

협력적 교통제어 지원 및 공간데이터 처리를 위한 도로 운영관리시스템 아키텍처 설계 연구

김덕호*, 김성진, 이정욱
한국자동차연구원

A Study on the Research on road operation management system architecture design for cooperative traffic control support and spatial data processing

Duck Ho Kim*, Sung Jin Kim, Jung Uck Lee
Korea Automotive Technology Institute

요약 자율주행 관련 기술은 Level.1~Level.5를 적용하여 단계별로 발전하고 있다. 따라서 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, 미시교통정보관리의 체계화된 운영 관리에 한계를 보이고 있다. 본 연구는 현재 2차원 공간데이터를 기반으로 관리하고 있는 도로 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 도로 및 음영구간 관리에 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.

Abstract Autonomous driving technologies are being developed, step by step, applying self-driving capabilities ranging from Level 1 to Level 5. Therefore, it is essential that operation management technology for roads on which autonomous vehicles move should also develop in line with autonomous driving technologies. However, road operation management currently uses only two-dimensional information, which has limitations on systematic operation management of lane and facility information management and on micro-traffic corrections information management. This study proposes a system architecture that enables operation management based on three-dimensional spatial information by designing a fusion-type database that can process map data and real-time big data with precision for a road operation management system currently managed based on two-dimensional spatial data. From this study, future operation management systems based on maps with high precision can be built and used to manage roads and shaded areas, while facilities can be visualized and managed. Data editing and analysis by multiple users will be possible, interworking with a variety of GIS S/W, and functions such as security and backup and recovery can be strengthened in order to efficiently process large amounts of real-time data.

Keywords : Spatial Data, HD Map, Lane, Database, Management System

본 논문은 2023년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.092021C28S02000, 협력적 교통제어전략 도입을 위한 교통정보 음영구간 정보 생성 및 운영관리 기술 개발)

*Corresponding Author : Duck-Ho Kim(Korea Automotive Technology Institute)

email: dhkim2@katech.re.kr

Received September 25, 2023

Revised October 30, 2023

Accepted November 3, 2023

Published November 30, 2023

1. 서론

현재 전 세계적으로 자율 주행 관련 프로젝트는 이미 실용화 단계에 접어들고 있는 추세이다. 이에 따라 자율 주행 관련 서비스 제공에 대한 기대 수준이 높아지면서 도로교통수단에 대한 서비스 기대 수준도 과거보다 높아졌다. 도로 분야에서는 차로 및 시설물 정보 관리, 미시 교통정보 안내의 체계화와 운영 관리 향상을 위한 3차원 운영 관리 시스템 도입이 요구되고 있으며, 정밀도로 지도를 기반으로 한 도로 운영 관리 시스템은 도로 교통의 효율성 제고 및 체계화된 일정관리, 고품질의 서비스를 제공하기 위하여 필수적이다[1].

따라서 본 연구의 목적은 2차원 공간데이터를 기반으로 관리하고 있는 도로 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.

본 논문의 1장에서는 연구의 배경과 목적을 기술하였고, 2장에서는 연구의 범위 및 방법, 선행 연구 등 동향 분석을 기술하였다. 3장에서는 본 연구의 기보닝 되는 정밀도로지도 데이터의 분석에 대해 기술하였다. 4장에서는 정밀도로지도도를 기반으로 한 도로운영관리 시스템 아키텍처 설계에 관한 내용을 기술하였다. 5장에서는 연구수행 결과 요약과 향후 연구 수행 방향에 대해 기술하였다.

2. 연구의 범위 및 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. 이를 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 제시하였으며 연구의 진행은 Fig. 1과 같다.



Fig. 1. Research flow char

2.1 도로 운영관리시스템 관련 연구 동향

국내에서 선행된 연구로는 도로관리 통합 시스템 추진 현황을 분석하고 도로관리 통합 시스템의 발전 계획을 제시한 연구[2], 오픈소스 BIM 서버를 활용해 지리 정보 시스템(GIS, Geographic Information System)기반으로 빌딩 정보 모델링(BIM, Building Information Modeling) 객체를 가시화하는 시스템 아키텍처를 디자인하고 BIM 서버 관련 연구 동향 분석을 통해 해외에서 활용되기 시작한 오픈소스 기반 BIM 서버의 구조를 분석하여 BIM 서버에 저장된 BIM 객체의 데이터인 형상 및 속성을 GIS 상에 가시화할 수 있는 방안도출 및 하고 아키텍처를 제안한 연구가 진행되었다[3].

