04
산업	0.2730	0.5209	0.2536	0.4861	0.4849	0.2946	0.02
성장	0.2062	0.3547	0.3314	0.5382	0.4855	0.2211	0.01
효율성	0.2745	0.2187	0.2790	0.2959	0.2865	0.2854	0.01
안정	0.2211	0.2225	0.1961	0.1873	0.2912	0.2292	0.01
과학	0.3116	0.1127	0.2367	0.3445	0.3144	0.3189	0.00
적립	0.2938	0.2770	0.3609	0.4389	0.4623	0.3005	0.00
전환	0.3279	0.2128	0.1107	0.3074	0.4072	0.3103	-0.01
화학	0.3205	0.1302	0.2485	0.1158	0.3602	0.2946	-0.02
강화	0.2211	0.2595	0.1538	0.2452	0.2303	0.1973	-0.02
흡수	0.3338	0.2760	0.4252	0.3603	0.4658	0.2914	-0.03
유기	0.3294	0.2993	0.3356	0.4739	0.4693	0.2762	-0.03
독일	0.2774	0.2770	0.2409	0.5068	0.2709	0.2259	-0.04
효과	0.1884	0.4354	0.1538	0.2881	0.4733	0.1486	-0.05
연구원	0.2507	0.3683	0.2527	0.3531	0.3190	0.1968	-0.05
결합	0.2596	0.2935	0.1581	0.3910	0.3184	0.2011	-0.05
프로젝트	0.2507	0.1322	0.2316	0.3016	0.3358	0.1919	-0.05
대학	0.3843	0.4869	0.3085	0.3688	0.3736	0.2908	-0.05
변화	0.2730	0.3644	0.2494	0.3417	0.4014	0.2032	-0.06

상용화	0.2404	0.2566	0.1200	0.3503	0.3312	0.1789	-0.06
유럽	0.3249	0.2993	0.2375	0.3881	0.2836	0.2384	-0.06
교수	0.2745	0.4043	0.2477	0.3159	0.3358	0.2005	-0.06
물질	0.3872	0.3362	0.4413	0.4389	0.4548	0.2697	-0.07
가스	0.3976	0.3586	0.1547	0.2523	0.2448	0.2730	-0.07
기관	0.3694	0.1594	0.2975	0.4546	0.5429	0.2530	-0.07
설계	0.3650	0.3537	0.2215	0.3267	0.3126	0.2432	-0.08
규모	0.4659	0.4869	0.3356	0.4753	0.4368	0.3092	-0.08
미래	0.3071	0.1633	0.1352	0.1344	0.2338	0.2032	-0.08
광전지	0.2715	0.3061	0.1944	0.1858	0.1375	0.1773	-0.08
프로세스	0.2359	0.1973	0.1741	0.2244	0.3509	0.1519	-0.08
경제	0.1944	0.1953	0.1065	0.1187	0.1949	0.1232	-0.09
전하	0.1810	0.1837	0.2215	0.1887	0.2158	0.1141	-0.09
대량	0.3576	0.2420	0.2595	0.4067	0.3979	0.2249	-0.09
업체	0.3991	0.2789	0.2257	0.4267	0.3063	0.2497	-0.09

주: 연도별 평균 연결 중심성의 연평균 증가율 -0.016을 기준으로 함

중심성(centrality) 분석은 한 노드(node)가 네트워크에서 얼마나 중심에 위치하는지에 대한 정도를 측정하는 방법이다. 노드는 특정 측정(measure)에 의해 가질 수 있는 최대 값과 현재 network상에서 가지는 값의 비율에 대한 분석으로, 측정에는 degree와 betweenness가 있다.

특히, 본 연구에서 다루는 연결정도 중심성(degree centrality) 분석이란 네트워크를 구성하는 어느 하나의 점과 이것과 직접적으로 연결된 다른 점들과의 연결 정도를 측정하여, 각각의 점들이 네트워크에서 얼마나 중심에 위치하는지를 알아보는 기법이다. 즉, 네트워크상에서 점이 직접적인 관계 또는 흐름을 가질 수 있는 전체 경우의 수에서 실제 점이 가지고 있는 직접적인 관계 또는 흐름 수의 비율(portion)을 바탕으로 한다.

