

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2021.7.3.475>

JCCT 2021-8-56

빅데이터 컴퓨팅을 위한 분석기법에 관한 연구

A Study on the Analysis Techniques for Big Data Computing

오선진*

Sun-Jin Oh*

요약 모바일 컴퓨팅과 클라우드 컴퓨팅 기술 그리고 소셜 네트워크 서비스의 급속한 발전과 더불어, 우리들은 시시각각 양산되고 있는 데이터의 홍수 속에서 살고 있으며, 이러한 대규모의 데이터는 매우 가치가 높은 중요한 정보를 품고 있다는 사실을 알게 되었다. 하지만 빅데이터는 잠재적인 유용한 가치와 치명적인 위험을 모두 가지고 있으며 오늘날 이러한 빅데이터로부터 유용한 정보를 효율적으로 추출해 내고 잠재된 정보를 효과적으로 활용하기 위한 연구와 응용이 활발하게 이루어지고 있는 상황이다. 여기서 빅데이터 컴퓨팅 과정 중 무엇보다도 중요한 것은 대용량 데이터로부터 유용하고 귀중한 정보를 효율적으로 추출해 낼 수 있는 적절한 데이터 분석기법을 찾아 적용하는 것이다. 본 연구에서는 이러한 빅데이터 컴퓨팅을 효율적으로 수행하여 원하는 유용한 정보를 추출할 수 있는 기존의 다양한 빅데이터 분석기법들을 조사하여, 그 특징과 장·단점 등을 비교 분석하고, 특별한 상황에서 빅데이터 분석기법을 이용하여 유용한 정보를 효율적으로 추출해 내고, 이들 잠재된 정보를 효과적으로 활용할 수 있도록 하는 방안을 제시하고자 한다.

주요어 : 빅데이터, 데이터 마이닝 기법, 데이터 분석기법, 데이터 과학, 모바일 플랫폼

Abstract With the rapid development of mobile, cloud computing technology and social network services, we are in the flood of huge data and realize that these large-scale data contain very precious value and important information. Big data, however, have both latent useful value and critical risks, so, nowadays, a lot of researches and applications for big data has been executed actively in order to extract useful information from big data efficiently and make the most of the potential information effectively. At this moment, the data analysis technique that can extract precious information from big data efficiently is the most important step in big data computing process. In this study, we investigate various data analysis techniques that can extract the most useful information in big data computing process efficiently, compare pros and cons of those techniques, and propose proper data analysis method that can help us to find out the best solution of the big data analysis in the peculiar situation.

Key words : Big Data, Data Mining Technique, Data Analysis Technique, Data Science, Mobile Platform

*중신회원, 세명대학교 정보통신학부 교수 (제1저자)
접수일: 2021년 6월 17일, 수정완료일: 2021년 7월 21일
게재확정일: 2021년 7월 30일

Received: June 17, 2021 / Revised: July 21, 2021

Accepted: July 30, 2021

*Corresponding Author: sjoh@semyung.ac.kr

Dept. of Computer & Information Science, Semyung Univ,
Korea

I. 서 론

오늘날 우리는 데이터의 홍수 속에 살고 있다. 스마트폰의 보급과 대중화로 인해 많은 사람이 데이터를 공유할 수 있는 모바일 플랫폼 환경이 만들어지고, 인스타그램, 카카오톡, 페이스북, 트위터, 넷플릭스, 유튜브 등의 모바일 소프트웨어 기술의 발전으로 대중으로부터 많은 양의 데이터가 실시간으로 양산되고 있으며, 최근에는 특별한 취미나 취향을 가진 사람들이 동호회 모임 등을 중심으로 모이고, 동일한 관심사를 가지고 공유하는 실시간 1인 방송 등의 소셜 네트워크 플랫폼이 선풍적인 인기를 끌면서 그야말로 실시간 데이터의 홍수 속에 우리는 살고 있다고 해도 과언이 아니다. 그런데 이러한 대용량 데이터는 지금까지는 단순히 문자, 영상, 수치 데이터 등으로 여겨져 큰 관심을 끌지 못하고 무의미하게 인식되었지만, 최근에는 빅데이터가 매우 이용가치 높은 중요한 정보를 가지고 있다는 사실을 알게 되었다. 즉, 빅데이터에 숨겨져 있는 많은 가치 있는 정보를 발견하고 이 정보를 이용하여 잠재적인 진실이나 예측을 하는 다양한 응용 분야에서의 활용이 활발하게 이루어지는 상황이다.

