
Global Report

교통 분야의 빅데이터에 대한 체계적인 문헌 검토 개념 및 응용

1. 개요
2. 체계적인 검토 프로토콜
3. 빅데이터 시스템 및 아키텍처
4. 기회요인들
5. 검토 및 결론

1. 개요

빅데이터 및 분석 연구는 다양한 영역에서 증거 기반 접근방식을 의사결정에 적용할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 교통 분야에서 빅데이터는 운송시스템의 안전성과 지속가능성을 개선할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 많은 도시에서 교통 혼잡을 관찰하여 교통안전을 증진하기 위해 카메라, 도로센서 및 무선 센서 네트워크와 같은 모니터링 장비를 설치하고 있다. 이러한 장비들은 방대한 양의 교통데이터를 수집하여 운송 산업 관련 정부부처 담당부서에서 해당지역의 교통흐름을 더 잘 이해할 수 있도록 정보를 제공하고 있다. 교통데이터의 가용성을 통해 기록 및 스트리밍 데이터 분석을 모두 허용하여 의미 있는 트래픽 패턴을 표시하고, 혼잡을 식별하며, 추돌사고 등의 원인을 밝혀내는 데 도움을 줄 수 있다. 기계 학습과 같은 빅데이터에 사용되는 다양한 형태의 분석 및 접근방식을 사용하여 방대한 양의 트래픽 데이터를 선별하여 유용한 지식을 추출할 수 있다. 이를 기반으로 교통당국에서는 예방조치를 취할 수 있도록 정보를 제공하며, 적절한 결정을 내릴 수 있도록 도와주고 있다. 교통데이터에는 안전하고 지속가능한 운송시스템을 개선하고 지원할 수 있는 파라미터들이 포함되어 있다. 예를 들어, 도로센서를 사용하여 차량의 주행속도 데이터를 수집하고 분석하여 교통 혼잡을 식별할 수 있다. 특히 교통정체가 감지되면 운전자에게 운행경보를 제공하여 대체 경로를 찾아 혼잡을 줄일 수 있도록 할 수 있다[1]. 아울러 교차로에서 신호대기 시 차량의 대기시간을 분석하여 보다 통찰력 있는 정보를 제공할 수 있다. 이를 통해 신호등 정책을 최적화하고 교통흐름을 개선하는 더 나은 방법을 도출할 수 있다[2]. 비디오 데이터를 분석하면 물체(예: 차량 또는 보행자)를 감지하고 분류하고, 궤적을 식별하여 급제동이나 중요한 교통이벤트를 인식할 수도 있다[3]. 이러한 분석시스템은 의사결정자가 도로교통 안전을 개선하고 추돌사고를 방지하여 생명을 구하는 데 필요한 조치를 취하는 데 도움이 될 수 있다.

2. 체계적인 검토 프로토콜

2.1. 연구 질문

연구 질문은 빅데이터 개념과 응용프로그램의 두 가지 광범위한 클래스로 구분한다. 이러한 연구 질문에서 DOT(Department of Transportation : 미국교통부)는 해당 관할권(예: 주, 지방, 도시) 및 교통 분야의 빅데이터 애플리케이션을 관리하는 다음과 같은 역할을 한다.

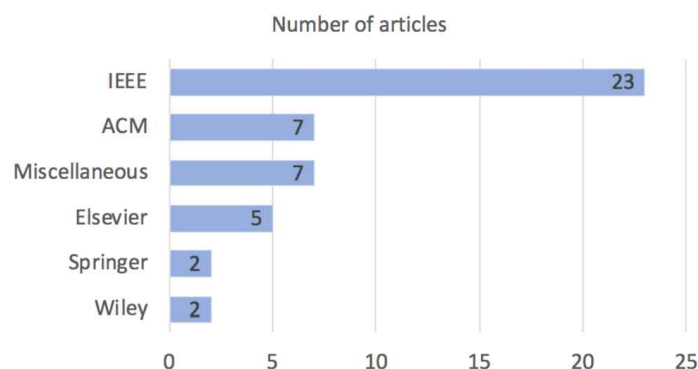
- 빅데이터 및 분석의 적용에 대한 과학적 연구의 현재 상태는 어떤지?
- 어떤 종류의 빅데이터 시스템을 사용하고 있는지?
- 빅데이터 및 분석에서 파생된 인사이트를 사용하는 DOT는 어떻게 사용되고 있는지?
- 빅데이터와 분석을 사용하여 보다 효율적이고 지속가능한 운송시스템을 개발하는 방법은 무엇인지?
- 빅데이터를 사용할 때 현재의 기회와 과제는 무엇인지?
- 어떤 유형의 데이터를 수집, 저장 및 관리하고 있으며 이 데이터는 어떻게 사용되고 있는지?