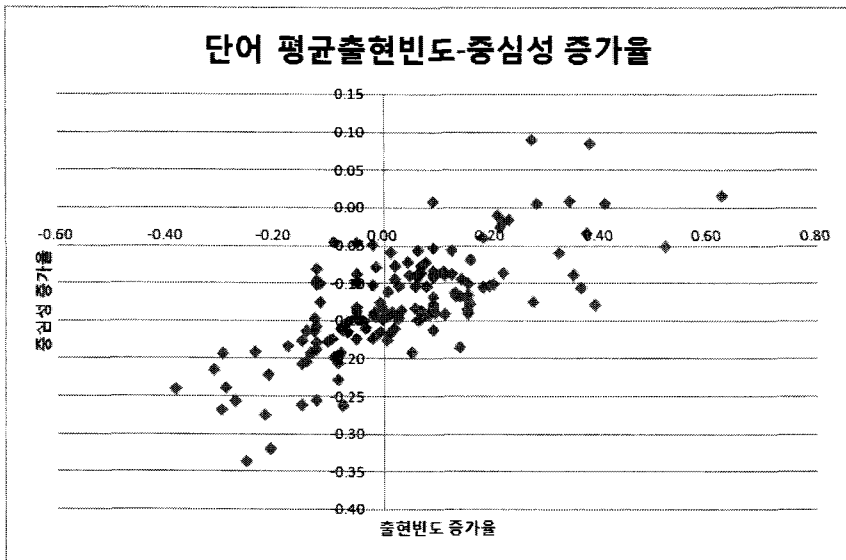
degree centrality 분석은 두 점의 연결 방향성에 따라 in-degree centrality 분석과 out-degree centrality 분석으로 나누어진다. in-degree centrality 분석은 다른 점들로부터 하나의 점으로 들어오는(in) 관계만을 고려한 방법이며, out-degree centrality 분석은 하나의 점에서 다른 점들로 나가는(out) 관계만을 고려한 방법이다. 여기서는 단어간의 방향에 대한 고려는 없고, 연결 정도만을 측정하기 때문에 in-degree와 out-degree의 구분이 필요없다.

3. weak signal 탐색 및 의미 해석

특정 주제분야에 있어서 weak signal의 탐색은 매우 약한 신호를 미리 탐색하는 것으로 이며 나타나는 거시적 동향과는 의미가 다르다 할 수 있다.

앞에서 측정된 단어의 평균출현빈도수 증가율과 중심성 증가율을 두 개의 축으로 하여 도표로 나타내면 <그림 7>과 같다. 중심에 분포한 단어군은 거시적인 동향을 나타내고 있다고 할 수 있고, 중심에서 벗어난 정도가 높은 단어군들이 변화의 징후를 나타내는 weak signal이라 할 수 있다. 향후 영향력이 높아지고 출현 가능성이 높아지는 단어군을 정리하면 <표 4>와 같이 나타낼 수 있다.

<그림 7> 단어 평균출현빈도-중심성 증가율



<표 4> 증가율이 높은 단어 리스트

구 분	단 어
평균출현빈도 증가율 상위 15% 단어	산업, 프로젝트, 과학, 박막, 연료, 유기, 업체, 효율성, 교수, 저렴, 투명, 건설, 화학, 태양전지, 경제, 흡수, 전환, 재료, 연구
연결 중심성 증가율 상위 15% 단어	건설, 연료, 산업, 효율성, 과학, 저렴, 전환, 화학, 태양전지, 흡수, 유기, 독일, 효과, 연구원, 결합, 프로젝트, 대학, 변화, 상용화
출현빈도수 증가율 상위 15% 키워드	태양전지, 실리콘, 박막, 재생에너지, 발전, 나노기술, 셀, 모듈, 에너지, 환경, 효율

이렇게 도출된 단어는 분절되어 있기 때문에 어떠한 의미를 발견하기 위해서는 원래 기사에서 표현된 문장을 확인할 필요가 있다.

