

3차원 공간데이터 처리를 위한 차로 및 시설물 운영 관리 시스템 아키텍처 설계 연구*

김덕호¹ · 김성진² · 이정욱^{3*}

A Study on the Architecture Design of Road and Facility Operation Management System for 3D Spatial Data Processing*

Duck-Ho KIM¹ · Sung-Jin KIM² · Jung-Uck LEE^{3*}

요 약

현재 자율주행 관련 기술은 주행의 정도를 적용하여 단계별로 발전하고 있다. 자율주행 차량이 움직이는 도로에 대한 운영 관리 기술도 자율주행 기술에 발맞춰 발전해야 하는 것은 필수적이다. 그러나 현재 도로 운영 관리의 경우 2차원 정보만을 사용하여 관리되고 있어 차로 및 시설물 정보 관리, 유지 보수의 체계화된 운영 관리에 한계를 보이고 있다. 본 연구는 현재 2차원 공간데이터를 기반으로 관리하고 있는 차로 및 시설물 운영 관리 시스템을 정밀도로 지도 데이터와 실시간 빅 데이터 처리가 가능한 융합 형태의 데이터베이스를 설계하여 3차원 공간정보 기반의 운영 관리가 가능한 운영 관리 시스템 아키텍처 구성 방안을 제시하였다. 본 연구를 통해 향후 정밀도로 지도를 기반으로 한 운영 관리 시스템을 구축하여 차로 및 시설물 유지관리에 사용할 경우 시설물을 시각화하여 관리할 수 있으며, 다중 사용자의 데이터 편집 및 분석이 가능하고, 다양한 GIS S/W와 연동이 가능하며, 보안 및 백업·복구 등의 기능이 강화되어 대용량의 실시간 데이터를 효율적으로 처리할 수 있을 것으로 판단된다.

주요어 : 정밀도로 지도, 차로 및 시설물, 아키텍처, 데이터베이스, 운영 관리 시스템

ABSTRACT

Autonomous driving-related technologies are developing step by step by applying the

2021년 11월 16일 접수 Received on November 16, 2021 / 2021년 12월 12일 수정 Revised on December 12, 2021 / 2021년 12월 13일 심사완료 Accepted on December 13, 2021

* 이 논문은 2021년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.092021C28S02000, 협력적 교통제어전략 도입을 위한 교통정보 음영구간 정보 생성 및 운영관리 기술개발)

1 한국자동차연구원 선임연구원 Senior Researcher, Korea Automotive Technology Institute

2 한국자동차연구원 선임연구원 Senior Researcher, Korea Automotive Technology Institute

3 한국자동차연구원 수석연구원 Principal Researcher, Korea Automotive Technology Institute

* Corresponding Author E-mail: julee@katech.re.kr

degree of driving. It is essential that operational management technology for roads where autonomous vehicles move should also develop in line with autonomous driving technology. However, in the case of road operation management, it is currently managed using only two-dimensional information, showing limitations in the systematic operation management of lane and facility information and maintenance. This study proposed a plan to construct an operation management system architecture capable of 3D spatial information-based operation management by designing a convergence database that can process real-time big data with high-definition road map data. Through this study, when using a high-definition road map based operation management system for lane and facility maintenance in the future, it is possible to visualize and manage facilities, edit and analyze data of multiple users, link various GIS S/W and efficiently process large scale of real-time data.

KEYWORDS : HD-Map, Lane, Facilities, Architecture, Database, Management System

서 론

현재 전 세계적으로 자율주행 기술 개발에 대한 관심이 급증하고 있으며 각국 정부에서 주도하는 국가적 차원의 연구 개발을 비롯하여 세계적인 대기업에서 추진하고 있는 자율 주행 관련 프로젝트는 이미 실용화 단계에 접어들고 있는 추세이다. 이에 따라 국민들이 자율주행 서비스에 대한 기대 수준이 높아지면서 도로교통수단에 대한 서비스 기대수준이 과거보다 높아졌다. 도로 분야에서는 차로 및 시설물 정보 관리, 유지 보수의 체계화와 운영 관리 향상을 위한 3차원 운영 관리 시스템 도입이 요구되고 있으며 정밀도로 지도를 기반으로 한 차로 및 시설물 운영 관리 시스템은 도로 교통의 효율성 제고 및 체계화된 일정관리, 고품질의 서비스를 제공하기 위하여 필수적이다.

도로와 같은 공공시설물은 국가 차원, 지방자치단체 차원의 물리적 자산으로 중요한 가치를 지니고 있으나, 경제적 관점의 운영 및 관리에서 유지 보수에 관한 의사결정이 이루어지지 않고 있다. 차로 및 시설물 설계 시 생애 주기비용의 분석을 통해 유지 관리비용을 예측하고 이를 최소화하는 설계를 진행하는 반면, 현재 사용 중인 도로 운영 관리 시스템에서는 이러한 정보들이 단절되고 있는 상황이다.

이처럼 단절된 정보를 최소화하기 위해 도로 운영에 관련한 모든 정보를 체계적이고 효율적으로 관리할 수 있는 운영 관리 시스템이 필요하다. 정밀도로 지도 기반의 차로 및 운영 관리 시스템이 구축된다면 차로 및 시설물 위치 검색, 유지 보수 등의 관리와 도로 교통 체계 운영의 의사결정 지원이 체계적으로 이뤄질 것이다.

