

Technology Development Strategy of Piggyback Transportation System Using Topic Modeling Based on LDA Algorithm

Sung-Chan Jun*, Seong-Ho Han**, Sang-Baek Kim***

*Student, Dept. of Industrial Management Engineering, Korea University, Seoul, Korea

**Researcher, Railroad Type Approval Team, Korea Railroad Research Institute, Seoul, Korea

***Student, Dept. of Packaging, Yonsei University, Wonju, Korea

[Abstract]

In this study, we identify promising technologies for Piggyback transportation system by analyzing the relevant patent information. In order for this, we first develop the patent database by extracting relevant technology keywords from the pioneering research papers for the Piggyback flatcar system. We then employed textmining to identify the frequently referred words from the patent database, and using these words, we applied the LDA (Latent Dirichlet Allocation) algorithm in order to identify “topics” that are corresponding to “key” technologies for the Piggyback system. Finally, we employ the ARIMA model to forecast the trends of these “key” technologies for technology forecasting, and identify the promising technologies for the Piggyback system. with keyword search method the patent analysis. The results show that data-driven integrated management system, operation planning system and special cargo (especially fluid and gas) handling/storage technologies are identified to be the “key” promising technologies for the future of the Piggyback system, and data reception/analysis techniques must be developed in order to improve the system performance. The proposed procedure and analysis method provides useful insights to develop the R&D strategy and the technology roadmap for the Piggyback system.

▶ **Key words:** Multi-modal, Piggyback flatcar system, Patent analysis, Network analysis, Time series analysis, Clustering

[요 약]

본 연구는 피기백 화차운송 시스템의 특허문서를 활용하여 관련 분야의 유망기술을 파악하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 피기백 운송 시스템의 선행연구 및 관련 보고서로 기술 키워드를 추출하여 특허문서를 추출한다. 추출된 특허문서에 텍스트마이닝 기법을 적용하여 빈도수가 높은 키워드를 확인하고 피기백 운송 시스템의 핵심기술의 토픽을 식별하기 위해 LDA(Latent Dirichlet Allocation) 알고리즘을 적용하였다. 마지막으로, 시계열 분석 기법인 ARIMA 모델을 핵심기술의 토픽에 적용하여 기술 추세를 예측하고 피기백 운송 시스템에 대한 유망한 기술을 식별하였다. 특허 분석 결과, 데이터 기반 통합관리 시스템과 운영 계획 시스템 그리고 복합수송 중 특수 화물(기체, 액체류) 운송 및 보관 기술이 미래에 유망한 핵심기술로 도출되었고, 데이터 송수신 및 분석 기술이 중요한 세부 기술임을 확인하였다. 제안된 분석 방법은 피기백 운송 시스템의 R&D 연구개발 전략 및 기술 로드맵을 개발하는 데 있어 충분한 자료가 될 수 있다.

▶ **주제어:** 복합수송, 피기백 화차 시스템, 특허분석, 네트워크 분석, 시계열 분석, 군집화

-
- First Author: Sung-Chan Jun, Corresponding Author: Seong-Ho Han
 - *Sung-Chan Jun (kaikai95@korea.ac.kr), Dept. of Industrial Management Engineering, Korea University
 - **Seong-Ho Han (shhan@krri.re.kr), Railroad Type Approval Team, Korea Railroad Research Institute
 - ***Sang-Baek Kim (ksa1019@yonsei.ac.kr), Dept. of Packaging, Yonsei University
 - Received: 2020. 10. 26, Revised: 2020. 11. 16, Accepted: 2020. 11. 18.

I. Introduction

물류산업의 선진화, 국제화로 인하여 물동량이 증가하고 있는 가운데, 세계는 화물 운송이 환경에 미치는 영향을 우려하고 있다. 화물 수송은 트럭, 철도, 선박, 항공 등 다양한 운송 수단을 통해 운송된다 [1]. 각 운송 수단은 비용, 운송 시간, 접근성 측면에서 서로 다른 특성이 있으나 온실가스를 배출하여 환경을 오염시킨다는 공통점을 가지고 있으며, 화물 운송으로 인한 전 세계 온실가스 배출량은 전체의 14%를 차지하고 있다 [2][3]. 화물 물동량 수요 동향으로 온실가스 배출량을 예측해볼 때, 조사된 수치보다 더욱 증가할 것으로 예상된다. 오늘날, 온실가스 배출량 증가는 많은 국가와 기업들이 크게 주목하고 있으며, 이를 해결하기 위한 대체 운송 솔루션을 찾고 있다 [4][5].

최근 운송 수단 변경할 때, 대상 화물의 환적 자체를 처리하지 않고, 최소 두 가지 운송 수단을 연계하여 출발지에서 목적지까지 화물을 운송하는 복합화물 피기백 화차 운송 시스템이 주목받고 있다 [6]. 복합화물 운송 방법은 화물 환적작업으로 인해 생기는 취급소요비용, 손상 및 손실을 줄이고 운송 속도 향상이 가능하게 한다는 이점이 있다 [7]. 추가로 환경친화적인 철도 기반 운송 수단과의 연계를 통해 트럭 운송보다 77.4%의 온실가스 배출량을 줄이고, 43.48%의 연료 효율성을 높이는 등 다양한 효과가 있음을 확인하였다 [8][9]. 또한, 운송 및 물류 분야에서 복합화물 운송 시스템에 관한 다양한 연구를 통해 운송 수단 간 협력의 운영 효율성과 운송 네트워크의 성능을 향상시켰고 [10-12], 실시간 운송 모니터링에 대한 연구 및 기술개발이 진행되고 있다 [13][14]. 이처럼 복합화물 피기백 화차 운송 시스템은 화물의 수송수단, 상하역 환적수단, 효율적인 연계운영 수단 등 하드웨어/기술적 측면과 소프트웨어/시스템 측면으로 복합화물 운송 시스템이 개발되고 있다.