하지만 빅데이터를 이용한 정확한 처리나 분석을 위해서는 빅데이터가 가지는 속성을 정확히 파악하고, 숨어 있는 진실을 정확히 분석하며, 필요한 정보를 찾아내는 기술이 필요하다. 이때 빅데이터 컴퓨팅 과정에서 무엇보다도 중요한 것은 빅데이터로부터 유용하고 귀중한 정보를 효율적으로 추출할 수 있는 적절한 데이터 분석기법을 찾아 적용하는 것이다. 지금까지 알려진 빅데이터 분석에 주로 사용되는 기술은 대부분 통계학에 기초를 두고 있다. 데이터 과학 분야에서 가장 널리 사용되는 분석기술로는 고전적인 도구로 SPSS, SAS, STATA 등의 통계 소프트웨어가 있는데 지금도 많이 활용되고 있으나 소프트웨어 가격이 워낙 비싸고 새 버전을 갖추려면 큰 추가비용을 지불해야 하는 부담이 있다. 최근에는 데이터 과학에서 프로그래밍 기능을 갖춘 오픈소스 소프트웨어를 주로 사용하는데 대표적인 것으로 R을 들 수 있다[1]. R은 오픈소스 프로그램으로 통계/데이터 마이닝 및 그래프를 위한 프로그래밍 언어로 주로 연구 및 산업별 응용 프로그램으로 많이 사용되고 있으며, 최근에는 특히 빅데이터 분석을 목적으로 주목을 받고 있다. R은 통계 프로그래밍 언어인 S 언어

기반으로 만들어졌으며 통계 연산과 결과 생성 그래픽을 위한 프로그래밍 언어로 주목받고 있다[2]. 최근에는 빅데이터 분석기술로 주로 인공지능, 특히 기계학습과 데이터 마이닝에 기초한 분석기술들이 널리 적용되어 사용되며, 이들은 기존 알고리즘을 빅데이터 처리 환경에 맞게 수정·보완하여 데이터 분석을 수행하고 있다.

본 연구에서는 빅데이터 컴퓨팅을 효율적으로 처리하는 기존의 다양한 빅데이터 분석기법들을 조사하여, 그 특징과 장·단점을 비교·분석하고, 특별한 상황에서 적절한 빅데이터 분석기법을 이용하여 유용한 정보를 효율적으로 추출하고, 잠재된 정보를 효과적으로 활용할 수 있도록 하는 방안을 제시하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 연구 배경과 필요성을 서술하였고, 3장에서는 본 논문에서 조사하고 분석한 주요 빅데이터 분석기법들을 서술하였으며, 4장에서는 조사한 분석기법들에 대한 특·장점을 고찰하였고, 마지막으로 5장에서 향후 연구과제와 함께 결론을 맺는다.

II. 연구 배경

빅데이터는 방대하고 복잡한 구조를 가진 형태가 다양한 대용량의 데이터군을 의미한다. 모바일 컴퓨팅과 클라우드 컴퓨팅 기술의 비약적인 발전과 더불어 스마트폰을 이용한 소셜 네트워크 서비스의 급속한 확산은 엄청난 양의 비정형 데이터의 양산을 초래하였고, 이 시간에도 실시간으로 많은 양의 데이터를 쏟아내고 있다. 지금까지는 이렇게 양산된 방대한 양의 데이터에 아무도 관심을 가지지 않았고 무심코 버려지고 폐기되었다. 하지만 빅데이터는 과거 자료의 가치화를 통한 미래를 예측하는데 유용한 정보를 품고 있다는 사실이 알려지면서 대중들의 관심을 집중적으로 받게 되었고, 최근에는 데이터 분석 대상을 확대함으로써 더 깊은 통찰과 높은 정밀도의 예측을 시도하게 되었다. 요즘 빅데이터 기술은 많은 다양한 학문과 연구 분야에서 활발하게 융합되어 응용 발전하고 있다[3]. 빅데이터는 또한 연구와 비즈니스 경제적 가치창출 외에도 사회문제의 본질과 근본적인 문제점들을 파악하여 우리 사회에 산적해 있는 수많은 주요 사회 현안들을 해결하는데도 널리 응용되고 있다. 예를 들어, 청소년 일자리 창출문제, 사회범죄나 자살문제, 재난이나 자연재해, 저출산 및 고령화 문제 등 당면하고 있는 우리 사회의 현안들에 대

해서 빅데이터 분석기법을 이용한 최적의 솔루션과 새로운 통찰력을 만드는데 중대 역할을 하고 있다[4].