따라서 본 연구의 목적은 위에서 언급한 바와 같이 2차원 공간데이터를 기반으로 관리하고 있는 차로 및 시설물 운영 관리 시스템을 3차원 공간 정보 기반의 운영 관리가 가능한 운영 관리 시스템 아키텍처 구성 방안을 제시하고자 하였다. 또한, 라이더 데이터 처리가 가능하도록 대용량 데이터베이스를 활용하였으며, 3차원 공간좌표 및 속성 조회 등을 고려하여 아키텍처를 설계함으로써 차로 및 시설물 운영 관리 시스템의 효율성을 향상시키고자 하였다.

연구방법 및 선행연구 고찰

1. 연구의 범위와 방법

본 연구에서는 정밀도로 지도를 구성하는 도로망과 도로 시설물 객체의 3차원 운영 관리 시스템 아키텍처 설계를 수행하였다. 이를 위해 공간 정보의 운영 관리 시스템에 필요한 데이터베이스의 정의와 현재 정의되어 있는 정밀도로 지도 데이터 모델 관련 문헌을 분석하였다. 이

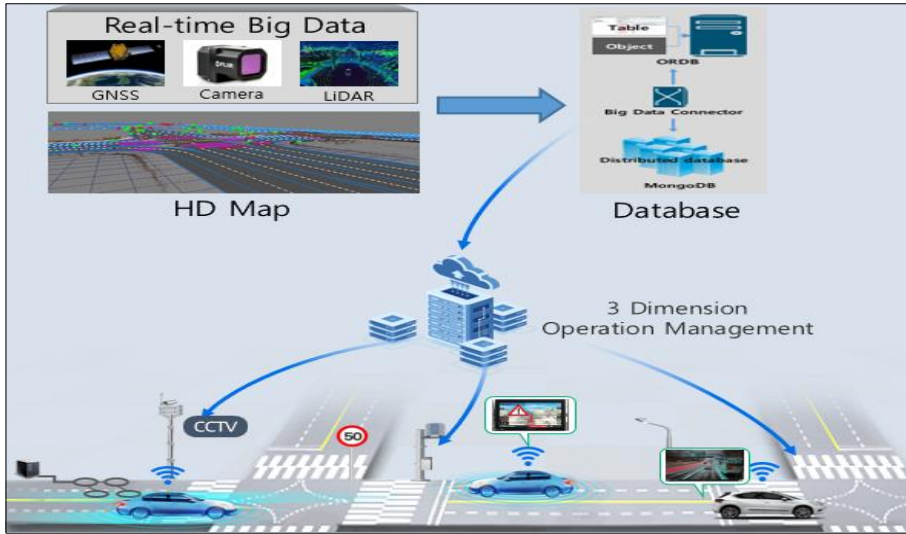


FIGURE 1. The basic conceptual figure

를 바탕으로 국내 도로환경에 적합한 정밀도로 지도의 도로망 및 도로 시설물 대상 항목 등을 분석하였다.

아키텍처 설계는 대용량 데이터베이스 설계 및 정밀도로 지도 모델 관련 문헌을 참고하여 도로망 및 도로 시설물의 3차원 객체 아키텍처 구성 방안을 제시하였다.

TABLE 1. Research flow chart

The background and purpose of the study
↓
Scope and method of research
↓
Analysis of previous studies
↓
Theoretical review
Precision Road Map Data and Database
↓
Analysis of items subject to road and facility operation management
↓
Database analysis and selection
↓
An efficient database for 3D data management
ORDB MongoDB
↓
Architecture design

2. 선행 연구 고찰

국내 관련 연구로 Jeon *et al.*(2010)은 도로 관리 통합 시스템 추진 현황을 분석하고 당시 도로관리 통합 시스템 개발의 주요 내용을 소개 하며 도로관리 통합 시스템의 발전 계획을 제시 하였다. Kang *et al.*(2011)은 오픈소스 BIM 서버를 활용해 지리 정보 시스템(GIS, Geographic Information System)기반으로 빌딩 정보 모델링(BIM, Building Information Modeling)객체를 가시화하는 효과적인 시스템 아키텍처를 디자인하였다. 이를 위해 BIM 서버 관련 연구 동향을 분석하고, 해외에서 활용되기 시작한 오픈소스 기반 BIM 서버의 구조를 분석하고 BIM 서버에 저장된 BIM 객체의 데이터인 형상 및 속성을 GIS 상에 가시화할 수 있는 방안을 도출하고 아키텍처를 제안하였다.

Go *et al.*(2015)은 국가 공간 정보를 서비스 중인 공간 정보 오픈 플랫폼을 대상으로 접속 불안정 및 서비스 중단의 문제점을 분석하여 콘텐츠 전송 네트워크(CDN, Content Delivery Networking), 가상화, 클러스터링 등 신기술을 분석하여 방대한 국가 공간 정보를 안정적으로 서비스할 수 있는 새로운 공간 정보 오픈 플랫폼 아키텍처 구성 방안을 제시하였다. Yoon

(2016)은 객체지향 기반의 ITS 아키텍처를 구축하는 데 있어서 객체를 생성하는 새로운 방법을 제시하였다. 객체 지향적 접근 방법에서 나타나는 문제점을 찾고 이를 해결하기 위하여 작업 의뢰 기술 도라는 새로운 객체 생성 방법을 제시하였다. 이를 토대로 차량 내 동적 경로안내 시스템에 본 연구에서 제시된 방법을 적용하여 객체 지향적 기반의 시스템 아키텍처를 제시하였다.