복합화물 피기백 화차 운송 시스템에 대해 중요성을 인지한 국가 및 기업들은 해당 기술을 선점하기 위하여 기술 개발을 진행하고 있다. 첨단 기술의 발전으로 기술개발은 다양한 분야의 융합으로 이루어져 있는데, 기술 간 융합 관계를 도출하고, 기술개발 전략을 도출하기 위해 특허문서를 활용한다 [15]. 특허문서에는 독창성, 기술 타당성, 상업적 가치에 대한 명시적 기준을 충족하기 때문에 기술적 속성과 시장 속성을 모두 포함하고 있어 새로운 기회를 식별하고, 향후 연구개발 활동을 계획하는데 활용할 수 있다 [16]. 따라서 특허문서의 기술정보를 활용하여 기술 기회 발굴이 가능하다. 기술정보를 기반으로 기술 분야 간 협력 관계 도출, 기술 트렌드 분석 및 미래 기술 도출 등

다양한 분석을 통해 기술개발 전략을 도출할 수 있다 [17-19].

첨단 기술이 발전함에 따라 산업은 복잡성, 변동성 및 급진성인 요소들이 추가되었다 [20]. 이러한 환경에서 국가 및 기업의 경쟁력을 높이기 위해 경쟁자보다 먼저 미래 기술을 발견하고 기술개발을 통한 기술 선점이 필수적이다 [21]. 경쟁력 향상과 생존을 위하여 특허를 통해 기술 동향을 분석하고 새로운 기술을 기반으로 미래 전략을 세워야 한다. 따라서 본 연구는 복합화물 피기백 화차 운송 시스템 분야의 연구 개발(R&D) 계획 전략을 도출하기 위해 한국, 중국, 미국, 유럽 등 세계 각국의 피기백 화차 운송 시스템과 관련된 특허를 수집하고, 수집된 특허를 기반으로 핵심기술 분야 및 미래 유망한 기술 분야를 도출한다. 최종적으로 유망한 핵심기술 분야의 세부기술 간 관계 분석을 통해 피기백 운송 시스템의 기술개발 전략을 도출하는 것을 목표로 한다.

II. Preliminaries

1. Related Work

1.1 Patent Topic Modeling

토픽 모델링(Topic Modeling)은 전체문서에서 발생하는 다양한 토픽을 발견하기 위한 텍스트마이닝 기법으로, 대표적으로 LDA(Latent Dirichlet Allocation) 알고리즘이 존재한다. LDA 알고리즘은 문서 내의 숨겨진 토픽을 찾는 알고리즘으로 토픽별 문서와 단어 확률을 파라미터를 통해 도출하는 알고리즘이다. 따라서, 문서 내 포함하고 있는 단어들을 보이지 않는 잠재변수를 통해 토픽을 추론하는 것을 목적으로 하며 LDA 알고리즘을 통해 문서 전체의 토픽들과 문서에 따른 토픽 비율, 각 토픽에 포함하는 단어들의 분포를 알려준다 [22].

토픽 모델링 기법인 LDA 알고리즘을 활용하여 기술 동향 분석 및 기술개발 전략을 도출한 연구 사례가 다수 존재한다. 안전 분야의 기술 동향을 분석하고, LDA 알고리즘을 통하여 기술 분야를 도출하여 미래기술 분야 전략 수립에 활용하였다 [23]. 특허문서뿐만 아니라 논문 문서를 분석하여 태양광 에너지 기술 동향 및 기술 분야를 LDA 알고리즘을 통해 확인하였다. 시간대별 변화하는 기술분야 별 키워드를 분석하며 미래 연구 방향성에 대한 기술전략을 도출하였다 [24]. 또한, 철도차량용 무선급전시스템의 논문 동향을 LDA 알고리즘을 기반으로 분석하였고, 기술 분야별 미래 유망성을 확인하여 연구개발전략을 도출하였다 [22].

본 연구는 복합수송 피기백 화차 운송 시스템의 기술 동향을 파악하기 위하여 특허문서 데이터에 LDA 알고리즘을 적용하였다. LDA 알고리즘을 통해 도출되는 다양한 토픽을 정의하기 위해 토픽별 핵심 키워드와 특허문서를 분석하여 토픽을 정의한다.

1.2 Time Series Analysis

LDA 알고리즘을 통해 도출된 기술 분야의 동향을 분석하기 위해 시계열 분석이 적용된다. 시계열 분석은 시간 사이에 일정한 간격을 두고 연속적으로 얻은 과거의 자료인 시계열 데이터를 통해 미래의 값을 예측하는 방법론이다. 시계열 데이터는 시점과 빈도로 이루어져 있으며, 시점은 독립변수, 빈도수는 종속변수가 되어 통계적 방법을 통해 미래를 예측한다. 이는 다양한 환경변수로 인하여 장기적 관점보다는 단기, 중기적 관점에 적하다 [25].

시계열 분석에는 다양한 예측분석 모델이 존재하지만, 본 연구에는 이전의 값이 이후의 값에 영향을 미치는 자기상관과 시간이 지남에 따라 랜덤 변수의 영향 그리고 과거 데이터의 추세까지 반영한 ARIMA 모형을 기술 분야의 동향 분석에 적용한다.

피기백 화차 운송 시스템의 다양한 기술 분야가 존재하지만, 기술개발 전략 도출을 위해서 유망한 분야 도출이 필요하다. 따라서, 본 연구는 LDA 알고리즘을 통해 도출된 토픽에 ARIMA 모형을 통한 시계열 분석을 적용하여 각 기술 분야별 유망성을 확인하고 이를 Hot, Active, Cold Topic으로 구분하여 분석한다.

1.3 Patent Network Analysis

네트워크 분석은 행위자 간의 관계를 행렬로 표현하고, 네트워크의 구조를 다양한 지표를 통해 파악하며 시각적으로 도식화하여 분석하는 방법론이다. [26] 네트워크 분석은 사회과학 분야에서 사람 간의 관계를 분석하기 위해 적용되었고, 연구 동향 분석에서는 저널 간의 인용 관계를 분석하기 위해 동시 인용 분석에 대한 연구가 진행되었다. 최근 기술 동향 분석에 있어 기술 간 관계를 분석하기 위해 기술 키워드 간 네트워크 분석이 적용되고 있다. 네트워크 구조를 파악하기 위한 지표로는 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성 등 다양한 지표가 존재하며 지표를 통해 주요 행위자를 분석한다 [27].