빅데이터를 효과적으로 수집하고 처리하여 우리에게 유용한 정보를 찾아서 사용할 수 있도록 하기 위해서는 다양한 분야의 관련된 통합 기술이 요구된다. 다음의 그림 1은 빅데이터를 효과적으로 수집하고 처리하기 위한 중요한 관련 기술들을 보여준다.

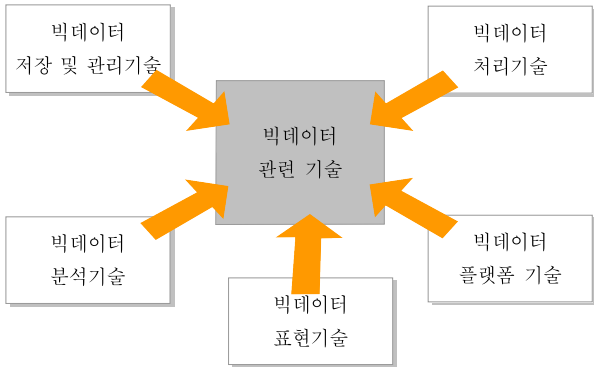


그림 1. 빅데이터 관련기술
 Figure 1. Big Data Technology

그림에서 보인 바와 같이 빅데이터를 효과적으로 수집하고 처리하여 유용한 정보를 추출하고 우리가 원하는 예측 결과를 성공적으로 얻기 위해선 빅데이터 수집, 저장 및 관리기술, 처리기술, 분석기술, 표현기술, 그리고 빅데이터 가상화와 시각화, 클라우드 환경에서의 처리기술 등 빅데이터 플랫폼 기술로 구성된 빅데이터 컴퓨팅 통합 기술 환경이 요구된다[5]. 빅데이터 컴퓨팅 통합 환경은 빅데이터 생성과 수집, 저장, 처리, 분석, 그리고 표현 등의 빅데이터 처리 과정별 기술 영역을 포함하고 있으며 이들 과정 중에서도 빅데이터를 이용하여 정확한 처리와 분석을 위해서는 빅데이터가 가지고 있는 속성을 정확히 파악하여, 내면에 숨겨져 있는 유용한 데이터를 정확히 분석하고 선별하여, 필요한 정보를 찾아내는 기술이 요구된다. 따라서 빅데이터 컴퓨팅 과정에서 무엇보다도 중요한 것은 빅데이터로부터 유용하고 귀중한 정보를 효율적으로 추출할 수 있는 정확한 데이터 분석기법을 찾아 적용하는 것이다. 본 연구에서는 기존에 사용되고 있는 빅데이터 분석기법들을 조사하여, 이들의 특징과 적용 범위 및 특·장점을 비교 분석하고, 특별한 상황에서 빅데이터 분석기법을 이용하여 유용한 정보를 효율적으로 추출하고, 이들 잠재된 정보를 효과적으로 활용할 수 있도록 하는

방안을 제시하고자 한다.

III. 빅데이터 분석기법 연구

빅데이터는 처리해야 할 데이터의 양이 방대하여 처리 복잡도가 높고 비정형 데이터의 비중이 매우 높은 반면, 의사결정 요구가 상대적으로 느린 특징을 가진다. 따라서 데이터 분석 유연성은 높으나 동시에 처리해야 할 데이터의 양이 비교적 적은 경우에 사용되던 기존의 데이터 분석기법으로는 적용이 부적합하다. 빅데이터 분석기법은 기존 데이터 처리 과정에서 중요시했던 데이터의 정확성과 안정성보다는 처리 속도와 비용을 더 중요하게 생각하므로 비록 일부 데이터 손실이 발생해도 처리 결과에 영향을 받지 않는 업무에 적합하다[5].