Lim *et al.*(2020)은 도로 시설물인 교량의 일상 유지 보수를 위한 실시간 안전점검을 수행하기 위하여 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 플랫폼을 통해 수집된 빅 데이터를 가공 분석을 통한 시설물 관리자의 신속한 의사결정 지원을 목적으로 기반 시설물 관리에 관한 법 제도 동향을 조사·분석하고 빅 데이터 플랫폼 시스템 개발에 필요한 기술을 정의하였으며, 다양하고 방대한 빅 데이터 정보를 수집, 저장, 가공, 분석, 시각화까지 전 과정을 일관성 있게 지원하는 모델을 제안하였다.

이처럼 기존 연구들은 안전성 평가 관리 및 시스템엔지니어링 분야에 한정적이며 대표적으로 데이터베이스 관점의 연구가 미흡한 실정이다. 또한, 현재의 도로유지관리시스템은 지표에 국한된 2차원을 대상으로 도로 포장, 교량 관리, 교통량 조사를 주된 목적으로 평면중심의 도로 관리 개념에만 충실하고 있고 공간객체 데이터는 ‘2차원 폴리곤 + 속성데이터’ 로만 구성되어 있다. 이러한 구성의 문제점은 각각의 도로 관리 시스템들을 연결하는 통합 데이터베이스 체계가 구축되지 않아 정보의 축적과 활용이 어렵고, 각 시스템별로 독자적으로 구축되어 상호연계가 불가능하며, 시스템별 업무 처리 기준이 달라 전산화가 어려운 데 있다. 이는 통합 운영 관리시스템 구축을 통해 3차원 기반의 정밀도로 지도와 시설물의 위치정보를 공유하여 관리함으로써 정보의 축적 및 상호연계가 가능한 3차원 공간 정보 기반 운영관리시스템을 구축하여 해결할 수 있다. 본 연구는 정밀도로 지도를 기반으로 도로 시설물 등의 3차원 공간 정보를 함께 활용할 수 있는 시스템 아키텍처를 설계하고자

하는데 기존의 연구들과 차이점을 두고 있다.

정밀도로 지도 데이터 분석 및 데이터베이스 분석

1. 도로 네트워크 및 도로 시설물 대상 항목

자율주행 지원을 위한 국내 정밀도로 지도의 도로망 및 도로 시설물 정보 관리의 체계화 및 효율화를 위해서는 국내 도로 특성에 맞는 공간 정보 기반의 정보 체계 및 운영 관리 시스템이 필요하다. 또한, 추후 다양한 시스템과의 확장성을 고려하여 국내외 정밀도로 지도 관련 표준과의 호환성을 가지고 있어야 한다. 본 연구에서는 정밀도로 지도에 대한 공간 정보 참조 체계 개발과 공간 정보 운영 관리체계를 개발하는 것을 최종 목표로 차로 수준의 도로망 및 도로 시설물의 설계·시공·유지 관리에 있어 모든 정보를 데이터베이스(DB)화한다. 이를 통해 정밀도로 지도 데이터 관리를 체계화하고, 유지 보수비용을 절감할 수 있게 하며 또한 시설물 공간 정보를 기반으로 자율주행 지원과 도로 시설물 갱신 등을 효율적으로 수행할 수 있다.

정밀도로 지도를 기반으로 한 차로 및 시설물 운영 관리 시스템을 개발하기 위하여 먼저 차로 수준 데이터 구축범위에 대한 요구사항을 조사하였다. 국내 도로와 차량 주행 환경을 고려하여 원활한 자율주행 지원을 위해 필수적인 도로망 및 도로 시설물 객체를 분석하여 표 2에 나타내었다. 또한, 국내외 표준과의 연계를 위해 공통적으로 가지고 있는 객체를 위주로 도로망 10개와 도로 시설물 3개로 객체를 분류하였다. 표 3, 4는 관련 문헌별 정밀도로 지도 객체 항목을 분류하고 각 시설물 항목의 표현 유형과 표준을 근거로 하여 객체를 정의한 결과를 나타낸다.

2. 대상 항목에 따른 데이터베이스

분석된 대상 항목의 관리·저장체계를 고려한 데이터베이스 선정이 필요하나 데이터는 각기 다른 데이터 유형 및 형태를 가지고 있으며, 그

TABLE 2. Object configuration by precision road map data

Classification	Object	Data Model				
		ISO-22726	NGII	HERE	NDS OLM	Open Drive
Road Network	Road	Belt	Line	Line	Line	Line
	Intersection	Belt	Point	Point	Point	Point
	Lane	Belt	Line	Line	Line	Line
	Lane Boundary	Line	Line	Line	Line	Line
Road Structure	Bridge	Polygon	-	Line	-	True/False
	Tunnel	Polygon	-	Line	True/False	True/False
	Pedestrian Overpass	Polygon	-	-	True/False	-
	Traffic Island	Polygon	-	-	-	-
	Viaduct	Polygon	-	-	-	-
	Kerb	Line	-	-	True/False	-
	Gutter	Line	-	-	True/False	-
	Rest Area	-	Polygon	-	-	-
	Parking Lot	-	Polygon	-	-	-
	Service Area	-	Polygon	-	-	-
	Toll Gate	Polygon	-	Point	-	-
	Sound proofing Facility	Line	-	-	True/False	-
	Guard fence	Line, Polygon	Point	Line	-	-
	Wall	Line	-	-	True/False	-
	Traffic Light	Point	Point	Point	True/False	True/False
	Eye guidance	-	Point	-	-	-
	Cats Eye	Point	-	-	-	-
	Speed Bump	Polygon	Polygon	-	-	-
	Column	Point	Point	-	-	-
	Lights	Point	Point	-	-	-
Anti-sliding Device	-	Polygon	-	-	-	
Road Facility	Pier	Point	-	-	-	-
	Utility pole	Point	-	-	-	-
	Caution Sign	Point	Point	-	True/False	-
	Indication Sign	Point	Point	-	-	-
	Road Sign	Point	Point	-	-	-
	Restriction Sign	Point	Point	-	-	-
	Assistant Sign	Point	Point	-	-	-
	Indication Mark	Point	Point	-	-	-
	Restriction Mark	Point, Line, Polygon	Polygon	-	True/False	-
	Road marking					