피기백 화차 운송 시스템의 기술개발 전략 도출을 위해 본 연구 세부기술 간의 관계를 확인한다. 시계열 분석으로 도출된 미래 유망한 기술 분야의 특허를 기반으로 특허문서-키워드 행렬을 구성한다. 해당 행렬은 동시 출현행렬로

써, 키워드 간 상관관계를 분석하여 네트워크를 시각화할 수 있다. 도식화된 네트워크는 기술 분야에서의 기술 간의 연결 관계를 의미하기 때문에 기술개발을 위하여 핵심기술과 주변 기술을 식별할 수 있으며, 이를 기반으로 기술개발 전략을 수립할 수 있다.

III. Methodology

1. Research Framework

Fig. 1은 피기백 운송 시스템의 핵심기술 분야를 도출하고 세부기술 간 관계를 도출하기 위한 연구 프레임워크를 보여 준다. 첫째, 한국, 미국, 중국 등 여러 국가에 설치된 특허 데이터베이스에서 특허문서를 수집한다. 특허문서는 구조화되지 않은 데이터로 데이터 전처리 및 텍스트 마이닝을 통해 구조화된 데이터로 변환하는 과정을 거친다. 둘째, 구조화된 데이터를 LDA 알고리즘을 통해 특허문서를 군집화하여 핵심기술 분야를 도출한다. 셋째, 핵심기술 분야의 미래 방향성을 확인하기 위하여 ARIMA 시계열 모델을 적용한다. 마지막으로, 유망한 핵심기술 분야에서 SNA 분석 방법론을 적용하여 세부기술 간의 관계를 도출한다. 따라서 피기백 운송 시스템 기술 분야에서 핵심기술 분야 및 세부기술 간 관계를 도출한다.

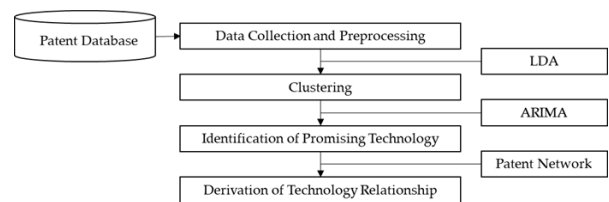


Fig. 1. Overall Framework

2. Detailed methodology

2.1 Topic Modeling by LDA

본 연구는 특허문서의 “발명의 명칭”과 “요약” 정보에 LDA 알고리즘을 적용하여 토픽을 도출한다. LDA 알고리즘은 R programming 패키지 중 “topicmodels”를 사용하였고, LDA 알고리즘의 파라미터를 추정하기 위하여 Gibbs Sampling 방식을 사용한다. LDA 알고리즘을 적용하기 위하여 사전에 토픽의 개수인 군집 수를 결정해야 한다. 군집 수는 언어 복잡도 알고리즘을 적용하여 해석력이 높은 군집 수를 설정하였다.

LDA 알고리즘은 문서-단어행렬을 입력데이터로 사용하고, 문서 내 단어들에 대한 디리클레(Dirichlet) 분포를 통해

토픽을 생성한다 [22]. Fig. 2와 같이 문서에 포함된 단어로 문서에 따른 단어 분포를 생성할 수 있고, 해당 정보를 기반으로 문서와 토픽, 토픽과 단어의 베이저안 확률개념을 적용하여 토픽에 대한 문서, 단어의 확률을 도출한다 [23].

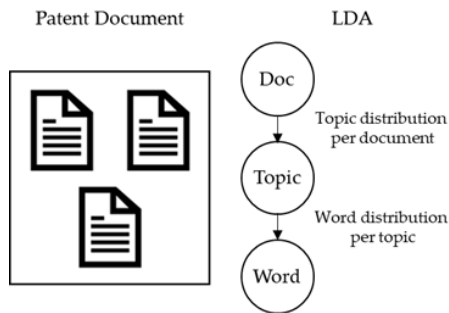


Fig. 2. Concept of LDA

2.2 Time Series Analysis by ARIMA

본 연구에서는 LDA 알고리즘으로 도출된 기술 분야별 동향을 분석하기 위하여 시계열 분석을 적용하였다. 각 기술 분야의 추세를 확인하기 위하여 시계열 분석 모델인 ARIMA 모델을 사용하였으며, ARIMA 모델의 자기 회귀모델의 차수, 차분, 이동평균 변수인 p , d , q 변수는 R programming 패키지 중 “auto.arima” 함수를 활용하였다.

기술 분야의 추세는 과거 선행연구에서 정의한 바와 같이 상승하는 추세인 Hot 토픽, 꾸준한 활동성을 유지하는 Active 토픽, 하강하는 추세인 Cold 토픽으로 구분하여 분석한다 [28].

2.3 Social Network Analysis

SNA는 네트워크에서 행위자가 어떤 위치에 존재하고 어떠한 역할을 수행하는지 확인하는 중심성 분석으로 구성되어 있다. 중심성 분석은 행위자의 역할을 분석하기 위한 방법으로 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성 등 다양한 지표로 계산한다. 해당 지표는 노드가 네트워크의 어떤 위치에 존재하고 영향력이 있는지 확인할 수 있다 [29]. 연결 중심성은 노드와 연결된 다른 노드와의 연결 개수를 수치화한 지표로, 수치가 클수록 다른 노드와의 연결성이 높기 때문에 중요도가 높다고 해석한다.

근접 중심성은 네트워크 내 간접적인 연결까지 고려한 지표로, 한 노드와 다른 모든 노드 사이의 최단 경로 길이 합으로 표현한다. 이는 행위자(노드)와 다른 모든 노드 간의 거리를 강조되기 때문에 네트워크의 전반적인 관계를 고려할 수 있는 글로벌 네트워크 중심성 측정이 가능하다.

매개 중심성은 직접 연결되지 않은 노드 간 관계를 통제 또는 중개하는 정도를 나타내는 지표로, 모든 정점에서 해

당 노드를 통과하는 다른 모든 정점까지의 최단경로 수로 계산된다. 이는 전체 네트워크를 대상으로 계산되고 네트워크 내 어디에 있는지를 확인하기 때문에 해당 지표의 수치가 클수록 전체 네트워크를 통한 정보 전송에 큰 영향을 미친다고 해석할 수 있다. 또다른 측면으로 해석하면, 매개 중심성이 큰 노드는 네트워크 내 정보 전송 시 정보를 왜곡하거나 거를 수 있기 때문에 네트워크 활동을 방해하거나 중단시킬 수 있는 잠재력을 가질 수 있는 위협적인 노드로 해석할 수 있다.

