

(사업명: 클라우드 엣지 기반 도시교통 브레인 핵심기술 개발)

요구사항정의서

V2.0

스마트데이터연구실

지능정보연구본부 초지능창의연구소

문서 정보

구분	소속	성명	비고
작성자			
검토자			
QA검토자			
승인자			
버전	2.0		
승인(발행)일	2023.2.15.		
상태	동료검토완료		

* 상태: 초안, 동료검토완료, 승인완료

구분	소속	성명	비고
작성자			
검토자			
QA검토자			
승인자			
버전	1.0		
승인(발행)일	2020.07.15.		
상태	동료검토완료		

* 상태: 초안, 동료검토완료, 승인완료

개정 이력

버전	개정일자	개정내역	작성자	승인자
0.8	2020.06.23.	초안작성	OOO 외 3	
1.0	2020.07.15.	동료검토 의견 반영	OOO 외 3	
2.0	2023.02.15.	요구사항 명확화, 중복 제거	OOO 외 3	

목차

1. 개요	7
1.1 문서의 목적	7
1.2 문서의 범위	7
1.3 개발 시스템의 개요	7
1.3.1 시스템 명칭	7
1.3.2 개발 목표	7
1.3.3 적용 분야	9
1.4 사용자 분류	9
1.5 사용 시나리오	10
1.6 용어 정의 및 약어	11
1.6.1 용어 정의	11
1.6.2 약어	11
1.7 참고문헌	12
2. 사용자 요구사항	13
2.1 외부 인터페이스 요구사항	13
2.1.1 도시교통 브레인 응용 서비스 개발자	13
2.2 사용자 기능 요구사항	14
2.2.1 도시교통 브레인 관리자	14
2.2.2 도시교통 브레인 (대화형) 사용자	15
2.2.3 도시교통 브레인 응용 서비스 개발자	16
2.3 사용자 비기능 요구사항	17
2.3.1 성능	17
2.3.2 확장성	17
2.3.3 가용성	17
2.3.4 기타	18
2.4 제약사항	18
2.5 가정사항	18
3. 시스템 요구사항	19
3.1 인터페이스 요구사항	19
3.2 시스템 기능 요구사항	20
3.2.1 운영/자원/서비스 관리 기능	20

3.2.2 교통 상황 인지 기능	21
3.2.3 교통 데이터 관리 기능	22
3.2.4 신호 최적화 기능	23
3.2.5 시뮬레이션 기능	24
3.2.6 시각적 분석 기능	24
3.3 시스템 비기능 요구사항	25
3.3.1 성능	25
3.3.2 확장성	26
3.3.3 가용성	26
3.3.4 기타	26
4. 미지원 사용자 요구사항	27

1. 개요

1.1 문서의 목적

본 문서는 “클라우드 엣지 기반 도시교통 브레인 핵심기술 개발”사업의 요구사항을 정의한 문서로서, 사업의 최종 결과물의 범위와 내용을 결정하기 위해 작성한다.

1.2 문서의 범위

본 문서에서는 최종 산출물을 이용할 잠재적 사용자들의 관점에서 결과물에 대한 사용자 요구사항을 도출하고, 이를 기반으로 좀 더 구체적으로 결과물이 제공할 기능을 중심으로 시스템 요구사항을 정의한다.

본 문서에서는 고객의 요구사항을 도출하기 위한 과정 및 시스템의 기능을 상세하게 표현하는 기능 규격은 포함하지 않는다.

1.3 개발 시스템의 개요

1.3.1 시스템 명칭

본 시스템은 “클라우드 엣지 기반 도시교통 브레인 핵심기술 개발” 사업의 결과물로서, “도시교통 브레인”이라 명한다.