에 따른 특징 또한 다르다. 그러므로 데이터 유형 및 형태에 대해 검토한 후, 그 특징에 따른 데이터베이스를 선정하여야 하며 운영 관리 시스템을 위한 데이터베이스 선정에는 표 5와 같은 기준을 고려하여 선정하였다.

또한, 2차원 텍스트 데이터로 관리해오던 기존의 데이터베이스와는 달리 3차원 공간 정보와 속성 데이터를 동시에 관리할 수 있는 데이터베이스로 설계하여야 한다. 현재 2차원 데이터로

작성된 차로 및 시설물의 데이터는 정확성, 신뢰성 향상, 저비용 고효율의 유지 보수 등의 다양한 도로 관리 적용분야에서 효율적 관리에 대한 한계를 보이고 있다. 따라서 3차원 차로 및 시설물 데이터베이스를 기반으로 한 운영 관리 시스템을 구축한다면 모바일 매핑 시스템(MMS, Mobile Mapping System)를 활용한 시설물 분석 및 시각화, 이상 감지 모니터링, 도로 운영·관리 의사결정 지원 등 2차원 데이터로는 수행

TABLE 3. Object of road network data

No.	Object	Definition
1	Road	Any area where people and vehicles can move, including carriageway, lanes, center lines, shoulders, sidewalks, etc.
2	Carriageway	The area of the road through which vehicles can move for the purpose of movement
3	Lane Group	A set of lanes with the same direction within a carriageway In the case of an intersection, a set of lanes entering the intersection from the same direction
4	Lane	Single lane in which the vehicle travels
5	Intersection	Area where two or more carriageways intersect
6	Lane Boundary	Lane boundary composed of road markings on both sides of the lane or roadside structures such as curbs
7	Connector	A linear feature that separates the road, carriageway or end of a lane
8	Center Line	A linear feature representing the centerline of a lane
9	Anchor Position	A feature representing a road, carriageway or facility located inside or outside the lane
10	Urgent Evasion Area	The area that indicates where the vehicle can avoid in an emergency

할 수 없는 효율적인 운영 · 관리가 가능하다.

3차원 운영 관리 시스템 설계를 위하여 DB 화 대상 항목으로 선정된 차로 및 시설물은 망으로 연결하여 Network 형태로 구성될 도로망 객체와 Non-Network 형태로 구성될 시설물 객체로 분류된다. 대체적으로 기존 도로 지도의 객체는 2차원 형태로 구축하지만 본 연구에서는 정밀도로 지도에서 요구하는 수준에 맞춰 3차원 형태로 모델을 구축하였다. 이는 차로 및 차로

그룹이 유사한 형태이며 x, y 평면상에서 거의 근접한 위치에 존재하고, 차로 및 차로 그룹에 연결되는 객체는 3차원으로 구축되기 때문에 관계를 정의할 때 혼돈이 발생되고 문제가 발생할 확률이 높기 때문에 차로 및 차로 그룹과 연관되는 객체의 모델을 3차원으로 구축하였다.

3차원 형태의 구축 방식으로 처리됨으로써 방대한 데이터의 자료를 처리 및 저장 · 관리할 수 있는 체계가 필요하다. 이를 지원할 수 있는

TABLE 4. Object of structure and facility data

No.	Object	Sub-Object	Definition
1		Bridge	Bridge that allows vehicles to cross obstacles or rivers
2		Tunnel	Road drilled in the bottom of a mountain, sea, river, etc.
3		Pedestrian Overpass	Bridge that is crossed in the air so that people can safely cross it over a road or railroad track
4		Traffic Island	Zone set on the road to control the driving of vehicles or to protect pedestrians
5		Viaduct	High bridge for transportation or tourism
6		Kerb	Stone that serves as the boundary between the carriageway and the sidewalk or between the carriageway and the planting strip
7	Road Structure	Gutter	Object or road at the edge of a carriageway to allow water to drain
8		Rest Area	Area of the highway where vehicles can temporarily park and there are some amenities for drivers
9		Parking Lot	Place where a vehicle can be parked
10		Service Area	Area near the road where drivers can stay and rest
11		Toll Gate	Place where tolls are charged when driving a vehicle
12		Sound proofing Facility	Facility installed to prevent the sound of a moving vehicle from leaking out of the road
13		Guard fence	Barbed wire or structure placed on the edge of a roadway for the purpose of leaving the vehicle from the road or restoring the direction of travel.
14		Wall	Long wall located at the edge of the driveway on the road