2.2. 포함 및 제외 기준 항목들

검색 결과 나타난 문헌들은 다음과 같은 주요 기준을 이용하여 선별되었다.

- 연구 질문 중 적어도 하나와 관련이 있어야 한다.
- 지난 5년 동안 게시된 최신 기사여야 한다.
- 기사 전문은 온라인으로 이용할 수 있어야 한다.
- 신뢰할 수 있는 출처와, 참고문헌 번호가 있어야 한다.
- 평판이 좋은 출판사에서 발행한 것이어야 한다.

최근 빅데이터 자료 검토에 사용된 5년의 기간을 따랐다[4]. 빅데이터는 2012년경부터 신기술로 자리매김 되었으며, 2015년경부터는 조직의 생산성 향상을 위한 정보를 제공하기 시작했다. 이 때문에 지난 5년 동안 발표된 기사에 초점을 맞추는 것이 합리적이라고 판단한 것이다. 이 연구에서는 마지막 두 가지 기준을 이용하여 컨퍼런스 절차 및 학술저널에 게시된 동료의 평가논문에 초점을 맞추었다. 논문리뷰에 포함된 기사의 대부분은 IEEE, ACM 및 Elsevier 등과 같은 잘 알려진 국제저널에 게재된 것들이다. (그림 1 참조) 이러한 조직은 기술지식에 대한 광범위한 품질의 간행물을 배포하고 컴퓨터과학 및 정보시스템의 전문가가 액세스 할 수 있도록 구축되어 있다.



* 자료 : AlexNeilson, Indratmo, BenDaniel, StevanusTjandr, “Systematic Review of the Literature on Big Data in the Transportation Domain: Concepts and Applications”, Big Data Research 17 (2019) 35–44, p.37.

[그림 1] Publishersofthecitedpapersinthisarticle

2.3. 검색결과

데이터베이스에 검색어를 적용하여 173건의 논문이 검색되었다. 초기 심사기간 동안, 연구 질문에 기사의 내용의 관련성을 결정하기 위해 추상적인 의존성을 적용하여 잠재적인 논문수를 56건으로 줄였다. 기사를 제외한 가장 중요한 이유는 연구 질문과 관련성이 부족하고 기사의 전체 텍스트를 사용할 수 없거나 전자적으로 액세스 할 수 없기 때문이다. 초기심사를 통과한 56건의 기사 중에서 연구 질문과 관련성이 높은 28건의 논문을 집중적으로 검토했다. 또한 빅데이터와 에지 컴퓨팅(edge computing)에 대해 설명하는 일부 기사와 검토된 논문의 참조에서 발견된 기사도 포함시켰다. 이 기사 중 하나는 5년 이상 이지만 연구 질문과 관련이 있기 때문에 포함시킨 것이다. 이 기사에서 인용된 논문의 총 수는 46건이다. 연구 질문, 핵심어 및 관련 논문목록을 <표 1>에 나타낸다.

<표 1> 연구 질문, 핵심어 및 관련 논문목록

연구 질문	핵심어 및 관련 논문목록
DOT에 빅데이터 및 분석 적용에 대한 과학적 연구의 현재 상태는 무엇입니까?	개인 정보, 보안, 최적의 경로, 과거, 실시간, 예측, 시각 및 비디오/이미지 분석 [3,8,17,26,28,29,34,44]
DOT에서 어떤 종류의 빅데이터 시스템을 사용하고 있습니까?	지능형 운송 시스템, Hadoop, 지도 감소, 배치 및 스트림 데이터 처리, NoSQL [15,18–22,33,41]
빅데이터 및 분석에서 파생된 인사이트를 사용하는 DOT는 어떻게 사용합니까?	도시 계획, 충돌 및 미스 에 가까운 분석, 교통 혼잡, 안전 및 최적화 [3,6,19–23,30,35]

DOT는 빅데이터와 분석을 사용하여 보다 효율적이고 지속 가능한 운송 시스템을 개발하는 방법은 무엇입니까?	도시 계획, 충돌 및 미스 에 가까운 분석, 실시간 업데이트 및 정보 공유 [3,6,22-24,27,31,33,35,42]
---	---

* 자료 : AlexNeilson, Indratmo, BenDaniel, StevanusTjandr, “Systematic Review of the Literature on Big Data in the Transportation Domain: Concepts and Applications”, Big Data Research 17 (2019) 35-44, p.38.