1.3.2 개발 목표

- 대도시의 교통소통 최적화를 위해, 클라우드-엣지 기반 실시간 교통상황 분석 및 대규모 교통 시뮬레이션 분산처리를 통해 교통제어 지능을 제공하는 도시교통 브레인 개발
 - (스케일러블 시뮬레이션 기반 신호 최적화) 엣지-클라우드 협업을 통한 교통 네트워크 신호 최적화 기술 및 도시전체의 파급효과를 검증하는 스케일러블 시뮬레이션 기술
 - (엣지-클라우드 협업 교통상황인지) 엣지-클라우드/엣지-엣지 간 협업을 통해 교통상황인지 및 예측이 가능한 분석 기술
 - (계층적 교통 데이터 수집·가공·통합) 다양한 공공/민간 교통 데이터를 활용하여 클라우드 기반 데이터 수집, 변환, 관리 및 시간/공간축에 따른 데이터 상호 연계 기술
 - (복합 분석 및 시각화) 엣지-클라우드 협업 복합 분석, 교통 영향인자별 최적신호 도출 연관관계, 신호 최적화의 도시전체 파급효과, 도시간 유사 패턴 등의 시각적 분석을 위한 대시보드

- (클라우드-엣지 통합 인프라 및 자원 관리) 도시교통 브레인의 동적 확장이 가능한 클라우드-엣지 가상화 구조 기술, 도시교통 브레인 엣지 인프라 및 자원 관리 기술, 도시교통 브레인의 PaaS 플랫폼 기술



그림 1 도시교통 브레인 개념도

- 대도시 교통 최적화를 통해 도시 효율을 증가시킴으로 인해 시민 개개인의 삶의 질 향상
 - 2018년 서울시 분야별 민원 통계 자료에 의하면 교통 분야 민원 수는 전체의 55%로 시민들이 가장 불편하게 생각하는 분야로 교통 문제 개선이 시급함 (출처: 서울특별시 응답소 정보광장 '응답소 민원 통계')
 - 교통상황인지, 교통 신호 최적화, 실시간 교통 신호 제어에 기반한 도시 교통 최적화를 통해 화재 진압이나 환자 이송과 같은 골든타임이 중요한 대국민 서비스의 적시 제공 가능성 향상
 - 교통 최적화·지능화에 기반하여 도로 교통 불법 행위의 예방·탐지·단속에 따른 시민 불편 해소, 교통 혼잡을 완화시켜 이동 시간 감소에 따른 여가 시간 확보, 교통 혼잡 개선에 따른 대기 환경 개선 등을 통한 시민 개개인의 삶의 질 향상

1.3.3 적용 분야

- 지자체의 교통 정책 변경·수립 및 교통 안전 서비스에 활용
 - (교통 신호 체계 변경) 교통 혼잡 해소를 위해 도시교통 신호 제어 시스템과 연동하여 비효율적인 교통 신호 체계를 변경하여 최적 신호 적용에 활용
 - (교통 정책 수립) 지자체 또는 지자체 관련 기관에서 도로 증설에 대한 가상 실험, 차선변경 등 도심 교통 정책의 효과를 사전 분석하기 위한 용도로 활용 가능
 - (대국민 서비스 제공) 국지적 교통상황 인지와 신호 최적화를 통해 효율적인 대국민 서비스 (화재진압, 응급환자 이송 등)를 제공하는 데 활용
- 교통 솔루션의 업그레이드 기술로 적용
 - (교통 혼잡 예측) 내비게이션과 같은 교통 관련 응용 SW 부속 기술로 활용 가능
 - (교통상황인지 기술) 교통 분석 결과를 공유하여 새로운 사용자 서비스 창출 가능
 - 실시간 교차로 교통량과 교통흐름패턴을 활용한 우회도로 안내 서비스 등
 - (클라우드 엣지 기술) 교통부문을 포함하여 스마트시티 기반 인프라와 다양한 스마트시티 서비스 발굴에 활용 가능

1.4 사용자 분류

도시교통 브레인 시스템의 사용자는 사용 환경에 따라 다음과 같이 도시교통 브레인 관리자, 도시교통 브레인 (대화형) 사용자, 도시교통 브레인 응용 서비스 개발자로 구분한다.

- 도시교통 브레인 관리자
 - 도시교통 최적화에 활용할 수 있도록 교통 데이터 수집, 도시교통 시뮬레이션, 교통 흐름 예측 등의 도시교통 브레인 서비스를 제공하는 사람
 - 도시교통 데이터 관리, 시뮬레이터 관리, 도시교통 브레인 사용자 관리, 인프라 자원 관리 등의 도시교통 브레인에 대한 전반적인 관리를 수행하는 사람
- 도시교통 브레인 (대화형) 사용자
 - 도시교통 최적화와 관련한 이해 관계가 있는 최종 사용자로 도시교통 혼잡을 완화하기 위해 도시교통 정책, 신호 체계 등을 검증하려는 사람
 - 도시교통 브레인을 활용한 교통 혼잡 예측, 교통 수요 예측 등을 통해 도시교통계획을 수립하려는 사람 (예, 교통 전문가, 교통 정책 연구자 등)
- 도시교통 브레인 응용 서비스 개발자
 - 도시 교통망을 이용하는 사람들에게 편의를 제공할 목적으로 도시교통 브레인을 활용하여 응용 서비스를 개발하는 사람