TABLE 4. Continued

No.	Object	Sub-Object	Definition
15	Road Facility	Traffic Light	Device that instructs a passing vehicle or person to stop, detour, or proceed by flashing red, green, yellow, and green arrows
16		Eye guidance	Section in which a cylindrical facility is installed to indicate a boundary between the lane and on the edge of the lane
17		Cats Eye	Section with reflectors that reflect light to help drivers see better
18		Speed Bump	Jaws installed on the road to forcibly lower the vehicle's running speed
19		Column	Facility installed to support or support other structures from the bottom up
20		Lights	Illumination installed along the roadside for traffic safety or aesthetics
21		Anti-sliding Device	Facility installed along the lane for vehicle deceleration
22		Pier	Equipment installed to support the bridge
23		Utility pole	Facility installed to connect lines or communication lines
24		Caution Sign	Facility installed to inform road users so that they can take necessary safety measures
25		Indication Sign	Facility installed to inform the traffic method and classification of roads
26		Road Sign	Facility that displays road information so that road users can easily reach their desired destination
27		Restriction Sign	Facility that prohibits or regulates certain actions against cars or pedestrians for the purpose of traffic control;
28		Assistant Sign	Facility displaying instructions regarding the date, time or street area or safe speed, excluding indication, road, restriction, or caution signs
29		Road	Indication Mark
30	marking	Restriction Mark	Mark related to regulations expressed on the road surface

TABLE 5. Criteria for architecture planning

Criteria	Content
Data processing method	Support for real-time or batch processing
Expansion • Ease of use	Ease of server expansion due to data growth
Service • Demand	Simple save and edit, Real-time search, Web service, etc., required function
Processing analysis tool	Statistical analysis, Tools that support data processing analysis
GIS s/w	Software that helps users edit and modify data
System Construction cost	S/W, H/W Consideration of purchase price and system development

최신 기술을 도출하기 위해 여러 분야에서 활발히 사용되고 있는 데이터베이스의 목록을 표 6와 같이 네 가지로 분류하고, 데이터베이스 비교 기준 항목을 토대로 각각의 기능을 비교 분석하여 나타내었다.

수집되는 차로 및 시설물 자료에 대해서는 정형, 비정형처럼 각기 다른 데이터를 관리하는데 적합한 데이터 모델과 실시간 처리와 대용량의 데이터를 처리할 수 있는 적합한 데이터 모델이 선정되어야 한다. 즉, 차로와 도로 시설물의 3차원 운영 관리를 위해 사용되는 데이터는 크게 3차원 시설물 데이터와 실시간으로 전송되는

MMS 데이터로써, 두 가지 형태의 다른 성질의 데이터를 모두 처리할 수 있는 데이터 모델을 필요로 한다.

앞서 언급한 네 가지 종류의 데이터베이스는 각각 단독으로 운영하여 이러한 3차원 데이터와 MMS 데이터 모두를 처리할 수 없기 때문에 본 연구에서는 관계형 데이터베이스와 NoSQL 데이터베이스와의 융합 형태의 데이터베이스를 제안하였다.

첫째로, 3차원 데이터를 관리하는 실질적 운영 관리 부분에서 사용될 수 있는 데이터베이스는 3차원 데이터 처리가 가능하여야 될 뿐만 아

TABLE 6. Comparison of database functions

Classification	RDB [Oracle]	ORDB [Oracle]	MongoDB	Hadoop
Storage structure	Relational	Object relational	Document	File
Transaction	Support	Support	Not support	Not support
Data partitioning	Support	Support	Support	Support
Aauthority	Support	Support	Not support	Not support
Check	Support	Support	Not support	Support
Backup	Support	Support	Not support	Not support
Restore	Support	Support	Not support	Not support
Data processing and analysis support tools	Oracle Spatial	Oracle Spatial	-	Spatial Hadoop PIG HIVE HBase Zookeeper Sqoop R Esri-ArcGIS
Spatial query	<ul style="list-style-type: none"> • Filter Operator • Relate Operator • Distance Operator • Nearest Neighbor Operator 	<ul style="list-style-type: none"> • Filter Operator • Relate Operator • Distance Operator • Nearest Neighbor Operator 	<ul style="list-style-type: none"> • Nearest Neighbor Query • Box Query • Center Query • MapReduce 	<ul style="list-style-type: none"> • Range Query • K Nearest Neighbor Query • MapReduce • Correlation Analysis • T-test • ANOVA • Regression Analysis
Large data processing	-	-	• MapReduce	• MapReduce
Data analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Spatial Analytic • GeoRaster 	<ul style="list-style-type: none"> • Spatial Analytic • GeoRaster 	-	<ul style="list-style-type: none"> • Correlation Analysis • T-test • ANOVA • Regression Analysis
Web service	• Spatial Web Services	• Spatial Web Services	-	-
GIS software linkage	ArcGIS GeoMedia AutoCAD Quantum GIS Grass Udig Etc...	ArcGIS GeoMedia AutoCAD Quantum GIS Grass Udig Etc...	ArcGIS Quantum GIS	-

나라, 운영 관리를 할 수 있는 트랜잭션(질의어를 이용한 데이터베이스의 접근), 권한, 감사, 백업, 복원 등의 기능 또한 지원되어야 하고, 이러한 공간데이터를 처리할 수 있도록 GIS 소프트웨어와 연동이 가능해야 한다. 객체 관계형 데이터베이스(ORDB)는 관계형 데이터베이스와 마찬가지로 운영 관리를 위한 기능이 지원되며 더불어 공간데이터 기능을 가장 잘 정의하고 표현할 수 있는 데이터베이스로 3차원 모델링이 가능하다.