또한, 국가 공간 정보를 서비스 중인 공간 정보 오픈 플랫폼을 대상으로 접속 불안정 및 서비스 중단의 문제점을 분석하여 콘텐츠 전송 네트워크(CDN, Content Ddlivery Networking), 가상화, 클러스터링 등 신기술을 대상으로 방대한 국가 공간 정보를 안정적으로 서비스할 수 있는 새로운 공간 정보 오픈 플랫폼 아키텍처 구성 방안을 제시한 연구와[4] 객체지향 기반의 ITS 아

키텍처를 구축하는 데 있어서 객체를 생성하는 새로운 방법을 제시한 연구로 객체 지향적 접근 방법에서 나타나는 문제점을 찾고 해결하기 위하여 작업의뢰기술도라는 새로운 객체 생성 방법을 제시하였다. 이를 토대로 차량 내 동적 경로안내 시스템에 본 연구에서 제시된 방법을 적용하여 객체 지향적 기반의 시스템 아키텍처를 제시하였다[5]. Lim et al.[6]은 도로 시설물인 교량의 일상 유지 보수를 위한 실시간 안전점검을 수행하기 위하여 사물인터넷인(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.

Han et al.[7]은 지자체를 대상으로 다양한 도로 시설물의 서비스 수준과 서비스 비용, 리스크, 자산가치 평가가 가능한 자산관리시스템을 개발하고, 시물레이션 기법을 통해 서비스 수준-서비스 비용간의 함수 추정과 적정 서비스 수준 운영전략을 평가하는 연구를 수행 하였다. Kang et al.[8]은 이용자 중심의 관점에서 핵심도로망을 선정하여 서비스 수준(LOS) 분석, 사고율을 이용한 교통사고 안전성 분석, 네트워크 서비스 분석 등을 통해 개선 필요구간을 도출하였다. 이를 통해 핵심도로망 구축과 이용자 중심의 효율적인 도로 건설-관리체계 구축의 필요성을 강조하고 개선방안을 제시하였다.

Kim et al.[9]은 자율주행시스템의 ODD (Operational Design Domain) 특성에 따라 선정된 모니터링 항목을 관리할 수 있는 체계를 구축하기 위한 노드와 링크 체계를 제시하였다. 확장성을 고려하여 기존의 ITS 표준 노드링크 체계를 기반으로 하였으며, 모니터링 대상을 노드와 링크로 표출하는 방안을 제시하였다. Seo et al.[10]은 도시부 도로에서 교통사고 발생에 따른 소통 변화 분석을 통해 돌발 상황 발생에 따른 교통 운영관리 대책을 적용하는 대상 범위를 도출하는 것을 목적으로 교통사고에 따른 도로 소통 상황 분석을 위해 교통정보센터의 돌발 상황 정보와 링크별 속도정보를 활용하여 분석하였다.

이처럼 기존 연구들은 안전성 평가 관리 및 시스템엔지니어링 분야에 한정적이며 대표적으로 데이터베이스 관점의 연구가 미흡한 실정이다. 또한, 현재의 도로유지

관리시스템은 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 도로관리시스템들을 연결하는 통합 데이터베이스체계가 구축되지 않아 정보의 축적과 활용이 어렵고, 각 시스템별로 독자적으로 구축되어 상호연계 불가, 시스템별 업무 처리 기준이 다르므로 인한 전산화가 어려운 데 있다.

이는 통합 운영관리시스템 구축을 통해 다양한 정보를 구현할 수 있는 3차원 기반의 정밀도로 지도와 시설물의 위치정보를 공유하여 관리함으로써 정보의 축적 및 상호연계가 가능한 3차원 공간 정보 기반 운영관리시스템을 구축하여 해결할 수 있다.