1.5 사용 시나리오

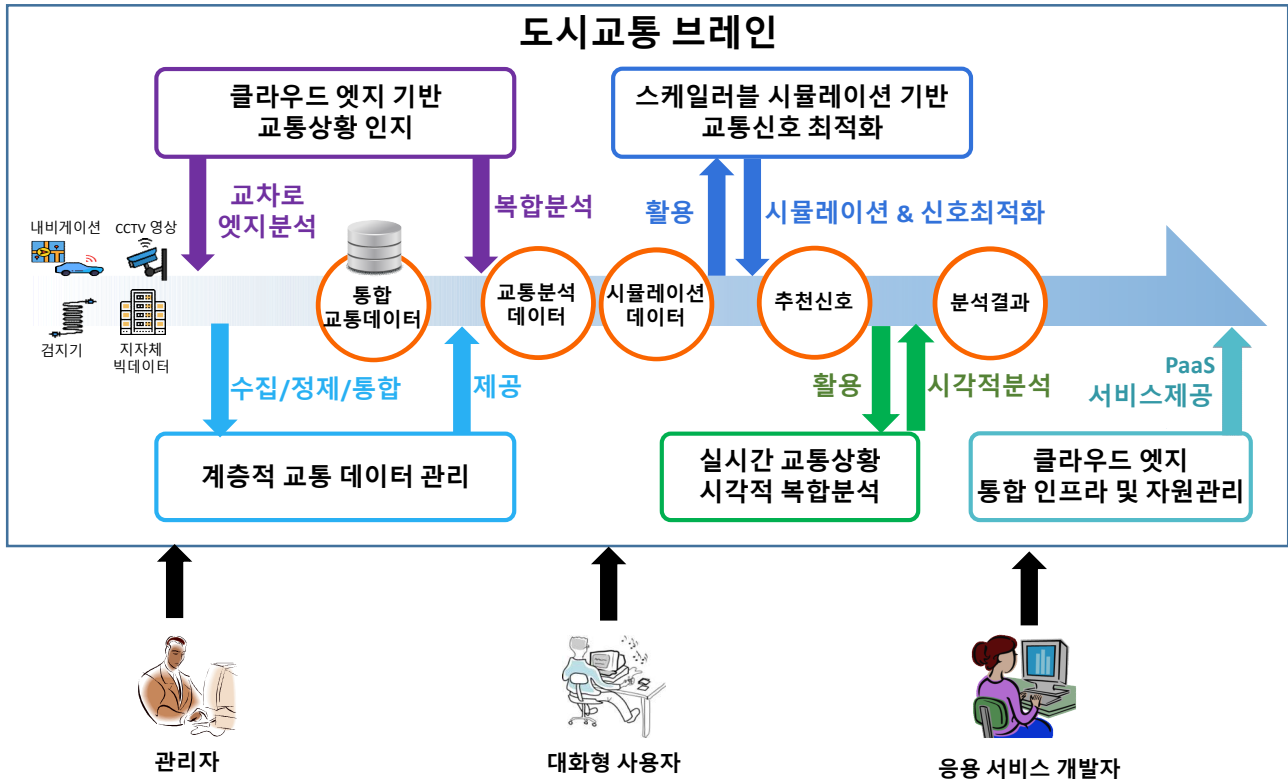


그림 2 데이터 흐름에 따른 도시교통 브레인 사용 시나리오

교통 데이터의 흐름에 따른 도시교통 브레인에 대한 사용 시나리오는 다음과 같다.