둘째로, MMS 데이터를 관리할 수 있는 실시간 대용량 데이터 관리 부분이다. 실시간 데이

터나 방대한 양의 데이터는 일반적으로 사용하는 순수한 관계형 데이터베이스와 객체 관계형 데이터베이스로는 불가능하다. 따라서 이 부분을 대용량 데이터베이스인 MongoDB를 이용해 자료 처리를 수행하여 처리시간과 구축비용 등에 효율성을 높일 수 있다. 따라서, 결과적으로 MMS로 얻어지는 실시간 대용량의 데이터를 처리하기 위해 가장 효율적인 데이터베이스로 MongoDB를 선정하였다.

위의 분석된 내용을 정리하면 대용량의 일괄 처리가 필요한 데이터는 MongoDB에서 저장·관리하고 클러스터의 데이터를 처리하기 위한 시

시스템인 MapReduce를 통해 데이터를 처리하며 트랜잭션 등의 운영 관리를 위한 데이터는 객체 관계형 데이터베이스를 통해 빠른 데이터 처리를 가능하게 하는 구조이다.

이에 따라 본 연구에서는 차로 및 시설물 자료에 대해 시설물을 3차원으로 구축하기 위하여 3차원 모델링이 가능한 객체 관계형 데이터베이스(ORDB)가 적합하다고 보고, 이와 더불어 실시간 대용량 처리에 효율적인 MongoDB를 연계하여 구축하는 것을 제안하였다.

3. 3차원 차로 및 시설물 관리 데이터베이스

1) 객체 관계형 데이터베이스(ORDB) 특징

기존의 관계형 데이터베이스 시스템들이 객체지향 데이터베이스가 제공하는 기능들 중에서 장점들만을 모아 기존의 관계형 모델에 통합한 새로운 개념의 객체 관계형 데이터베이스(ORDB, Object Relational Database)가 탄생하게 되었다. 즉, 기존의 관계형 데이터베이스로서의 안정된 성능에 기반을 두면서 동시에 객체지향 모델의 모델링 파워를 가미하는 특징을 제공할 수 있는 데이터베이스이다.

객체-관계 데이터 모델(Object-Relational Data Model)은 객체 지향 개념과 관계 개념을 종합한 모델로서 관계 테이블(table), 질의어(query language), 객체(object), 메서드(method), 클래스(class), 상속(inheritance), 캡슐화(encapsulation), 복합 객체(complex object) 등을 지원한다. 객체 관계형 데이터베이스의 다음 표 7과 같은 특징을 갖는다.

TABLE 7. Characteristics of ORDB

Characteristic	Content
User-defined functions and types	Defining new functions for managing objects existing in the database. Any type of information defined by the user can be stored and retrieved in the database.
Composed object	Object composed of multiple objects to support a complex structure
Encapsulation	Using an object by invoking a program part, that is, a method of the object, without the user seeing the inside of the object
Large object support	Define object concepts suitable for storing and managing multimedia data
Inheritance	Class is defined as an instance of one or more other classes

2) MongoDB의 특징

MongoDB는 10gen사에서 개발된 높은 성능과 확장성을 가지고 있는 데이터베이스며 비관계형 데이터베이스인 NoSQL 데이터베이스에서는 도큐먼트형 데이터베이스로 분류되고, 제이슨(JSON, Java Script Object Nation)형식의 직렬화된 바이너리 형태로, 큰 객체는 MongoDB의 기능 중 하나로 대용량 파일을 데이터베이스 내에 저장할 때 사용되는 GridFS를 통해 지원된다. 표 8은 MongoDB의 특징을 나타낸 것이다.

TABLE 8. Characteristic of MongoDB

Characteristic	Content
Scheme-Free	Free data model format
Replication	Duplicate function
Auto-Sharding	Automatic data partitioning
GridFS	Save the file in binary format

MongoDB의 데이터 모델은 데이터를 Document 형태로 저장하고 관리하는 Document-Oriented 데이터 모델로써, 오브젝트를 자연스럽게 모아 놓은 형태로 표현하고 객체를 전체적으로 작업할 수 있다. 즉, 데이터를 저장하기 위하여 기존의 관계형 데이터베이스에서처럼 테이블을 정의하거나 자료 형에 맞추어 입력할 필요가 없다.

데이터는 BSON(Binary JSON)이라 불리는 문서 형태로 작성되어 저장되며, RDBMS에서의 Row에 해당되며 데이터 모델을 통해 가변적인 속성을 갖는 데이터를 표현할 수 있다. JSON format의 Key/Value 형태만 만족한다면 다양한 유형의 데이터를 함께 저장할 수 있으

며, Key 값을 이용한 Index를 통해 보다 빠른 검색이 가능하다.

정밀도로 지도 기반 차로 및 시설물 운영 관리 시스템 아키텍처 구성 방안 제시

수집된 차로 및 시설물 정보를 활용할 수 있는 통합적인 시스템을 위한 데이터베이스 선정에는 실시간 처리 방식을 지원할 수 있는 데이터 처리 방식과 데이터 증가에 따른 서버 확장에 대한 용이성, 단순 저장 및 편집, 실시간 검색 등의 서비스 요구 기능 등의 기준을 고려하여 시스템 아키텍처를 구상하였다.