빅데이터 분석에 널리 사용되는 대표적인 분석기술로는 데이터 마이닝 기법이 있다. 데이터 마이닝 기법은 정형화되어 저장된 방대한 양의 데이터 안에서 체계적이고 통계적인 규칙이나 패턴을 찾아내는 데이터베이스 기술의 일종으로 통계학 분야에 기초를 둔 탐색적 데이터 분석, 가설 검증, 다변량 분석, 시계열 분석, 일반 선형모형 등 방법론과 DB 분야에 기초를 둔 온라인 분석처리기술, 인공지능 분야에 기초를 둔 자기 조직화 지도, 신경망, 전문가 시스템 등 기술적 방법론을 사용한다[6]. 데이터 마이닝 기술과 유사한 개념의 텍스트 마이닝 기술은 비정형 또는 반정형 형태의 데이터에 자연어 처리 기반 기술과 기계학습 기술을 접목하여 의미 있는 정보를 추출하는 기술로 이메일, 웹 문서와 같은 비정형 문서에 대한 분석에 주로 사용된다. Web Usage 마이닝 기술은 e-commerce나 온라인 서비스 분야에서 많이 적용되는 분석기법으로 웹페이지 방문자의 행동 패턴 분석, 주요 서핑과 탐색 경로 분석, 구매나 서비스 결정요인 분석, 웹페이지 체류 시간 및 방문 빈도 등 통계적 자료 분석에 기반하여 웹서버 효율성 증대 및 매출 극대화과 고객관리 등에 활용된다. Opinion 마이닝 기술은 빅데이터에 포함된 어떤 사안이나 인물, 이슈, 이벤트 등에서 사람들의 의견이나 평가 등을 분석하는 기술로 고정 시점에서의 특정 주제에 대한 긍정, 중립, 부정의 감정이나 의견을 분석하는데 주로 활용된다. Graph 마이닝 기술은 Facebook이나 Instagram, Twitter와 같은 소셜 미디어에서 많이 발생하는 방대한 양의 데이터를 표현하고 분석·활용하는 중요한 기술로

표 1. 빅데이터 분석기법 요약

Table 1. Summary of Big Data Analysis Technology

분석기법	적용 대상	수행 과정	적용 사례	기반기술 분야	특·장점
Data Mining	통계적 패턴이나 규칙 구조화된 정형 문서자료 대상	예측, 결정 과정 -분류, 예측 -시계열 분석 -회귀분석	-마케팅 관리 -신용평점 시스템 -장바구니 분석 -사기탐지 시스템	DB 파생기술 관계형 DB 통계학 패턴인식 계량기법	정형화된 데이터 용 지나친 데이터 의존 효과
Text Mining	비·반정형 Text 자료 이메일, HTML 문서 대상	-문서 수집 -전처리 -Text 분석 (정보추출, 문서 요약, 범주화) -정보와 지식 추출	-자연어 기반 문서 분석 시스템 -인공지능 분야 기계학습 시스템(딥러닝 분야)	유사 Data 마이닝 기술 자연어 처리기술 AI, 기계학습	비·반정형 데이터 텍스트 분석 문서 마이닝
Web Usage Mining	웹사이트 제공 상품과 서비스 웹페이지 디자인 웹사이트 인덱싱 구조	-목표 선정 (웹페이지 수, 고객 체류 시간, 웹서버 효율성) -로그 기반 자료수집 -전처리(세션 파일) -학습자 모델 완성	-전자 상거래 시스템 -기업의 웹사이트 분석 -온라인 쇼핑몰 -온라인 교육 시스템	KDD 프로세스 모델 UI Design Front-end SW개발	웹페이지 방문자의 행동 패턴, 서핑 및 탐색 경로, 구매 결정요인 분석 등을 통해 웹 환경 효율성 증대와 고객관리에 활용
Opinion Mining	이슈, 이벤트, 상품, 인물에 대한 의견과 평가 분석	-특징추출(긍정/부정) -의견분류(문장 인식) -리뷰 요약(빈도수)	-맛집 리뷰 평가 시스템 -SNS상의 고객 의견 평가 -도메인 지식 추출 평가 시스템	특정 키워드 발생 빈도, 연속되는 단어 우도비 평가	특정 주제에 대한 긍정, 중립, 부정 판단에 활용
Cluster	데이터 특성 고려 군집 정의 각 군집의 대표 점 인식 기술	-각 데이터 점을 하나의 군집으로 설정 -거리기반 분할/합병 -유사성 계산하여 높은 유사도 그룹 병합하여 모두 포함할 때까지 진행	-데이터 마이닝의 한 방법 -서로 특징이 유사한 그룹을 군집화함으로써 유사도에 따른 지식 추출	유클리디안 거리 계산법 K-mean 알고리즘	계층적 클러스터링과 분할적 클러스터링
Reality Mining	모바일 기기로 사용자 인간관계, 행동방식, 생활 스타일 분석	-데이터 이해 및 준비 -마이닝 실행, 패턴 발견 -수집 정보로 패턴 분석 -분석으로 획득한 지식기반 의사결정	-생체인식으로 소비자 맞춤형 마케팅, 감정에 따른 심리적 변화 추적 제품판매 -질병 전염경로 파악 및 개인 건강상태 점검	생체인식기술 사람의 행동 상황 분석 생체 DB 서버 기술	현실 마이닝 기술 실시간 발생 데이터 활용 스마트폰 활용
Graph Mining	소셜 미디어 데이터 표현기술 일정 빈도수 이상의 특정 패턴 발견	-빅데이터로부터 데이터 요소와 이들 간의 관계 정의 -데이터 요소를 노드로 관계를 예시로 하는 그래프 완성 -사용자가 관심 있는 최소지도 임계값에 따라 빈도수가 높은 서브 그래프 패턴 발견 분석	-소셜 미디어 데이터 속의 행동 습관, 구매 패턴, 인간관계 유지 패턴 분석 시스템 -페이스북이나 트위터, 인스타그램 같은 소셜 미디어의 데이터를 표현하고 활용	그래프 DB에서 빈도수가 높은 부분 그래프 발견 (빈발 부분 그래프)	빈발 부분 그래프 마이닝 기법 도약 탐색과 모델 기반 탐색 트리
Social Network Analysis	사람들의 인적 관계 망에서 관계의 패턴, 상대적인 위치, 중심성과 연결성 평가	-네트워크 그래프 구조 결정 -대규모 행렬 구성 -행렬 연산 수행(고유벡터, 고유값 계산) -시멘틱 기술 적용 -온톨로지와 규칙결합 논리 추론	-인적 네트워크의 구조적 특성 이해 -지식 네트워크 전문가 검색 서비스 -분야별 전문가나 학맥, 인맥 사람 검색 서비스	위치적 접근법과 관계적 접근법 Resource Description Framework Semantic Web 기술과 Ontology 기술	수학적으로 매우 정밀한 결과 제공 동적 그래프 정보의 실시간 적용과 질의 연산 가능