IV. Results

1. Patent Data

1.1 Patent Data Collection

본 분석에서는 Wipson 데이터베이스를 통해 1974년 01월부터 2020년 09월까지 한국, 중국, 미국, 유럽 공개/등록 특허를 대상으로 추출하였으며, 특허 검색식은 복합 화물 피기백 화차 운송 시스템 관련 선행연구 및 보고서를 토대로 관련된 특허가 검색되도록 작성하였다. 검색식을 통해 총 2,219건의 특허데이터가 추출되었고, 유효특허 선별과정을 거쳐 최종적으로 1,536건의 특허데이터로 분석을 진행하였다.

연도별 특허출원 추세인 Fig 3을 보면, 거시적인 관점에서 전체적으로 꾸준하게 출원이 증가하고 있는 것으로 나타난다. 특히, 2010년 초반부터 복합화물 피기백 화차 운송 시스템에 대한 급격한 기술개발이 이루어지는 등 기술 성장세가 급격하게 나타나고 있다. 최근 기술 동향을 보며 최근 관련 분야의 관심이 급격하게 증가하고 있다고 판단할 수 있다.

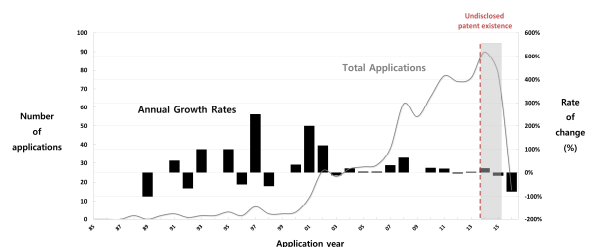


Fig. 3. The Technology Trends of Piggyback system

1.2 Data Preprocessing and Keyword Extraction

특허데이터는 특허출원인, 공개일 등 시간 정보와 출원인, 발명자, 국적 등 인명 정보 그리고 특허명, 발명의 명칭, IPC 분류 등 기술정보가 포함되어 있다. 본 연구에서 기술정

보가 포함된 “발명의 명칭”과 “요약”을 활용하였다. 기술정보는 영문으로 구성된 문서 데이터로 데이터 전처리가 필요하다. 데이터 전처리는 문자열에서 단어로 분리하는 토큰화 과정, 문서와 문장의 특징을 표현하는 데 있어 불필요한 단어인 관사, 조사, 자주 사용되지만 무의미한 단어를 삭제하는 불용어 제거 과정, 단어의 기본 형태를 추출하는 어간 추출과정을 통해 생성된 단어를 기반으로 주어진 문서나 문장을 하나의 벡터로 표현하는 문서 표현 과정으로 이루어진다. 본 연구에서는 어간 추출과정에서 단어의 의미를 자르는 Stemming 과정을 통해 데이터 전처리를 진행하였다.

전처리한 데이터를 분석에 활용하기 위해 키워드 추출이 필요하다. 키워드 추출과정에 있어 단어의 출현 빈도수인 TF(Term Frequency)를 기반으로 특허데이터에서 공통적으로 많이 출현 되는 키워드를 추출하였다. 키워드 추출과정에서 존재하는 피기백 화차와 관련되지 않는 단어는 데이터 전처리 중 불용어 처리로 삭제하여 주요 키워드를 선정하였고, 상위 200개의 키워드를 기반으로 분석을 진행하였다.

2. Technologies Cluster Analysis by LDA

2.1 Determining the Number of Clusters

군집분석을 위하여 사전에 군집 수(K)를 결정해야 한다. 군집 수(K)는 언어모델의 복잡도 알고리즘을 통해 가능하다. 복잡도 값이 낮을수록 데이터의 결과를 제대로 반영한다는 것을 나타낸다. 복잡도 값이 가장 낮은 경우, 모델이 데이터에 과하게 학습하는 과적합 문제가 발생하기 때문에 본 연구에는 복잡도 값이 급격하게 낮아지는 시점을 군집 수(K)로 결정하였다. Fig 4는 다양한 군집 수(K)에 따른 데이터의 복잡도 그래프로, 급격히 낮아지는 시점인 K가 10개일 때와 25개일 때의 결과를 비교하여 최종 군집 수(K)를 결정하였다. 군집 수(K)가 클 경우, 중복되는 키워드가 발생하여 좋지 않은 결과를 도출하였다. 따라서 본 연구는 군집 수(K)를 10으로 선택하여 분석을 진행하였다.

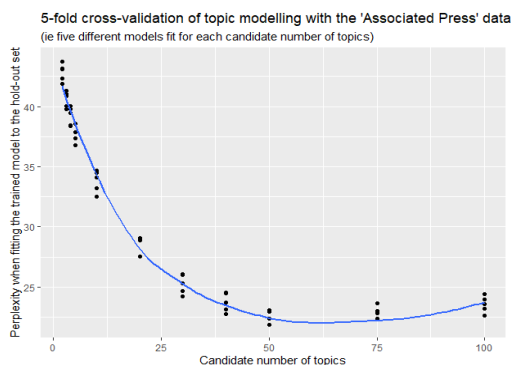


Fig. 4. Plot for optimal K(number of topics)

2.2 LDA's Result and Defining the LDA's Topic

LDA 분석을 통해 도출된 10개의 토픽과 각 토픽에서 높은 확률을 갖는 주요 키워드를 도출하였으며 이는 세부기술 키워드를 의미한다. 세부기술 키워드과 더불어 각 토픽으로 분류된 특허문서를 확인하여 Table 1과 같이 도출하였다.

LDA 결과를 세부기술 키워드와 특허문서로 분석한 결과, 다음과 같은 토픽 주제를 도출하였다. Topic 1은 'control', 'connect', 'monitor', 'operation'가 높은 비중을 차지하고 있으며 위치 결정을 위한 센서 신호 수집 및 관리에 대한 특허가 다수 존재하여 해당 토픽을 “복합수송을 위한 데이터 기반 통합관리 시스템 및 기술”로 정의하였다.