실시간 대용량 데이터는 GPS, LiDAR, 카메라 등의 센서를 통해 수집되며, 이 중 LiDAR 데이터 자료처리는 그림 2와 같이 크게 3개의 모듈로 구성되는데 1. 파일 변환, 2. 파일 입출력, 3. 가시화 모듈이다. 실시간으로 수집되는 대용량의 센서 데이터는 가공 처리하여 데이터베이스에 저장되거나, 공간 정보 데이터와 연계하여 사용된다.

정밀도로 지도 데이터는 도로와 인접한 공간 정보 시스템의 기초가 되며, 시설물 위치 정보와 시설물 관리 이력을 바탕으로 하는 도로 시설물 정보와 차로 위치정보를 바탕으로 하는 도로 지도로 구성된다. 여기서 시설물 위치 정보는 차로 및 시설물의 분류 체계 정보, 차로 및 시설물의 위치 정보, 노면 및 도로 시설의 위치정보 체계 등 위치정보를 조회하기 위한 도

로 기본 정보 및 테이블 정의가 이에 해당된다.

시설물 관리 이력으로는 구체적인 시설물 진단 기록 및 조치사항, 향후 점검 계획 등의 정보가 해당되고, 정밀도로 지도에는 차로의 위치 및 방향을 확인할 수 있는 정보뿐만 아니라 버스정류장 등의 관리 시설물의 세부적인 위치를 나타낼 수 있다.

그림 3은 본 연구에서 제시하고자 하는 차로 및 시설물 운영 관리 시스템 아키텍처이다. 수집되는 데이터는 데이터베이스에 저장되어야 하는데 이때, 실시간으로 저장되어야 하는 LiDAR, 영상, GNSS 정보는 NoSQL의 MongoDB로 빠른 데이터처리가 가능하다. MongoDB는 대용량의 데이터를 실시간으로 처리하고자 개발된 소프트웨어로 스키마 구조가 자유롭고 보다 빠른 데이터 처리 기능을 가지고 있다. 또한, 확장의 용이성 부분에서 오픈소스 형태의 S/W와 H/W의 확장이 용이한 MongoDB의 저장 시스템 이용이 실시간 데이터 처리를 위한 대용량 데이터 저장·관리 분야에서 선호되고 있다.

실시간 및 대용량의 데이터와 밀접한 관련이 있는 MongoDB와 기존의 공간 정보를 저장하는 ORDB를 Big Data Connector를 통해 연동한다. 이는 ORDB의 실시간적 측면과 대용량적 측면의 한계를 MongoDB가 보완하고, MongoDB의 트랜잭션, 권한, 감사, 백업, 복원 및 다른 소프트웨어와의 호환성 측면의 한계를 ORDB가 보완해 주는, 즉 상호보완적 관계이다.

공간데이터를 처리하기 위한 ESRI-ArcGIS 툴은 본 시스템 구조에는 활용이 가능하나, 연

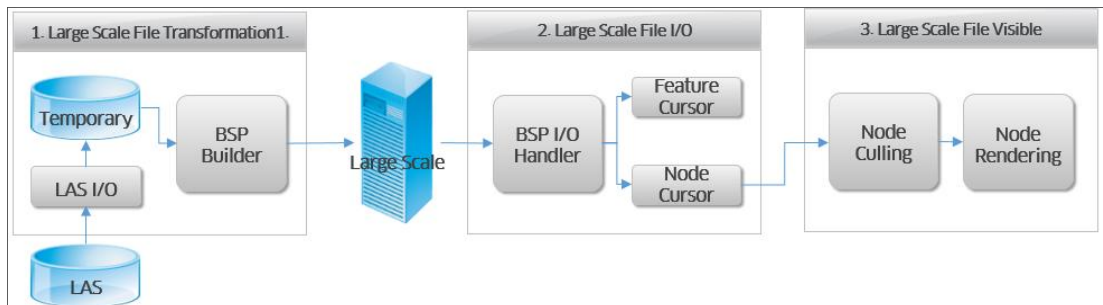


FIGURE 2. Three-step module of LiDAR data processing

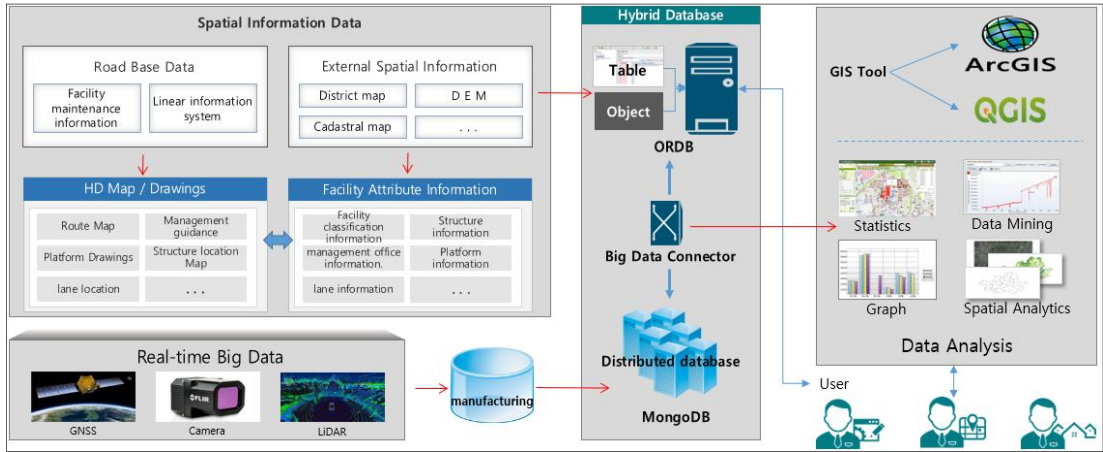


FIGURE 3. System architecture configuration

동되는 GIS 소프트웨어가 부족하고 지원이 된다고 하더라도 일부 소스의 제공으로 인해 개발이 추가적으로 필요한 보완점을 가지고 있다. 마지막으로, 저가용 서버 구축으로 인한 비용 절감에 대한 경제성과 동시에 시설물의 3차원 객체로 운영 관리가 가능하여 실세계의 시설물에 대한 세부적인 관리를 할 수 있는 기능성, 시스템 간의 상호 호환성, 데이터 관리의 안정성을 확보할 수 있다.