3. 빅데이터 시스템 및 아키텍처

도로교통 안전 맥락에서, 문헌에 설명된 빅데이터 아키텍처 또는 플랫폼은 ITS(Intelligent Transportation System : 지능형 교통시스템)를 구현하는 데 사용될 수 있다. ITS는 정보시스템, 센서 및 전자장치와 같은 기술을 교통인프라와 통합하여 교통시스템을 보다 효율적이고 안전하며, 환경 친화적인 교통시스템으로 만드는 교통관리시스템이다. ITS를 통해 이용할 수 있는 스마트시티 빅데이터 아키텍처는 다음과 같이 7개의 계층으로 구성되어 있으며, 모두 사용자가 액세스할 수 있도록 설계되어 있다.

- 데이터 소스(예: 센서, 장치)
- 데이터 정규화(예: 추출, 변환 및 로드)
- 데이터 브로커링(예: 컨텍스트 브로커 사용)
- 데이터 스토리지(예: 분산 스토리지)
- 데이터 분석(예: 통계 및 수치 분석 및 실시간 분석)
- 데이터 시각화(예: 이벤트 매핑)
- 결정(예 : 실시간 및 장기 조치).

이러한 계층을 데이터 수집 및 준비, 데이터 분석 및 활용으로 광범위하게 분류하여 의사결정 프로세스를 지원할 수 있다. <표 2>에는 교통 데이터 처리 및 분석을 지원하는 빅데이터 아키텍처의 기능이 요약되어 있습니다. 빅데이터 플랫폼 및 지원되는 분석의 종류를 <표 2>에 나타낸다. 여기에서는 특정 아키텍처가 기록, 실시간, 예측, 시각적 및 비디오 및 이미지 분석도구를 제공하는지 여부를 알 수 있다.

<표 2> 빅데이터 플랫폼 및 지원되는 분석의 종류

빅데이터 플랫폼	지원되는 분석				
	전통성	실시간성	예측가능성	가시성	비디오/이미지
비지능형 운송시스템[18]	○	○	○	○	명시되지 않음
트래픽 원격 빅데이터 구조[19]	○	○	○	○	×
Hut 구조[20]	○	○	○	○	명시되지 않음
명시되지 않은 분산 스마트 교통시스템[21]	○	○	○	○	○
스마트폰 도로 모니터링 시스템[22]	○	○	○	○	×

* 자료 : AlexNeilson, Indratmo, BenDaniel, StevanusTjandr, “Systematic Review of the Literature on Big Data in the Transportation Domain: Concepts and Applications”, Big Data Research 17 (2019) 35-44, p.39.

4. 기회요인들

커넥티드 카(Connected Vehicles)는 안전 및 지속가능성 분야에서 빅데이터 분석도구를 응용할 수 있

는 중요한 기회를 제공하고 있다. 커넥티드 차량은 GPS, 통신 기술 및 센서를 사용하여 차량 내 장치 및 다른 차량 및 운송네트워크를 구성할 수 있다. 커넥티드 카를 통해 수집된 데이터는 시스템의 내부 운영에 활용되거나 집단이익을 위해 다른 사람들과 공유할 수도 있으며, 운전자에게 맞춤형 서비스와 통합 정보시스템을 제공할 수도 있다. 여기에는 연결된 차량에서 액세스할 수 있도록 모바일기기(스마트폰)의 할 일 목록, 약속 및 음악재생 목록 등이 포함될 수 있다. 오디오 시스템은 좋아하는 노래를 자동으로 재생하여 재미있는 엔터테인먼트를 제공할 수도 있다. 차량의 대시보드는 오늘의 회의일정이나 주요 스케줄을 표시하여 일정 및 기타 긴급한 문제를 조정하는 데 도움이 수 있다. 사용자가 자주 방문하는 매장근처에 있을 때 운전자에게 이를 알려주는 예측기능이 있다. 또한 커넥티드 차량은 클라우드 플랫폼의 설명서를 참조하여 엔진 진단을 수행하고, 유지보수 일정을 예약하고, 최단거리, 최단시간 및 연료 효율적인 경로와 같은 다양한 기준에 따라 최적의 경로를 계산할 수 있다.