Topic 2는 'image', 'combine', 'detect', 'network'가 높은 비중을 차지하고 있으며 공동 운송의 매칭 최적화를 위한 피기백 화차 차량 조합과 환승 계획에 대한 특허가 다수 존재하여 해당 토픽을 “복합수송 운영 계획 및 모니터링 시스템 및 기술”이라고 정의하였다.

Topic 3은 'material', 'frame', 'support', 'portion'이 높은 비중을 차지하고 있으며 컨테이너 화물과 화차의 결합 기술과 컨테이너 구조에 대한 특허가 다수 존재하여 해당 토픽을 “복합수송을 위한 컨테이너 화물 결합 기술”이라고 정의하였다.

Topic 4는 'optimize', 'simulation', 'element', 'parameter'가 높은 비중을 차지하고 있으며 철도 차량 시스템 시뮬레이션 영역인 운송 적재운반 시스템 모델링에 관한 특허가 다수 존재하여 해당 토픽을 “철도 운영 시스템 및 기술”이라고 정의하였다.

Topic 5는 'load', 'unload', 'lift', 'arrange', 'suspense'가 높은 비중을 차지하고 있으며 컨테이너 정렬 동기화 착탈 시스템 등 컨테이너 환적을 위한 특허로 구성되어 있어 “복합수송을 위한 환적시스템 및 기술”이라고 정의하였다.

Topic 6은 'power', 'engine', 'compartment', 'front'가 높은 비중을 차지하고 있으며 컨테이너 차폐기 조립체 및 받침대 등 피기백 운송에 특화된 컨테이너 세부 요소에 대한 특허가 확인되어 해당 토픽을 “복합수송을 위한 컨테이너 구성요소 기술”이라고 정의하였다.

Topic 7은 'load', 'assemble', 'lift', 'connect'가 높은 비중을 차지하고 있으며 화차에 컨테이너를 로딩하고 운반하기 위한 자동 보조 선반 기술 등 다양한 컨테이너 로딩/언로딩에 대한 특허가 존재하여 해당 토픽을 “환적을 위한 컨테이너 로딩/언로딩 기술”이라고 정의하였다.

Topic 8은 'plate', 'beam', 'fix', 'block'가 높은 비중을 차지하고 있으며 피기백 운송을 위한 철도 및 기타 기

반 시설에 대한 특허가 존재한다. 따라서, 해당 토픽을 "피기백 화차 구성요소 기술"이라고 정의하였다.

Topic 9는 'lock', 'rotate', 'shaft', 'connect'가 높은 비중을 차지하고 있으며 특허에도 컨테이너와 화차 결합을 위한 잠금 기구 및 장치에 대한 특허가 존재하여 해당 토픽을 "운송 수단 결합 장치 기술"이라고 정의하였다.

Topic 10은 'gas', 'tank', 'liquid', 'pressure'가 높은 비중을 차지하고 있으며 피기백 운송 시 기체/유체의 안전한 운송 및 보관을 위한 컨테이너 설계에 대한 특허가 존재하여 해당 토픽을 "특수 화물(기체, 액체류) 운송 및 보관 기술"이라고 정의하였다.

Table 1. The Results of LDA

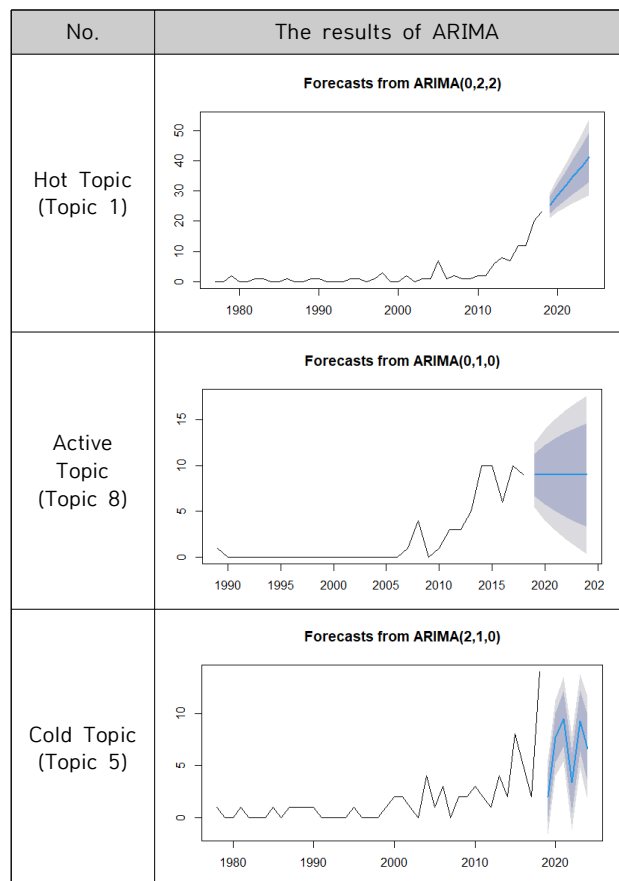
No.	Topic & Keyword
Topic 1	Integrated management system and technology based data
	control, power, unit, signal, connect, sensor, monitor, oper, electr, output
Topic 2	Operation planning and monitoring system and technology
	data, traffic, network, imag, travel, detect, disclos, combin, user, control
Topic 3	Container freight binding technology for piggyback system
	side, wall, materi, top, portion, open, lower, support, posit, frame
Topic 4	Railway operating system and technology
	vibrat, dynam, paramet, frequenc, load, optim, simul, element, bridg, point
Topic 5	Transshipment system and technology for piggyback system
	load, unload, suspens, magnet, guid, lift, arrang, brake, fix, power
Topic 6	Container component technology for piggyback system
	rear, hydraul, front, frame, drive, arrang, compart, power, pod, engin
Topic 7	Container loading/unloading technology for transshipment
	frame, load, support, assembl, wheel, posit, semitrail, lift, carri, connect
Topic 8	Piggyback freight component technology
	plate, side, beam, connect, fix, front, arrang, vibrat, block, back
Topic 9	Combined device technology of vehicle
	lock, connect, support, rotat, rod, shaft, arrang, fix, lift, posit
Topic 10	Special cargo (especially fluid and gas) handling/storage technologies
	pipe, gas, connect, tank, liquid, pressur, water, convey, separ, unit

3. Technology Trend Analysis by ARIMA

10개의 세부기술의 기술 추세를 확인하기 위하여 시계열 분석을 적용하였다. 시계열 분석을 통한 기술 추세는 과거 선행연구에서 정의한 바와 같이 Hot 토픽, Active 토픽, Cold 토픽으로 구분하여 분석하였다. Hot 토픽은 상승하는 추세를 의미하고, Active 토픽은 일정한 활동성을 유지하고, Cold 토픽은 하강하는 추세로 세부기술을 분석하였다. 일반적으로 특허가 출원된 후 18개월이 경과된 후 관련 정보를 공개하므로, 2018년까지의 특허데이터를 기반으로 시계열 분석을 하였으며, Hot, Active, Cold 토픽에 대한 결과는 Table 2와 같다.