따라서, 본 연구에서 제시한 시스템 아키텍처를 구성한다면 다중 사용자의 데이터 편집 및 분석이 가능하고, 다양한 GIS S/W와 연동이 가능하며 보안 및 백업복구 등의 기능이 강화되어 대용량의 실시간 데이터를 처리하는데 큰 이점이 있다.

결론

본 연구는 3차원 차로 및 시설물 운영 관리 시스템에 적용 가능한 아키텍처를 설계하였다. 이를 위해 현재 도로 관련 아키텍처를 주제로 한 연구논문을 분석하고 현재 사용하고 있는 도로시설물 정보연계 기준 체계를 기준으로 하여 차로와 시설물의 대상 항목을 선정 후 세부항목을 도출하고 각 시설물 항목의 표현 유형과 기하 및 위상관계를 정의하였다. 도출된 각 항목

의 정의를 토대로 각각의 도로망 및 시설물 분야로 나누어 분류하였다. 차로 및 시설물 운영 관리 시스템에 적용할 데이터베이스를 비교하여 대용량 데이터베이스 관리에 적합한 ORDB와 MongoDB를 연계한 구축 방안을 제시하였다.

차로 및 시설물 운영 관리 시스템 아키텍처 설계는 공간 정보를 기반으로 하여 현재 도로교통 분야에서 사용하고 있는 2차원 공간 정보가 아닌 3차원 공간좌표를 적용함으로써 대용량 데이터 관리 및 3차원 객체의 운영·관리가 가능하다. 이로 인해 기존 2차원 평면 위주의 공간 정보를 가공하여 활용할 수 없었던 차로 및 시설물에 대한 3차원 시뮬레이션 및 공간 정보의 조회, 유지 보수, 도로 운영 관리 의사결정 지원 등 공간 정보를 활용한 도로교통 체계 고도화를 이룰 것으로 판단된다.

또한, 향후 도로 기반 정보 운영 관리 시스템을 구축하여 차로 및 시설물 유지관리에 사용할 경우 도로 시설물을 시각화하여 관리할 수 있으며, 시각화한 시설물 데이터는 공간 정보 플랫폼에 연계하여 3차원 공간정보로 활용이 가능하며, 사용자에게 현실과 똑같은 개념의 공간 및 속성정보 제공이 가능할 것으로 판단된다. **KAGIS**

REFERENCES

- Go J.H., Y.H. Lim, M.S. Kim and I.S. Jang. 2015. A study on the next vworld system architecture: new technology analysis for the optimal architecture Design. Journal of Korea Spatial Information Society 23(4):13-22 (고준희, 임용화, 김민수, 장인성, 2015. 차세대 브이월드 시스템 아키텍처 구성에 관한 연구 : 최적의 아키텍처 설계를 위한 신기술 분석. 한국공간정보학회지 23(4):13-22).
- International Organization for Standard. 2018. Dynamic data and map database specification for connected and automated driving system applications. part 1: architecture and logical data model for harmonization of static map data. ISO/AWI TS 22726-1 Intelligent transport systems, pp.10-32.
- International Organization for Standard. 2019. Geographic data files(GDF)-GDF5.1. ISO DIS 20524 Intelligent transport systems, pp.30-45.
- Jeon, M.G., B.G. Back, S.P. Hong and C.J. Yoon. 2010. Status of integrated road management system operation for efficient general national road management. The Journal of Korean Society of Road Engineers 12(4):64-67 (전만경, 백봉기, 홍석표, 윤천주, 2010. 효율적 일반국도 관리를 위한 도로관리 통합시스템 운용 현황. 한국도로학회지 12(4):64-67).
- Kang T.W. and C.H. Hong. 2014. Gis-based bim object visualization system architecture design using open source bim server cost-effectively. Journal of Korea Spatial Information Society 22(1):45-53 (강태욱, 홍창희, 2014. 오픈 소스 BIM서버를 활용한 비용 효과적인 GIS기반 BIM 객체 가시화 시스템 아키텍처 설계. 한국공간정보학회지 22(1):45-53).
- Lim J.S., S.B. You and Y.S. Kim. 2020. Monitoring system based on bigdata platform for safety management of road facilities. The Journal of Korea Institute of Information Technology 18(11):139-151 (임준성, 유세복, 김양수, 2020. 빅데이터 플랫폼 기반 도로 시설물 안전관리 모니터링 시스템. 한국정보기술학회지 18(11):139-151).
- Yoon B.J. 2016. Its system architecture based upon object-oriented methodology. Journal of Korea Society of Disaster Information 12(1):105-115 (윤병조, 2016. 객체지향 기반의 its 시스템 아키텍처 구축 방안. 한국재난정보학회지 12(1):105-115).