3. 정밀도로 지도 데이터 분석

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 국내의 정밀도로 지도 관련 표준과의 호환성을 가지고 있어야 한다[1]. 본 연구에서는 정밀도로 지도에 대한 공간 정보 참조체계 및 공간 정보 운영 관리체계를 개발하는 것을 최종 목표로 차로 수준의 도로망 및 도로 시설물의 관리에 있어 모든 정보를 데이터베이스(DB)화한다. 이를 통해 정밀도로 지도 데이터 관리를 체계화하고, 시설물 공간 정보를 기반으로 협력적 교통제어 지원과 도로 시설물 갱신 등을 효율적으로 수행할 수 있다.

정밀도로 지도를 기반으로 한 차로 및 시설물 운영 관리 시스템을 개발하기 위하여 먼저 차로 단위 데이터 구축범위에 대한 요구사항을 조사하였다. 국내 도로와 차량 주행 환경을 고려하여 원활한 자율주행 지원을 위해 필수적인 도로망 및 도로 시설물 객체를 분석하여 Table 1에 나타내었다. 또한, 국내의 표준과의 연계를 위해 공통적으로 가지고 있는 객체를 위주로 도로망 10개와 도로 시설물 3개로 객체를 분류하였다. Table 2은 관련 문헌별 정밀도로 지도 객체 항목을 분류하고 각 시설물 항목의 표현 유형과 표준을 근거로 하여 객체를 정의한 결과를 나타낸다.

Table 1. Object configuration by precision road map data

Classification	Object	Data Model			
		ISO-22726	NGII	HERE	NDS OLM
Road Network	Road	Belt	Line	Line	Line
	Intersection	Belt	Point	Point	Point
	Lane	Belt	Line	Line	Line
	Lane Boundary	Line	Line	Line	Line
Road Structure	Bridge	Polygon	-	Line	-
	Tunnel	Polygon	-	Line	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
	Road Facility	Traffic Light	Point	Point	Point
Eye guidance		-	Point	-	-
Cats Eye		Point	-	-	-
Speed Bump		Polygon	Polygon	-	-
Column		Point	Point	-	-
Lights		Point	Point	-	-
Anti-sliding Device		-	Polygon	-	-
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	-	-	
Road marking	Indication Mark	Point	Point	-	-
	Restriction Mark	Point, Line, Polygon	Polygon	-	True/False

Table 2. 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

3.1 대상 항목에 따른 데이터베이스

분석된 대상 항목의 관리·저장체계를 고려한 데이터베이스 선정이 필요하나 데이터는 각기 다른 데이터 유형 및 형태를 가지고 있으며, 특징 또한 다르기 때문에 특징을 고려한 다른 데이터베이스를 선정하여야 한다. 운영 관리 시스템을 위한 데이터베이스 선정에는 Table 3과 같은 기준을 고려하여 선정하였다.

또한, 텍스트 데이터로 관리해오던 기존의 데이터베이스와는 달리 공간 정보와 속성 데이터를 동시에 관리할 수 있는 데이터베이스로 설계하여야 한다. 현재 텍스트 데이터로 작성된 차로 및 시설물의 데이터는 정확성, 신뢰성 향상, 교통정보 제공 서비스 등의 다양한 도로 관리 적용분야에서 한계를 나타내고 있다. 따라서 다양한 정보의 구현이 가능한 3차원 차로 및 시설물 데이터베이스를 기반으로 하는 운영 관리 시스템을 구축한다면 모바

Table 3. 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

Table 4. Comparison of database functions

Classification	ORDB [Oracle]	MongoDB	Hadoop
Storage structure	Object relational	Document	File
Transaction	Support	Not support	Not support
Data partitioning	Support	Support	Support
Aauthority	Support	Not support	Not support
Check	Support	Not support	Support
Backup	Support	Not support	Not support
Restore	Support	Not support	Not support
Data processing and analysis support tools	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"> • Nearest Neighbor Query • Box Query • Center Query 	<ul style="list-style-type: none"> • Range Query • K Nearest Neighbor Query
Large data processing	-	• MapReduce	• MapReduce
Data analysis	<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	-	-
GIS software linkage	ArcGIS GeoMedia AutoCAD Quantum GIS Grass Udig Etc...	ArcGIS Quantum GIS	-