시계열 분석 결과 Hot 토픽으로 도출된 토픽은 Topic 1인 복합수송을 위한 데이터 기반 통합관리 시스템 및 기술과 Topic 2인 복합수송 운영 계획 및 모니터링 시스템 및 기술 그리고 Topic 10인 가스 및 액체류 보관 및 환적 기술로 도출되었다. IoT 및 빅데이터 분석 등 첨단 기술이 발전함에 따라 해당 기술이 기존 피기백 화차 시스템에 접목하여 컨테이너 화물 통합관리 및 실시간 모니터링 기술 등 다양한 첨단 시스템 및 기술을 개발하고 있는 추세임을 의미한다.

Table 2. The Results of ARIMA



마지막으로 Cold 토픽으로 도출된 Topic 3인 복합수송을 위한 컨테이너 화물 결합 기술, Topic 5인 복합수송을 위한 환적 시스템 및 기술은 기술개발이 이루어지고 있지만 최근 들어 저조한 것으로 확인된다. 해당 기술들은 피기백 화차 시스템의 개발에 필요한 기술이지만 추가적인 기술개발 및 성과는 미비할 것으로 판단된다.

4. Technology Network Analysis by SNA

Hot 토픽으로 도출된 3개의 토픽에 대하여 네트워크 분석을 통해 세부기술 간 관계를 분석한다. 네트워크 분석의 지표로는 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성 등 다양한 지표가 있지만, 본 분석에 있어 기술 분야 중 핵심 세부 기술을 파악하는 것이 주요 목적이기 때문에 근접 중심성을 기본으로 네트워크를 분석한다. 따라서, 본 연구는 네트워크 그래프를 근접 중심성이 클수록 붉은색으로 도식화하였다.

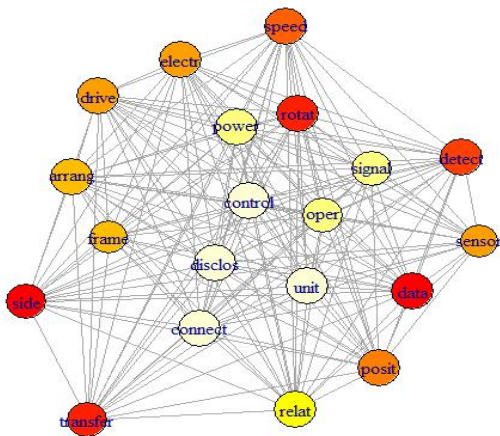


Fig. 5. Relationship between technologies in Topic 1

Topic 1인 복합수송을 위한 데이터 기반 통합관리 시스템 및 기술에 대한 키워드를 기반으로 도출한 네트워크는 Fig. 5와 같다. Topic 1의 네트워크 그래프를 보면, 'data', 'transfer', 'detect'라는 세부기술의 근접 중심성이 매우 크다는 것을 확인할 수 있고, 통합관리 시스템을 위해 데이터 관리 및 환적 시 컨테이너 화물 담지가 필수적임을 의미하며 Topic 1 기술 분야를 개발하기 위해 해당 세부기술에 대해 중점적으로 기술개발이 필요하다는 것을 알 수 있다.

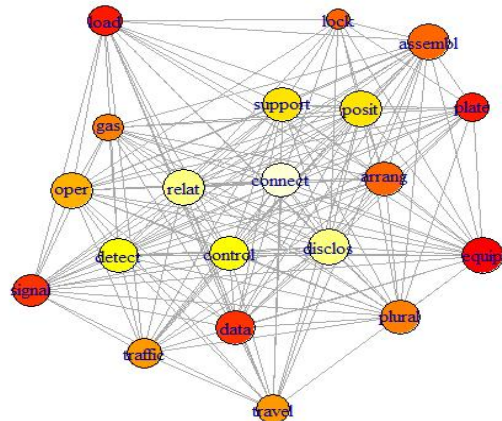


Fig. 6. Relationship between technologies in Topic 2

Topic 2인 복합수송 운영 계획 및 모니터링 시스템 기술에 대한 키워드를 기반으로 도출한 네트워크는 Fig. 6과 같다. Topic 2의 네트워크 그래프에서 'data', 'signal', 'load'라는 세부기술의 근접 중심성이 매우 큰 것을 확인할 수 있다. 컨테이너 화물을 환적하는 과정에 있어 데이터 송수신 및 분석 기술이 매우 중요하며 해당 기술을 고려하여 기술개발이 필요함을 의미한다.

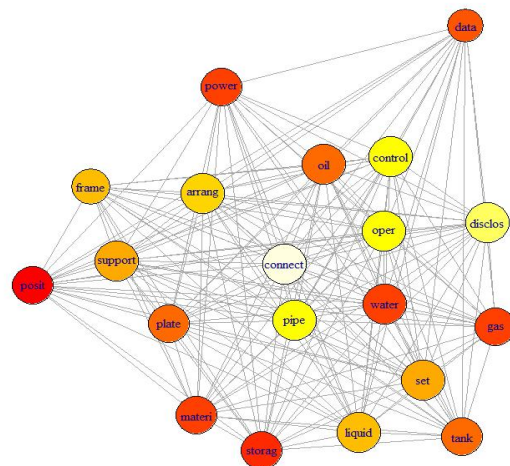


Fig. 7. Relationship between technologies in Topic 10

Topic 10인 가스 및 액체류 보관 및 환적 기술에 대한 키워드를 기반으로 도출한 네트워크는 Fig. 7과 같으며, 'stora', 'materi', 'posit'라는 세부기술의 근접 중심성이 매우 크다고 분석되었다. 해당 기술은 가스 및 액체류 보관에 있어 보관방법, 위치 및 재료가 매우 중요함을 의미하며 Topic 10 기술 분야를 개발하기 위해 해당 세부기술을 고려하여 기술개발을 해야 한다.