- 사용자는 도시교통 브레인을 이용하여 도로에 설치된 데이터 수집 장치(CCTV 영상, 검지기 등)를 통해 수집된 데이터를 정제/인지하여 네비게이션 데이터, 지자체 빅데이터(교통 신호 데이터, 도로 데이터, 날씨 데이터 등 포함) 등과 함께 통합 관리한다.
- 사용자는 도시교통 브레인에 통합 관리되는 데이터에 대한 복합 분석을 통해 교통 상황을 인지하여 교통 분석 데이터를 생성한다.
- 사용자는 통합 관리되는 데이터를 활용한 시뮬레이션을 통해 도시교통 최적화를 위한 추천 신호를 생성한다.
- 사용자(예, 교통 전문가)는 복합 분석 결과(예, 교통 수요 예측, 교통 혼잡 예측 등)와 추천 신호를 이용하여 실시간 교통 상황을 고려한 시각적 분석을 통해 도심의 교통 혼잡이 완화될 수 있도록 대규모 교통 네트워크에 대한 최적화를 수행한다.
- 응용 서비스 개발자는 도시교통 브레인의 교통 분석 데이터와 응용 API를 활용하여 최적 경로 제공, 도착 시간 안내, 교통 혼잡 예측, 우회 경로 추천 등과 같은 서비스를 제공한다.
- 도시교통 브레인을 활용한 응용 서비스 제공을 통해 국민 개개인 삶의 질을 향상 시킬수

있도록 응용 서비스 개발을 위한 인터페이스와 컨테이너 기반 개발 환경이 PaaS 서비스 형태로 제공될 수 있다.

1.6 용어 정의 및 약어

1.6.1 용어 정의

- 교통 수요: 교통 시설이나 교통 서비스로 구성된 교통체계를 이용하는 규모로서 통행량으로 표현됨
- 교통혼잡: 도로수용량을 초과하는 과다한 교통 수요나 도로구조상의 문제, 그리고 교통사고 등의 원인에 의해서 발생하는 차량의 지·정체 및 대기행렬 현상
- 교통혼잡도: 도로의 기본 정보(길이, 제한속도 등)에 혼잡 교통정보(주행속도, 교통체증 시간 등)를 조합하여 나온 척도로, 정상적인 자유흐름(Free Flow)의 통행 상태에서 소요되는 통행시간과 지체상태에서 소요되는 통행시간을 비교했을 때 나타나는 통행시간이나 지체의 증분으로 표현
- 도시교통 브레인: 교통 데이터 분석을 통하여 도시 교통흐름 최적화를 수행하는 인공지능 핵심기술
- 클라우드-엣지: 중앙 데이터센터 중심의 기존 클라우드 시스템에 엣지컴퓨팅 기술을 적용·보완하여 고도화한 데이터 활용을 위한 플랫폼
- 혼잡지표: 총 지체시간, 단위시간당 통행량 등과 같이 혼잡을 표현할 수 있는 지표
- BRT: 간선급행버스체계; 도심과 외곽을 잇는 주요한 간선도로에 버스전용차로를 설치하여 급행버스를 운행하게 하는 대중교통시스템
- DevOps: 개발(development)과 운영(operation)을 결합한 혼성어로, 개발 담당자와 운영 담당자가 연계하여 협력하는 소프트웨어 개발 방법론
- F1-Score: Precision과 Recall의 조화평균
- MAPE: 오차가 예측값에서 차지하는 정도를 나타내는 지표

1.6.2 약어

BRT	Bus Rapid Transit
CSV	Comma-Separated Values
JSON	Java Script Object Notation
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
PaaS	Platform as a Service

TOD	Time Of Day
XML	eXtensible Markup Languages

1.7 참고문헌

- [1] ETRI, 클라우드 엣지 기반 도시교통 브레인 핵심기술 개발 사업수행계획서(v1.0), 2020.
- [2] ETRI, 클라우드 엣지 기반 도시교통 브레인 핵심기술 개발 발표 자료(v1.0), 2020.
- [3] ETRI, 한국전자통신연구원 연구개발 표준 프로세스(v4.1), 2019.

2. 사용자 요구사항

본 장에서는 도시교통 브레인에 대한 사용자 요구사항을 기술한다. 도시교통 브레인 사용자 요구사항은 이해당사자들로부터 수집하고, 사용자 관점에서 분석 및 정리 과정을 거쳤으며, 정리된 사용자 요구사항에 대해 이해당사자의 검토를 거쳐 최종 사용자 요구사항으로 정리하였다.