일 매핑 시스템(MMS, Mobile Mapping System)을 활용한 시설물 분석 및 시각화, 이상 감지 모니터링, 미시 교통정보 제공 서비스 등 텍스트 데이터로는 수행할 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[1]. 기존 도로 지도의 2차원 객체 형태와는 달리 본 연구에서는 정밀도로 지도에서 제시하는 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 오류가 발생 되는 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 최신 기술을 도출하기 위해 여러 분야에서 활발히 사용되고 있는 데이터베이스의 목록을 Table 4와 같이 세 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 데이터, LDM(Local Dynamic Map)으로, 각기 다른 형태 및 성질의 데이터를 모두 처리할 수 있는 데이터 모델을 필요로 한다.

앞서 언급한 세 가지 종류의 데이터베이스는 각각 단독으로 운영하여 이러한 3차원 데이터와 MMS 데이터, LDM 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 하고, 운영 관리를 할 수 있는 트랜잭션(질의어를 이용한 데이터베이스의 접근), 권한, 감사, 백업, 복원 등의 기능 또한 지원되어야 하며, 이러한 공간 데이터를 처리할 수 있도록 GIS 소프트웨어와 연동이 가

능해야 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 및 LDM 데이터를 관리할 수 있는 실시간 대용량 데이터 관리 부분이다. 실시간 데이터나 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. 결과적으로 실시간 대용량의 데이터를 처리하기 위해 가장 효율적인 데이터베이스로 MongoDB를 선정하였다.

위의 분석된 내용을 정리하면 대용량의 일괄처리가 필요한 데이터는 MongoDB에서 저장·관리하고 클러스터의 데이터를 처리하기 위한 시스템인 MapReduce를 통해 데이터를 처리하며 트랜잭션 등의 운영 관리를 위한 데이터는 객체 관계형 데이터베이스를 통해 빠른 데이터 처리를 가능하게 하는 구조이다.

3.2 MongoDB의 특징

MongoDB는 10gen 사에서 개발된 높은 성능과 확장성을 가지고 있는 데이터베이스이며 비 관계형 데이터베이스인 NoSQL 데이터베이스에서는 도큐먼트형 데이터베이스로 분류되고, 바이너리 제이슨(Binary JSON, Java Script Object Nation) 이라는 독자적인 바이너리 형식을 사용한다. Table 5은 MongoDB의 특징을 나타낸 것이다.

Table 5. 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 모아놓은 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 저장이 되며, 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 있으며, Key 값을 이용한 Index를 통해 보다 빠른 검색이 가능하다.

4. 정밀도로 지도 기반 도로 운영관리 시스템 아키텍처 구성 방안

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, Camera 등의 다중 센서를 통해 수집되며, 이 중 LiDAR 데이터 자료처리는 Fig. 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. 여기에서 시설물 위치 정보로는 차로 및 시설물의 분류 체계 정보, 차로 및 시설물의 위치 정보, 노면 및 도로 시설의 위치정보 체계 등 위치정보를 조회하기 위한 도로 기본 정보 및 테이블 정의가 이에 해당된다.