V. Conclusions

복합화물 피기백 화차 운송 시스템은 컨테이너를 적재한 트레일러나 트럭, 선박에 실린 화물을 철도 화차에 실어 수송하는 방법으로 화물 운송이 환경이 미치는 영향을 최소화하는 시스템이다. 최근 환경의 중요성이 높아지면서 복합화물 피기백 화차 운송 시스템에 대한 기술개발이 활발히 진행되고 있음에도 불구하고 관련 기술 동향 분석 및 유망기술 분야에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 또한, IoT 기술, 빅데이터 처리 및 분석 기술에 발전함에 따라 다양한 기술들이 융합되어 세부기술 간 연계가 이루어지고 있어 피기백 화차 시스템 고도화를 위한 세부기술 간 관계 도출이 필요하다.

본 논문에서는 복합화물 피기백 화차 운송 시스템 분야에서 고도화를 위해 미래 기술개발 방향성과 실용화를 위한 기술개발 전략을 제시하기 위해 특허분석을 한다. LDA 토픽모델링을 통해 10개의 핵심기술 분야를 도출하고, 핵심기술 분야에 대하여 ARIMA 모형을 활용하여 데이터 기반 복합수송 통합관리 및 모니터링 시스템과 가스 및 액체류 보관 및 환적 기술에 대한 분야가 활발하게 기술개발이 이루어질 것으로 예측하였고, 철도운영 및 컨테이너 관련 구성요소에 대한 기술 분야는 지속적인 연구가 진행될 것으로 예측하였다. 마지막으로 컨테이너 화물 결합에 대한 기술개발은 미비할 것으로 전망하였다. 활발한 기술개발이 이루어질 분야에 대해서 세부기술 키워드를 기반으로 기술 간 관계를 확인한 결과, 데이터 관리 및 환적 시 컨테이너 화물 탐지 기술, 데이터 송수신 및 분석 기술, 가스 및 액체류 보관에 있어 보관 방법, 위치 및 재료에 관한 기술이 핵심기술로 도출하였다.

본 연구를 통한 시사점을 정리하면 다음과 같다. 첫째로는 피기백 화차 시스템에 대한 기술개발 동향 및 핵심기술 분야를 파악하는데 기여할 수 있다. 둘째, 핵심기술 분야와 관련하여 시계열 예측모델을 통한 미래 동향 분석을 제시함으로써 기술개발 전략 수립에 활용할 수 있다. 마지막으로, 핵심기술 분야에서 세부기술 간의 기술 관계를 확인함으로써 주요한 세부기술을 인지하여 세부적인 전략 수립이 가능할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by "Study on the Core technique of the Piggyback Flatcar carrying of Road transport" of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (20CTAP-C152178-02).

REFERENCES

- [1] Dekker, Rommert, Jacqueline Bloemhof, and Ioannis Mallidis, "Operations Research for green logistics—An overview of aspects, issues, contributions and challenges.", *European journal of operational research*, Vol. 219, Issue. 3, pp. 671-679, June, 2012. DOI: 10.1016/j.ejor.2011.11.010
- [2] Jonn Axsen, Patrick Plötz, and Michael Wolinetz. "Crafting strong, integrated policy mixes for deep CO2 mitigation in road transport.", *Nature Climate Change*, Sep, 2020. DOI: 10.1038/s41558-020-0877-y
- [3] Seo Jigu, Junhong Park, Yunjung Oh, and Sungwook Park, "Estimation of total transport CO2 emissions generated by medium-and heavy-duty vehicles (MHDVs) in a sector of Korea.", *Energies* Vol. 9, No. 8, 638, Aug, 2016. DOI: 10.3390/en9080638
- [4] Hrušovský, M., Demir, E., Jammernegg, W. and Van Woense, "Hybrid simulation and optimization approach for green intermodal transportation problem with travel time uncertainty.", *Flexible Services and Manufacturing Journal*, Vol. 30, No. 3, pp. 486-516, Dec, 2018. DOI: 10.1007/s10696-016-9267-1
- [5] Hammond, William, Jonn Axsen, and Erik Kjeang, "How to slash greenhouse gas emissions in the freight sector: Policy insights from a technology-adoption model of Canada.", *Energy Policy* Vol. 137, Feb, 2020. DOI: 10.1016/j.enpol.2019.111093
- [6] Ng, ManWo, and Wayne K. Talley. "Rail intermodal management at marine container terminals: Loading double stack trains.", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 112, pp. 252-259, Mar, 2020. DOI: 10.1016/j.trc.2020.01.025
- [7] Crainic, Teodor Gabriel, Guido Perboli, and Mariangela Rosano, "Simulation of intermodal freight transportation systems: a taxonomy.", *European Journal of Operational Research*, Vol. 270, No. 2, pp. 401-418, Oct, 2018. DOI: 10.1016/j.ejor.2017.11.061
- [8] Heinold, Arne, and Frank Meiselm, "Emission rates of intermodal rail/road and road-only transportation in Europe: A comprehensive simulation study.", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 65, pp. 421-437, Dec, 2018. DOI: 10.1016/j.trd.2018.09.003
- [9] Julian Torres de Miranda Pinto, Oscar Mistage, Patrícia Bilotta, Eckard Helmers, "Road-rail intermodal freight transport as a strategy for climate change mitigation.", *Environmental development*, Vol. 25, pp. 100-110, Mar, 2018. DOI: 10.1016/j.envdev.2017.07.005
- [10] Chen, Haoxun, "Combinatorial clock-proxy exchange for carrier collaboration in less than truck load transportation.", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 91, pp. 152-172, July, 2016. DOI: 10.1016/j.tre.2016.04.008
- [11] Wang, Xin, and Herbert Kopfer, "Collaborative transportation planning of less-than-truckload freight.", *OR spectrum*, Vol. 36,