5. 검토 및 결론

이 연구에서 문헌 검토의 주요목적은 운송영역에서 빅데이터 연구와 응용프로그램을 탐구하고자 하는 것이다. 교통산업에서 빅데이터의 과제에 대한 특정 솔루션을 식별하고 규정하기보다는 운송시스템의 효율성과 지속가능성을 개선하기 위해 빅데이터 및 분석 사용에 대한 현재의 관행을 검토하는 것을 목표로 하고 있다. 문헌을 분석을 통해 운송산업 분야에서 빅데이터 프로젝트는 아직 초기단계라는 것을 확인하였다. 이러한 프로젝트는 일반적으로 연구소나 일부 부수적으로 대학에서 수행하는 학술연구의 일부이다. 문헌에서 제안된 아키텍처는 개념적 수준에서 빅데이터 시스템의 다양한 구성요소에 대해 논의하였다. 개념은 테스트베드 시스템에서 지원될 수 있지만 대부분의 설계는 대규모 구현으로 진행되지 않았으며, 실제환경에서 배포할 수 있다고 결론지었다. 따라서 이러한 프로젝트는 운송시스템에서 측정 가능한 이점을 제공하지는 못한다는 결론을 얻었다. 대중교통 시스템은 삶의 질을 결정짓는 필수요인이다. 많은 국가들이 대중교통 시스템의 품질을 개선하기 위한 다양한 문제에 직면하고 있다. 효율적이고 지속가능한 정책을 개발하는 것은 내구성 있는 운송시스템의 핵심요소이다. 국제운송포럼(International Transport Forum)의 보고서[5]는 운송산업 영역에서 방대한 양의 데이터가 증가하고 가용성이 증가하면 새로운 정책 관련 통찰력과 트래픽 운영 개선으로 이어질 수 있다고 지적하고 있다. 특히 교통인프라 네트워크의 디지털화를 통해 다양한 형태의 기술이 발전하면서 예측성능을 개선하고 신뢰성을 높이며 효율성을 높여가고 있다. 또한 전송 도메인 내에서 여러 유형의 데이터를 사용할 수 있으므로 의사결정자는 다양한 형태의 증거를 실시간으로 수집하고 삼각측량법으로 모니터링 하여 더 나은 의사결정을 내릴 수 있게 되었다.

빅데이터 및 분석 연구는 운송 산업에서 의사결정을 위한 많은 기회를 제공하고 있다. 이러한 연구 패러다임이 운송 산업에 어느 정도까지 적용할 수 있을까? 이 연구에서는 지난 5년 동안 발행된 문헌들을 체계적으로 검토하여 이에 대한 해답을 제시하였다. 핵심목표는 교통산업에서 빅데이터 및 분석의 활용과 관련된 현재의 연구, 기회 및 과제를 탐구하고 이해하는 것이다. 이 연구결과는 국내 운송(교통) 산업에서 빅데이터 및 분석 연구 활성화를 위한 정책에 벤치마킹 자료로 활용할 수 있을 것이다.

[참고문헌]

- [1] C. Dobre, F. Xhafa, Intelligent services for big data science, Future Gener. Comput. Syst. 37 (2014) 267–281, <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.07.014>.
- [2] E. Al Nuaimi, H. Al Neyadi, N. Mohamed, J. Al-Jaroodi, Applications of big data to smart cities, J. Internet Serv. Appl. 6(1) (2015) 25, <https://doi.org/10.1186/s13174-015-0041-5>.
- [3] F. Loewenherz, V. Bahl, Y. Wang, Video analytics towards vision zero, Inst. Transp. Eng. ITE J. 87(3) (2017) 25–28.

- [4] M. Volk, S. Bosse, K. Turowski, Providing clarity on big data technologies: a structured literature review, in: Proceedings of the IEEE 19th Conference on Business Informatics, vol.01, CBI, 2017, pp.388–397.
- [5] Big data and transport: understanding and assessing options, https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb_bigdata_0.pdf, 2015. (Accessed December 2017).

<원문제목> Systematic Review of the Literature on Big Data in the Transportation Domain:
Concepts and Applications

<원문출처> Big Data Research 17 (2019) 35–44