일정 빈도수 이상의 특정 패턴을 인식하고 찾아내는 기술이다. Reality 마이닝 기술은 모바일 기기를 이용하여 사용자의 인간관계, 행동방식, 라이프 스타일 등을 분석

하는 분석기법으로 스마트폰을 통한 생체인식 등을 통해 사용자 감정에 따른 행동과 상황을 분석하는 소비자 맞춤형 마케팅에 활용된다. 소셜 네트워크 분석기술은

특별히 인적 네트워크 그래프 구조를 대규모 행렬로 구성하여 특정 개인이나 단체의 인적 관계망 분석을 하는데 널리 활용된다. 마지막으로 Clustering 기술은 빅데이터의 특성을 고려하여 특성이 비슷한 데이터들로 구성된 군집을 정의하고 대표점을 찾는 방식으로 계층적 과 분할적 군집화 기술로 나눌 수 있다.

IV. 분석기법 고찰

이 장에서는 본 연구에서 조사하고 연구한 빅데이터 분석기법에 대한 특·장점을 비교 분석하고 고찰하였다. 표 1은 본 연구에서 조사한 분석기법의 특징과 적용대상 및 범위, 수행과정과 적용 사례 그리고 특·장점을 비교 분석하여 고찰한 결과를 보여준다. 표에서 보인 바와 같이 빅데이터 분석에 주로 사용되고 있는 주요 분석기법들은 크게 텍스트 기반의 데이터 분석방법과 그래프나 행렬 등으로 처리한 데이터에 대한 시각적 분석방법 등 두 가지 부류로 나눌 수 있는데 이들 중 텍스트 기반 데이터 분석방법이 주류를 이루고 있다. 텍스트 기반 데이터 분석방법은 주로 수집된 빅데이터의 특정 패턴이나 규칙, 키워드를 중심으로 발견 빈도수나 상관관계 등을 분석하여 정보를 추출하는 방식으로 웹사이트나 웹 로그 파일, 모바일 기기나 이메일 등에서 비·반정형 형태의 데이터를 수집하여, 전처리 과정을 거쳐 패턴 발견과 분석 과정을 수행하게 된다. 반면에, 그래프나 네트워크, 행렬 등을 동원한 시각적 빅데이터 분석기법들은 빅데이터로부터 데이터 요소를 발견하고 이 요소들 사이의 관계를 정의하여 그래프나 네트워크, 행렬 등을 구성하고, 데이터 요소들 사이의 관계를 정의하기 위해 RDF, Semantic Web, Ontology 등 수학적 이론을 적용하여 관계망을 구성한 후 데이터 요소와 이들 간의 관계에 대한 규칙 결합, 논리 추론 등의 방법을 통해 분석하는 메커니즘을 가지고 있다[7]. 최근의 빅데이터 분석기법들은 전자의 경우에서 점차 후자의 방법으로 확대 발전하고 있으며 많은 다양한 분야에서 활용이 점차 확장되는 상황이다.