시설물 관리 이력으로는 구체적인 시설물 진단 기록

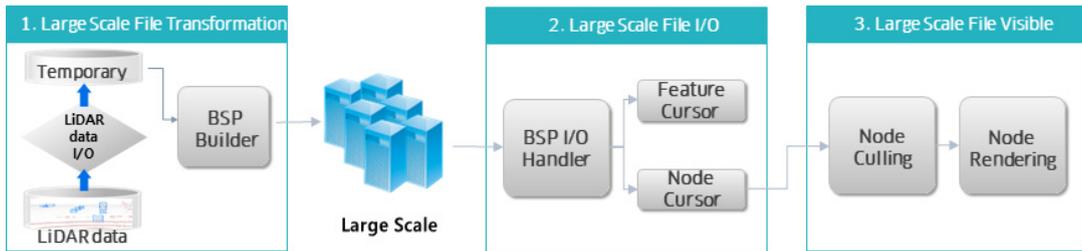


Fig. 2. Three-step module of LiDAR data processing

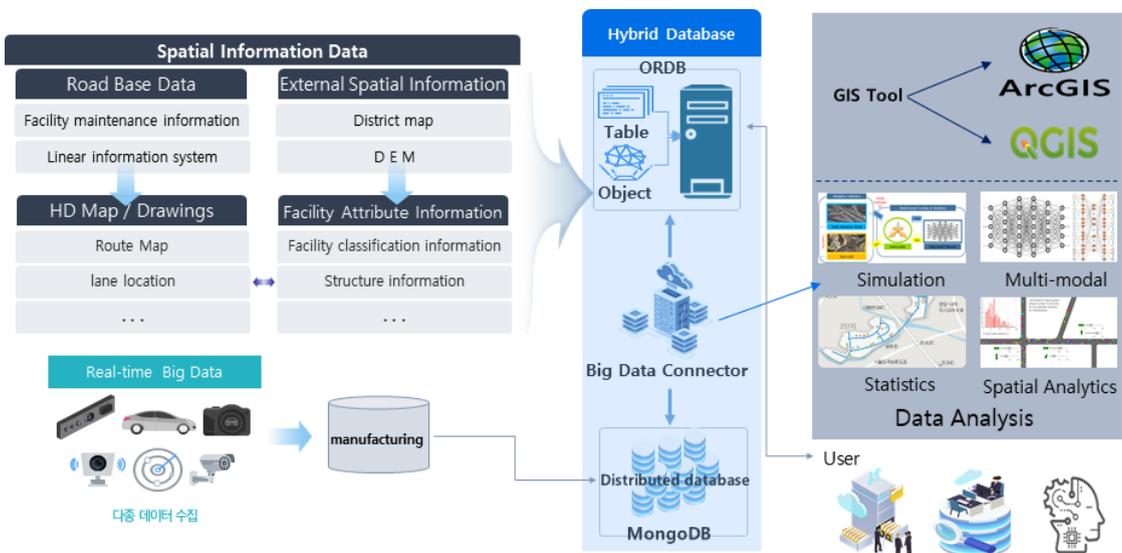


Fig. 3. System architecture configuration

및 조지사항, 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.

Fig. 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, 연동되는 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. 또한, 다중 사용자의 데이터 편집 및 분석이 가능하고, 다양한 GIS S/W와 연동이 가능하며 보안 및 백업·복구 등의 기능이 강화되어 대용량의 실시간 데이터를 처리하는데 큰 이점이 있다.

5. 결론

본 연구는 협력적 교통제어 지원 및 공간데이터 처리를 위한 3차원 도로 운영 관리 시스템에 적용 가능한 아키텍처를 설계하였다. 이를 위해 현재 도로 관련 아키텍처 및 운영관리시스템을 주제로 한 연구논문을 분석하고

현재 사용하고 있는 도로시설물 정보연계 체계를 기준으로 하여 차로와 시설물의 대상 항목을 선정하였다.

이후 세부항목을 도출하고 각 시설물 항목의 표현 유형 등을 정의하였다. 도출된 각 항목의 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.

도로 운영 관리 시스템 아키텍처 설계는 정밀도로 지도와 같이 공간 정보를 기반으로 하여 3차원 공간정보를 적용함으로써 차로별, 노면 시설물 객체의 속성 정보를 세분화하여 관리 할 수 있을 뿐만 아니라 통합 데이터베이스 체계를 갖추어 이기종 데이터베이스와의 호환성 연계성이 뛰어나다. 또한 차량 및 인프라의 LiDAR, Camera, Radar 등 다중 센서로 수집된 대용량 데이터의 실시간 관리 및 제공 서비스를 통하여 미시교통정보, 음영 구간 정보, 긴급 상황정보 등의 도로운영관리를 위한 도로 교통 정보를 차로 단위로 제공이 가능하다. 도로 및 도로 시설물의 3차원 운영·관리가 가능해짐에 따라 공간 정보를 가공한 차로 및 시설물에 대한 3차원 시물레이션을 가능하게 하고 차로별 정보 생성 및 조회, 미시교통정보 서비스 제공, 유지 보수, 자율주행 관제, 의사결정 지원 등 협력적 교통제어 지원이 가능하여 도로 운영·관리 고도화를 이룰 것으로 판단된다.