분석 대상어였던 GTB 기사 273건에서 연결 중심성 증가율이 높은 단어(상위 15%)와 평균출현빈도 증가율이 높은 단어(상위 15%)를 찾아 해당 단어가 포함된 문장을 확인하여 의미를 해석하고자 하였다. <그림 8>에 예시를 나타내었으며, 의미를 해석한 결과를 <표 5>에 나타내었다.

<그림 8> 기사 원문에서의 단어의 의미(예시: “박막”)

초박막(Ultra-thin) 태양전지 반도체 패키지에서 최대 300mW의 전력을 발생시킬 수 있게 되었다.

다른 대역의 광을 포착하도록 폴리머의 적층 박막을 설계하여 전원-변환 효율을 촉진하는 것이 가능하다.

6건에 달하는 ‘박막(薄膜, film) 태양전지’ 및 ‘태양 에너지를 이용한 발전 기술’ 연구 개발 분야에서 달성한 ‘국제적으로 선행 분야에 속하는 최신 연구 개발 성과’를 공식 발표하였다.

동·인디움·갈륨·셀렌의 박막 재료를 이용하는 CIGS 태양전지의 실용화가 시작되고 있다. CIGS 태양전지에는 현재 산화 아연계의 투명 전극 재료가 사용되고 있고 투명 전극은 CIGS층 위에 박막으로 형성된다.

토레이 주식회사(Toray)는 자사의 핵심 기술 중 하나인 고분자 과학과 유기 합성 화학의 융합에 의해 유기 박막 태양전지의 핵심 재료인 폴리머계 도너 재료를 신규 개발해 유기 박막 태양전지로서는 세계 최고 수준의 변환 효율 5.5%의 실현에 성공했다.

<표 5> 주요 단어의 기사원문 내용중의 의미

주요 단어	기사원문 내용 중의 의미 해석
박막	유기 박막 태양전지, 초박막 태양전지
연료	화석 연료 미사용, 연료 전지 확대
투명	투명 태양전지, 투명 전극(전도막)
유기	유기 태양전지, 유기 염료감응 태양전지
독일	독일의 시장 견인, 독일의 태양에너지 연구소

<표 4>에서 평균출현빈도 증가율 상위 단어들과 연결 중심성 증가율 상위 단어들은 미래 이상 징후를 나타낼 수 있는 weak signal의 실마리라 할 수 있을 것이고, <표 5>의 의미 해석과 같이 메가트렌드를 형성해 갈 것으로 예상할 수도 있다.

또한 <표 5>와 같이 기사 원문에서의 단어의 의미 해석은, 물론, 전문가마다 다른 의미를 찾고, 다양한 해석을 할 수도 있을 것이다. 그러나, 이러한 과정은 이는 이미 인지되고 주요 동향으로 예상되는 것 보다는 좀 더 먼 미래에 발생할 변화의 징후인 weak signal에 대해 기초 지식 정보를 제공한다는 점이 중요하고, 전문가의 기술변화 감지에 있어서 보완적으로 활용 가능할 것으로 기대된다.

V. 결 언

본 논문은 기술혁신의 추세를 예측하고 향후 미래 기술변화를 조기에 감지하기 위한 ‘weak signal’을 탐색하기 위한 방법론을 검토하고 이를 실제 사례에 적용하여 분석함으로써 기존의 전문가 기반의 탐색방법에 대한 보완적 수단을 제시하기 위한 연구이다.

따라서 본 연구는 지금까지 주로 전문가 기반으로 이루어져 왔던 미래 weak signal 탐색방법을 보다 객관적인 방법론을 통해 지원할 수 있는 계량정보학적 접근방법을 제시하고자 하였으며, 웹 상에 구축되어 있는 과학기술관련 비정형 정보를 대상으로 기술혁신에 있어서의 weak signal을 탐색하고, 태양전지 분야를 통해 weak signal을 도출하였다는 점에서 의의가 있다.