최근의 빅데이터 분석기법에 관한 연구 동향에 따르면 대용량의 데이터로 구성된 분석 과정에서 처리 효율성을 높이기 위한 일환으로, 빅데이터의 분산 처리를 이용한 데이터 마이닝 분석기법에 관한 연구와 적용 노력이 활발하게 이루어지고 있다. 즉, 기존의 데이터 마

이닝 분석기법에 HBase, 분산 파일 시스템(HDFS, GFS 등), 고수준의 데이터 액세스 API 등으로 구성된 Map Reduce Framework를 적용하거나, 데이터 마이닝 연관 규칙을 활용하여 분산 병렬 연관규칙을 Map Reduce에 활용한 빅데이터 알고리즘을 사용하여 처리 효율을 높이기 위해 불필요한 아이템을 제거하고, 같은 아이템은 요약하여 빈번한 아이템 집합을 정의하여 처리한다. 아울러, 빅데이터 분류기술을 이용하여 처리 효율을 높이기 위해 Map 함수에서 분류기를 만들고 Reduce 함수에서 합치는 방법을 사용하기도 한다. 최근 연구에서는 분산 병렬 군집화 방법을 사용하여 여러 대의 컴퓨팅 장비에 데이터를 분산시킨 후 Map Reduce Framework가 각 컴퓨팅 장비에 주어진 데이터만을 처리하도록 군집화하는 방식을 사용하기도 한다.

V. 결론

오늘날 모바일 컴퓨팅과 클라우드 저장기술, 소셜 네트워크 서비스의 발전은 데이터의 홍수 시대를 맞이하게 하였고, 대용량 데이터는 매우 가치가 높은 중요한 정보를 품고 있다는 사실을 알게 되었다. 이러한 빅데이터로부터 우리가 필요로 하는 유용한 정보를 효율적으로 추출해서 효과적으로 사용하기 위해선 빅데이터로부터 유용하고 귀중한 정보를 효율적으로 추출할 수 있는 빅데이터 분석기법이 절실히 요구된다. 본 연구에서는 이러한 빅데이터 컴퓨팅을 효율적으로 처리할 수 있는 기존의 대표적인 빅데이터 분석기법들을 조사하였고, 그 특징과 적용대상 및 범위, 수행과정과 적용 사례 그리고 특·장점을 비교 분석하였으며, 특별한 상황이 발생했을 때 빅데이터 분석기법을 이용하여 유용한 정보를 효율적으로 추출하고, 잠재된 정보를 효과적으로 활용할 수 있도록 조사한 빅데이터 분석기법들을 비교 분석하였고, 아울러 처리 효율을 높이기 위한 분석기법의 최근 연구 동향도 소개하였다. 향후 연구과제는 조사한 분석기법을 이용한 빅데이터 처리 사례연구와 성능평가에 관한 것이다.

References

- [1] Y. S. Yang, I. S. Oh, L. H. Kang, Data Science with R, Hanbit Academy, pp. 440, 2019.
- [2] <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=338631>

- 6&cid=58370&categoryId=58370&expCategoryId=58370
- [3] S. Makoto, Big Data No Shougeki, Nomura Research Institute, Ltd., pp. 264, 2012.
 - [4] J. Gantz, D. Reinsel, "The Digital Universe 2020: Big data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East", IDCIVIEW, pp. 1-16, 2012.
 - [5] D. S. Park, Y. S. Moon, Y. H. Park, C. H. Yoon, Y. S. Jung, H. S. Chang, Big Data Computing Technology, Hanbit Academy, pp. 344, 2014.
 - [6] S. Oh, "Design of the Smart Application based on Big Data", Journal of IIBC, Vol. 15, No. 6, pp. 17- 24, December 2015. DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.6.17>
 - [7] D. Allemang, J. Hendler, Semantic Web for the Working Ontologist, Elsevier Inc., pp. 350, 2008.