각 사용자 요구사항의 기술은 요구사항 식별자, 요구사항 내용, 필수/선택, 요구사항 출처를 명시하였다.

사용자 요구사항 식별자는 다음과 같이 부여하였다.

- 식별자는 “요구사항 대분류 약자.요구사항 소분류 약자.일련번호”로 구성
- 요구사항 대분류는 다음과 같이 구분하여 약어 3자로 표시
 - UIR(User Interface Requirement): 외부 인터페이스 요구사항
 - UFR(User Functional Requirement): 사용자 기능 요구사항
 - UNR(User Non-functional Requirement): 사용자 비기능 요구사항
 - UCT(User Constraints): 사용자 제약사항
 - UAT(User Assumption): 사용자 가정사항
- 요구사항 소분류는 요구사항 내용에 따라 다음과 같이 구분하여 3자로 표시
 - ADM(Administration): 도시교통 브레인의 관리자 관점의 요구사항
 - USR(User): 도시교통 브레인의 (대화형) 사용자 관점의 요구사항
 - ASD(Application Service Development): 도시교통 브레인의 응용 서비스 개발자 관점의 요구사항
 - PER(Performance): 결과물의 성능에 대한 요구사항
 - SCA(Scalability): 결과물의 확장성에 대한 요구사항
 - AVA(Availability): 결과물의 가용성에 대한 요구사항
 - ETC(et cetera): 기타 요구사항

필수/선택은 M(Mandatory), O(Optional)로 표기하는데, M은 수행계획서에서 요구하는 내용을, O는 수행계획서에는 없지만 필요하여 추가하는 내용을 의미한다.

2.1 외부 인터페이스 요구사항

2.1.1 도시교통 브레인 응용 서비스 개발자

요구사항 ID	내용	필수/선택	출처
UIR.ASD.01	도시교통브레인 응용 서비스 개발을 위한 프로그래밍 인터페이스를 제공해야 한다.	M	사업수행계획서

2.2 사용자 기능 요구사항

본 절에서는 수집한 사용자 요구사항 중 기능적 요구사항을 앞에서 분류한 3가지 유형(도시교통 브레인 관리자, 도시교통 브레인 대화형 사용자, 도시교통 브레인 응용 서비스 개발자)의 사용자 관점에서 구분하여 기술한다. 도시교통 브레인이 제공하는 사용자 기능은 그림 3과 같이 요약될 수 있다.