향후 weak signal에 대해 보다 더 정밀도를 갖는 분석을 위해서는 시계열 분석에 있어서 1년 단위보다 좀 더 세분화된 시간을 설정하여 분석을 수행할 필요가 있을 것으로 생각되며, 단어의 정제에 있어서도 폭넓은 유사어의 고려 및 의미 간의 계층구조도 반영할 수 있는 의미기반의 분석이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 제임스 테이터, 우태정 역 (2008), 「다가오는 미래」, 예문.
- Ansoff, H. I. (1975), "Managing Strategic Surprise by Response to Weak Signals", *California Management Review*, Vol. 18, No. 2, pp. 21-33.
- Ansoff, H. I. (1984), *Implanting Strategic Management*, Englewood-Cliffs, NJ: Prentice-Hall International.
- Brown, D. (2007), "Horizon Scanning and the Business Environment: The Implications for Risk Management", *BT Technology Journal*, Vol. 25, No. 1, pp. 208-214.
- Coffman, B. S. (1997), "Weak Signal Research", *Journal of Transition Management*, available at: <http://mgtaylor.com/mgtaylor/jotm/winter97/wsrintro.htm>
- Coffman, B. S. (1997), *Weak Signal Research, Part I: Introduction*, MG Taylor Corporation.
- Coffman, B. S. (1997), *Weak Signal Research, Part II: Information Theory*, MG Taylor Corporation.
- Coffman B. S. (1997), *Weak Signal Research, Part III: Sampling, Uncertainty and Phase Shifts in Weak Signal Evolution*, MG Taylor Corporation.
- Coffman B. S. (1997), *Weak Signal Research, Part IV: Evolution and Growth of the Weak Signal to Maturity*, MG Taylor Corporation.
- Coffman B. S. (1997), *Weak Signal Research, Part V: A Process Model for Weak Signal Research*, MG Taylor Corporation.
- Conway, M. (2008), "An Overview of Foresight Methodologies", *Thinking Futures*, January.
- Day, G. and P. Schoemaker (2005), "Scanning the Periphery", *Harvard Business Review*, November, pp. 135-148.
- de Brabandere, L. (2005), "False Endings, Weak Signals: Putting Together the Odd Pieces of Information that Could Save Your Business", *Across the Board*. July/August, pp. 52-55.
- Fountain Park, "Ansoff's Three Different Filter", <http://hosting.fountainpark.com/strategysignals/HSC>, "ΣSCAN/△SCAN", (<http://www.foresight.gov.uk/Horizon%20Scanning%20Centre/index.asp>)
- Fountain Park, "Weak Signals Toolset", <http://hosting.fountainpark.com/strategysignals>.
- Godet, M. (1994), *From Anticipation to Action: A Handbook of Strategic Prospective*, UNESCO Publishing.
- Hiltunen, E. (2008), "The Future Sign and Its Three Dimensions", *Futures*, Vol. 40, No. 3, pp. 247-260.

- Hiltunen, E. (2006), "Was It a Wild Card or Just Our Blindness to Gradual Change", *Journal of Futures Studies*, Vol. 11, No. 2, pp. 61-74.
- Ilmola, L. and Kuusi, O. (2006), "Filters of Weak Signals Hinder Foresight: Monitoring Weak Signals Efficiently in Corporate Decision-making", *Futures*, Vol. 38, pp. 908-924.
- Kajava, J., Savola, R. and Varonen, R. (2005), "Weak Signals in Information Security Management", *Computational Intelligence and Security*, Vol. 2, pp. 508-517.
- Mendonca, S. and M. Pinaecunha (2004), "1-Wild Cards Weak Signals and Organisational Improvisation", *Futures*, Vol. 36, pp. 201-218.
- Saul, P. (2006), "Seeing the Future in Weak Signals", *Journal of Future Studies*, Vol. 10, No. 3, pp. 93-102.
- Salmon, R. (2000), "Picking-up Weak Signals", *From Intuition to Conviction*, www.competia.com, February.
- Trendwiki, "Signal", <http://www.trendwiki.fi/>
- Uskali, T. (2005), "Paying Attention to Weak Signals", *Innovation Journalism*, Vol. 2, No. 11, pp. 3-19.
- Van der Heijden, K. (1997), *Scenarios, Strategies and the Strategy Process*.

□ 투고일: 2009. 09. 01 / 수정일: 2009. 10. 10 / 게재확정일: 2009. 10. 20