또한, 향후 자율주행 관제에 활용할 경우 차로단위로 시각화하여 관리할 수 있으며, 이러한 데이터는 공간 정보 플랫폼에 연계하여 사용자에게 실시간으로 현실과 똑같은 공간 및 속성정보 제공이 가능할 것으로 판단된다.

References

- [1] D. H. Kim, S. J. Kim, J. U. Lee. "A Study on the Architecture Design of Road and Facility Operation Management System for 3D Spatial Data Processing", *The Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol.24, No.4, pp.136-147, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11108/kagis.2021.24.4.136>
- [2] M. G. Jeon, B. G. Back, S. P. Hong, C. J. Yoon. "Status of integrated road management system operation for efficient general national road management", *The Journal of Korean Society of Road Engineers*, Vol.12, No.4, pp.64-67, 2010. <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO201014654457600>

- [3] T. W. Kang, and C. H. Hong, "Gis- based bim object visualization system architecture design using open source bim server cost-effectively", *Journal of Korea Spatial Information Society*, Vol.22, No.1, pp.45-53, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.12672/ksis.2014.22.1.045>
- [4] J. H. Go, Y. H. Lim, M. S. Kim, I. S. Jang, "A study on the next vworld system architecture: new technology analysis for the optimal architecture Design", *Journal of Korea Spatial Information Society*, Vol.23, No.4, pp.13-22, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.12672/ksis.2015.23.4.013>
- [5] B. J. Yoon, "Its system architecture based upon object-oriented methodology", *Journal of Korea Society of Disaster Information*, Vol.12, No.1, pp.105-115, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.15683/kosdi.2016.3.31.105>
- [6] J. S. Lim, S. B. You, Y. S. Kim. "Monitoring system based on bigdata platform for safety management of road facilities", *The Journal of Korea Institute of Information Technology*, Vol.18, No.11, pp.139-151, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.14801/jkiit.2020.18.11.139>
- [7] D. S. Han, I. K. Yoo, S. H. Lee. "Development of Road Asset Management System and Evaluation of Road Service Level Operating Strategies", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, KSCE, Pyeongchang, Korea, pp.1151-1152, October, 2019.
- [8] M. J. Kang, J. T. Oh, J. S. Park. "A Study of Main-Road Analysis for Efficient Road Management : Focusing on the Chungcheong Area", *The Journal of Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, Vol.20, No.1, pp.132-145, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.12815/kits.2021.20.1.132>
- [9] K. O. Kim, S. S. Lee, S. A. Cho. "A Methodology on System Implementation for Road Monitoring and Management Based on Automated Driving Hazard Levels", *The Journal of Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, Vol.21, No.6, pp.299-310, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.12815/kits.2022.21.6.299>
- [10] Y. H. Seo, D. H. Kim, J. T. Kim. "Study on Traffic Operation and Management Boundary for Traffic-Accident Related Incident Conditions", *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.14, No.1, pp.81-90, 2023.
DOI: <https://doi.org/10.7470/jkst.2023.41.1.081>

김 덕 호(Duck-Ho Kim)

[정회원]



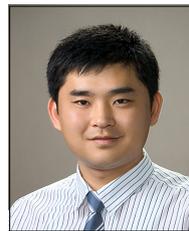
- 2013년 2월 : 청주대학교 대학원 지적학과 (지적학석사)
- 2015년 8월 : 인하대학교 대학원 공간정보공학과 (공간정보공학박사수료)
- 2020년 10월 ~ 현재 : 한국자동차연구원 선임연구원

<관심분야>

자율주행항법, 고정밀 지도, 공간정보 및 측위

김 성 진(Sung Jin Kim)

[정회원]



- 1997년 2월 : 원광대학교 전기전자공학과 (공학사)
- 2013년 2월 : 충남대학교 정보통신시스템공학과 (공학석사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 정보통신공학과 (공학박사수료)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 한국자동차연구원 연구실장

<관심분야>

복합센서융합 정밀 항법(측위/맵핑/내비게이션)

이 정 욱(Jung Uck Lee)

[정회원]



- 1993년 2월 : 서울대학교 지리학과 (문학사)
- 2018년 2월 : 인하대학교 공간정보공학 (공학석사)
- 2005년 4월 ~ 현재 : 한국자동차연구원 수석연구원

<관심분야>

정보통신, 공간정보