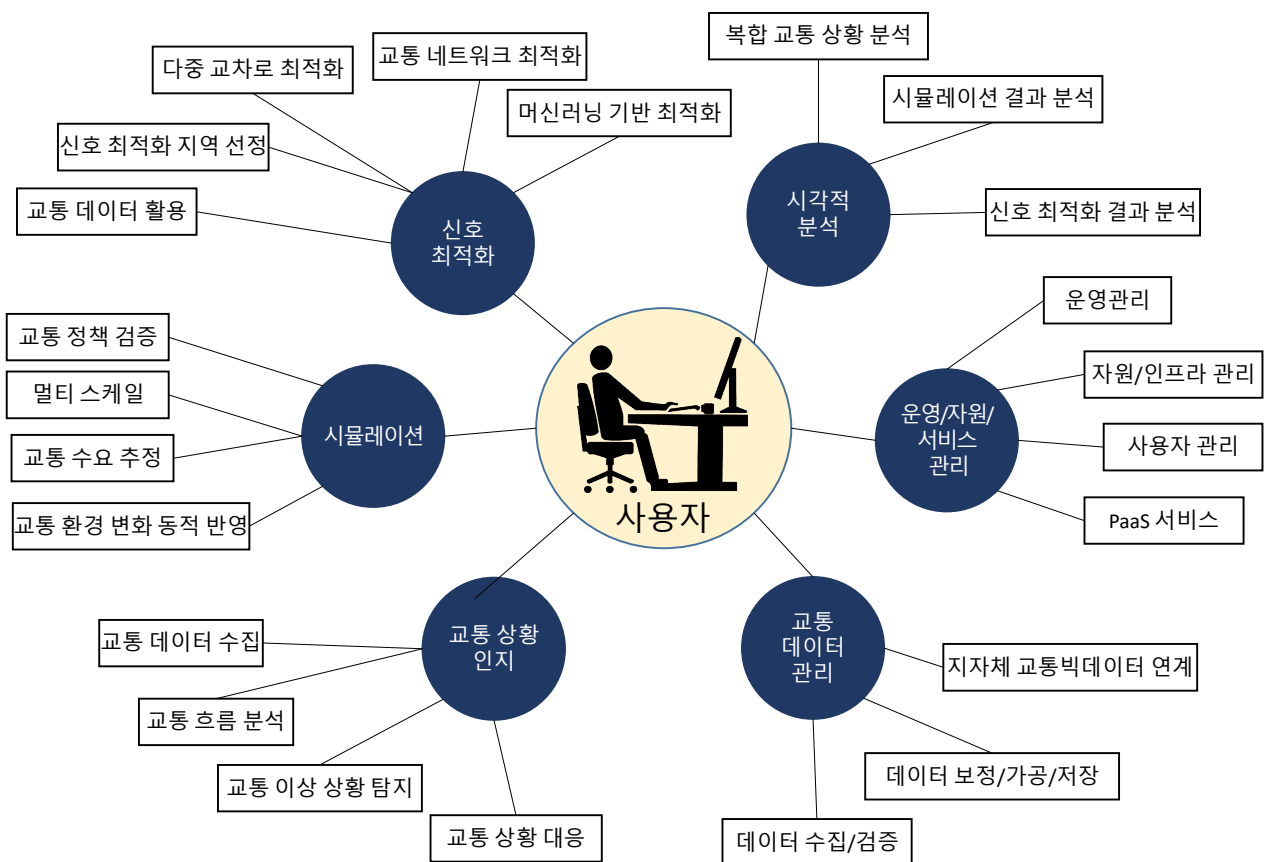


그림 3 도시교통 브레인 제공 사용자 기능

2.2.1 도시교통 브레인 관리자

요구사항 ID	내용	필수/선택	출처
UFR.ADM.01	도시교통 브레인을 운영 관리할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.ADM.02	도시교통 브레인을 위한 자원(예, 클라우드 인프라, 엣지 서버, 엣지, 단말 등)을 관리할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서

요구사항 ID	내용	필수/선택	출처
UFR.ADM.03	도시교통 브레인 사용자에게 대한 관리(예, 등록, 삭제, 권한 부여, 접근 제어 등)를 할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.ADM.04	도시교통 브레인을 PaaS 클라우드 서비스 형태로 운영할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서

2.2.2 도시교통 브레인 (대화형) 사용자

요구사항 ID	내용	필수/선택	출처
UFR.USR.01	대도시 교통 혼잡을 감소시키기 위해 교통 신호 최적화를 할 수 있어야 한다.	M	RFP
UFR.USR.02	신호 최적화에 교통 흐름에 영향을 주는 다양한 데이터(예, 도로망, 교통 신호, 교통량 등)를 활용해야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.03	교통 신호 최적화에 도시별 교통 특성을 반영해야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.04	신호 최적화 대상 지역을 설정할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.05	단일 교차로의 신호 최적화를 할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.06	연동된 다중 교차로의 신호 최적화를 할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.07	대규모 도시 교통 네트워크의 신호 최적화를 할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.08	머신 러닝 기반의 신호 최적화를 할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.09	기 학습된 신호 최적화 모델을 적용하여 유사한 교통 특성을 가진 지역 (예, 교차로, 연동 그룹, 도시 등)에서 신호 최적화에 활용할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.10	실제 도로 교통 환경을 반영한 대도시 교통 상황을 시뮬레이션할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.11	대도시 교통 정책(예, 최적 신호) 효과를 시뮬레이션을 통해 검증할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.12	시뮬레이션 진행 중에 교통 환경의 변화(예, 교통 신호 체계)를 동적으로 반영할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.13	정확하고 빠른 시뮬레이션을 위한 멀티 스케일의 도시교통 시뮬레이션을 제공해야 한다.	M	사업수행계획서