- No. 2, pp. 357-380, June, 2014. DOI: 10.1007/s00291-013-0331-x
- [12] Dai, Bo, Haoxun Chen, and Genke Yang, "Price-setting based combinatorial auction approach for carrier collaboration with pickup and delivery requests.", *Operational Research*, Vol. 14, No. 3, pp. 361-386, Oct, 2014. DOI: 10.1007/s12351-014-0141-1
- [13] Rakshit, SM, Hempel, M, Sharif, H, Punwani, J, Stewart, M, & Mehrvarzi, S, "Challenges in Current Wireless Sensor Technology for Railcar Status Monitoring for North America's Freight Railroad Industry.", *American Society of Mechanical Engineers*, pp. 397-405, Philadelphia, Pennsylvania, USA. April, 2012. DOI: 10.1115/jrc2012-74114
- [14] Balog, Michal, and Miroslav Mindas, "Informatization of rail freight wagon by implementation of the RFID technology.", *Smart City 360°*. Springer, Cham, pp 592-597, June, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-33681-7_50
- [15] Caviggioli, Federico, "Technology fusion: Identification and analysis of the drivers of technology convergence using patent data.", *Technovation*, Vol. 55, pp. 22-32, Sep, 2016. DOI: 10.1016/j.technovation.2016.04.003
- [16] Park, Yongtae, Byungun Yoon, and Sungjoo Lee, "The idiosyncrasy and dynamism of technological innovation across industries: patent citation analysis.", *Technology in Society*, Vol. 27, Issue 4, pp. 471-485, Nov, 2005. DOI: 10.1016/j.techsoc.2005.08.003
- [17] Leydesdorff, Loet, Duncan Kushnir, and Ismael Rafols, "Interactive overlay maps for US patent (USPTO) data based on International Patent Classification (IPC).", *Scientometrics*, Vol. 98, No. 3, pp. 1583-1599, Mar, 2014. DOI: 10.1007/s11192-012-0923-2
- [18] Jun, Sunghae, "IPC code analysis of patent documents using association rules and maps—patent analysis of database technology.", *Database Theory and Application, Bio-Science and Bio-Technology*. Springer, Berlin, Heidelberg, Vol. 258, pp. 21-30, Dec, 2011. DOI: 10.1007/978-3-642-27157-1_3
- [19] Haiying Ren and Yuhui Zhao, "Technology opportunity discovery based on constructing, evaluating, and searching knowledge networks", *Technovation*, Vol. 7, pp. 102196, Nov, 2020. DOI: 10.1016/j.technovation.2020.102196
- [20] Chulhyun Kim, Hakyoon Lee, Hyeonju Seol, Changyong Le, "Identifying core technologies based on technological cross-impacts: An association rule mining (ARM) and analytic network process (ANP) approach.", *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, Issue. 10, pp. 12559-12564, Sep, 2011. DOI: 10.1016/j.eswa.2011.04.042
- [21] Janghyeok Yoon, Hyunseok Park, Wonchul Seo, Jae-Min Lee, Byoung-youl Coh, Jonghwa Kim, "Technology opportunity discovery (TOD) from existing technologies and products: A function-based TOD framework.", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 100, pp. 153-167, Nov, 2015. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.04.012
- [22] Soomin Eum, Sugil Lee, Xiangyu Meng, Sung Won Cho and Chulung Lee, "Analysis of Research Trends of Wireless Power Transfer System for Locomotives Using Topic Modeling Based on LDA Algorithm.", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, Vol. 45, Issue, 4, pp. 284-301, Aug, 2019. DOI: 10.7232/jkiie.2019.45.4.284
- [23] Song, Bomi, and Yongyoon Suh, "Identifying convergence fields and technologies for industrial safety: LDA-based network analysis.", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 138, pp. 115-126, Jan, 2019. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.08.013
- [24] Jun-Seok Yeo, and Yeseul Jeong, "Pathway toward market entry of perovskite solar cells: A detailed study on the research trends and collaboration networks through bibliometrics.", *Energy Reports*, Vol. 6, pp. 2075-2085, Nov, 2020. DOI: 10.1016/j.egy.2020.07.029
- [25] Xiaoxiao Fu, Jorge Ridderstaat, and Helen (Chenge) Jia. "Are all tourism markets equal? Linkages between market-based tourism demand, quality of life, and economic development in Hong Kong.", *Tourism Management*, Vol. 77, pp. 104015, April, 2020. DOI: 10.1016/j.tourman.2019.104015
- [26] Reza Yousefi Nooraie, Joanna E. M. Sale, Alexandra Marin, and Lori E. Ross, "Social Network Analysis: An Example of Fusion Between Quantitative and Qualitative Methods.", *Journal of Mixed Methods Research*, Vol. 14, Issue. 1, pp. 110-124, Jan, 2020. DOI: 10.1177/1558689818804060
- [27] Pranomkorn Ampornphan and Sutep Tongngam, "Exploring Technology Influencers from Patent Data Using Association Rule Mining and Social Network Analysis.", *Information*, Vol. 11, Issue. 6, pp. 333, June, 2020. DOI: 10.3390/info11060333
- [28] Ali Daud, Faizan Abbas, Tehmina Anjad, Abdulrahman A. Alshdadi, and Jalal S. Alowibdi, "Finding rising stars through hot topics detection.", *Future Generation Computer Systems*, Vol. 115, pp. 798-813, Feb, 2021. DOI: 10.1016/j.future.2020.10.013
- [29] Yao, Li, Jun Li, and Jian Li, "Urban innovation and intercity patent collaboration: A network analysis of China's national innovation system.", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 160, pp. 120185, Nov, 2020. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120185

Authors



Sung-Chan Jun received the B.S. in industrial management engineering from Korea University, Seoul, South Korea in 2018. He is currently pursuing the M.S. in industrial engineering with a focus in industrial

artificial intelligence from Korea University. His research interests include artificial intelligence, logistics transportation, and patent analysis.



Seong-Ho Han received the B.S., M.S. and Ph.D. in electrical engineering from Soongsil University, Seoul, South Korea in 1991, 1993 and 1996 respectively. His research interests include train design, logistics railways, and

control system.



Sang-Baek Kim is currently pursuing the B.S. in packaging from Yonsei University, Wonju, Korea. His research interest is logistic, transportation, and patent analysis.