요구사항 ID	내용	필수/선택	출처
UFR.USR.14	수집된 교통 데이터에 기반하여 교통 수요를 추정할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.15	교차로의 교통 상황(예, 교통량, 회전량, 차량 궤적, 차량 속도, 보행자 등)을 (준)실시간으로 인지할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.16	교통 상황 인지 정보를 기반으로 교차로 교통 상황을 분석할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.17	시공간 도시 교통 흐름을 분석할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.18	시공간 도시 교통 흐름을 예측할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.19	교통 상황 인지 정보를 기반으로 단일 교차로 수준에서 실시간 교통 상황에 대응할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.20	교통 데이터에 기반하여 교통 이상 상황을 탐지할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.21	정적 교통 데이터(예, 지도 데이터, 신호 체계 등)를 수집하여 통합 관리할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.22	실시간 동적 교통 데이터(예, 차량 이동, 도로 상의 사건 등)를 수집하여 통합 관리할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.23	수집한 교통 데이터를 검증, 보정(정제), 가공(변환)할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.24	지자체의 교통 빅데이터를 연계하여 사용할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.25	교통 시뮬레이션 결과를 시각적으로 분석할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.26	다양한 교통 데이터를 기반으로 교통 상황에 대해 시각적으로 복합 분석할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서
UFR.USR.27	신호 최적화 결과를 시각적으로 분석할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서

2.2.3 도시교통 브레인 응용 서비스 개발자

요구사항 ID	내용	필수/선택	출처
UFR.ASD.01	도시교통 응용 서비스 개발 환경을 PaaS 로 제공할	M	사업수행계획서

요구사항 ID	내용	필수/선택	출처
	수 있어야 한다.		

2.3 사용자 비기능 요구사항

2.3.1 성능

요구사항 ID	내용	필수/선택	출처
UNR.PER.01	기존 신호 대비 변경 신호에서의 교차로 통과시간 감소율이 15% 이상이어야 한다.	M	사업수행계획서
UNR.PER.02	구축한 혼잡 전파 그래프에 대한 단위시간 후 혼잡 전파 그래프 상태 예측 정확도를 나타내는 혼잡 전파 예측 정확도 F1-Score 0.85 이상을 제공해야 한다.	M	사업수행계획서
UNR.PER.03	실측 통과 교통량과 추정 생성한 차량 수요를 사용한 시뮬레이션 결과 통과 교통량 사이의 차이인 교통 수요 추정 정확도 MAPE 10 이하를 제공해야 한다.	M	사업수행계획서

2.3.2 확장성

요구사항 ID	내용	필수/선택	출처
UNR.SCA.01	도시교통 브레인은 200개 이상의 교차로에 대한 신호 최적화를 할 수 있어야 한다.	M	사업수행계획서

2.3.3 가용성

요구사항 ID	내용	필수/선택	출처
UNR.AVA.01	도시교통 브레인은 장애 발생시에도 안정적으로 운영되어야 한다.	M	사업수행계획서, IITP

2.3.4 기타

요구사항 ID	내용	필수/선택	출처
UNR.ETC.01	신호 최적화 시각적 분석 모듈을 2개 이상 제공해야 한다	M	사업수행계획서
UNR.ETC.02	지자체의 교통 인프라(예, 교통 신호 제어기, 교통센터 등)와 연동하여 클라우드-엣지 기반으로 교통 혼잡 제어 기술의 실증을 해야 한다.	M	RFP
UNR.ETC.03	도시교통 브레인의 운영 및 활용을 위한 사용자 매뉴얼을 제공해야 한다.	O	이노그리드

2.4 제약사항

제약사항 ID	구분	내 용	출처
UCT.01	지적재산 제약	도시교통 브레인은 공개 SW 형태로 개발하여야 한다.	RFP

2.5 가정사항

가정사항 ID	구분	내 용	출처
UAT.01	환경적 가정	교차로 통과시간 감소율 측정을 위한 교통 신호 변경안 적용 실험은 실제 도로 적용을 원칙으로 하되, 외부 요인으로 인해 불가능한 경우 교통 시뮬레이션 실험으로 대체할 수 있다.	수행계획서

3. 시스템 요구사항

본 장에서는 2장에서 도출한 도시교통 브레인에 대한 사용자 요구사항을 만족시키기 위해 시스템을 개발할 때 어떠한 기능과 구조로 해결할 것인지를 도출한 시스템 요구사항을 기술한다.

각 시스템 요구사항의 기술은 요구사항 식별자, 요구사항 내용, 구현 시기, 사용자 요구사항과의 관련성을 명시하였다.

시스템 요구사항 식별자는 다음과 같이 부여하였다.

- 식별자는 “요구사항 대분류 약자.요구사항 소분류 약자.일련번호”로 구성
- 요구사항 대분류는 다음과 같이 구분하여 약어 3자로 표시
 - SIR(System Interface Requirement): 외부 인터페이스 요구사항
 - SFR(System Functional Requirement): 사용자 기능 요구사항
 - SNR(System Non-functional Requirement): 사용자 비기능 요구사항
- 요구사항 소분류는 요구사항 내용에 따라 다음과 같이 구분하여 3자로 표시
 - ASD(Application Service Development): 도시교통 브레인 응용 서비스 개발 관련 요구사항
 - MGT(infra and resource Management): 운영, 자원, 서비스 관리 관련 요구사항
 - TSI(Traffic Situation Identification): 교통상황인지 관련 요구사항
 - TDM(Traffic Data Management): 교통 데이터관리 관련 요구사항
 - OPT(Traffic Signal Optimization): 교통 신호 최적화 관련 요구사항
 - SIM(Traffic Simulation): 시뮬레이션 관련 요구 사항
 - VIS(Visualization analytics): 시각적 분석 관련 요구사항
 - PER(Performance): 결과물의 성능에 대한 요구사항
 - SCA(Scalability): 결과물의 확장성에 대한 요구사항
 - AVA(Availability): 결과물의 가용성에 대한 요구사항
 - ETC(et cetera): 기타 요구사항
- 구현년도는 사업기간 중 구현 활동을 하는 연차를 표시

3.1 인터페이스 요구사항

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SIR.ASD.01	도시교통 브레인 응용 서비스 개발을 위한 API를 제공해야 한다.	2, 3	UIR.ASD.01

3.2 시스템 기능 요구사항

3.2.1 운영/자원/서비스 관리 기능

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SFR.MGT.01	엣지 서버에 대한 등록, 삭제, 정보 제공, 정보 변경을 할 수 있어야 한다.	2	UFR.ADM.01 UFR.ADM.02
SFR.MGT.02	엣지 서버의 상태를 모니터링할 수 있어야 한다.	2	UFR.ADM.01 UFR.ADM.02
SFR.MGT.03	엣지 단말에 대한 등록, 삭제, 정보 제공, 정보 변경을 할 수 있어야 한다.	2	UFR.ADM.01 UFR.ADM.02
SFR.MGT.04	엣지 단말의 상태를 모니터링할 수 있어야 한다.	2	UFR.ADM.01 UFR.ADM.02
SFR.MGT.05	사용자에 대한 등록, 삭제, 정보 제공, 정보 변경을 할 수 있어야 한다.	2	UFR.ADM.01 UFR.ADM.03
SFR.MGT.06	사용자에 대한 권한 부여와 접근 제어를 할 수 있어야 한다.	3	UFR.ADM.01 UFR.ADM.03
SFR.MGT.07	응용 서비스 API에 대한 등록, 삭제, 정보 제공을 할 수 있어야 한다.	2, 3	UFR.ADM.04
SFR.MGT.08	응용 서비스 API의 이용 정보 모니터링을 할 수 있어야 한다.	2, 3	UFR.ADM.04
SFR.MGT.09	서비스 운영을 위한 컨테이너 기반 가상 자원을 생성할 수 있어야 한다.	2	UFR.ADM.04
SFR.MGT.10	서비스 운영을 위한 컨테이너 기반 가상 자원을 모니터링할 수 있어야 한다.	2	UFR.ADM.04
SFR.MGT.11	서비스 운영을 위한 컨테이너 기반 가상 환경에 대한 백업(예, 스냅샷)을 할 수 있어야 한다.	3	UFR.ADM.04
SFR.MGT.12	컨테이너 기반 가상 환경에 대한 장애시 복구를 지원해야 한다.	3	UFR.ADM.04
SFR.MGT.13	응용 개발 환경 지원을 위한 DevOps 관련 SW 패키지 구축을 지원해야 한다.	2	UFR.ADM.04
SFR.MGT.14	클라우드 엣지 관리 플랫폼 서비스 이용 관리를 위한 대시보드를 제공해야 한다.	1, 2, 3, 4	UFR.ADM.01 UFR.ADM.02 UFR.ADM.03 UFR.ADM.04

3.2.2 교통 상황 인지 기능

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SFR.TSI.01	교통량, 차량 속도, 회전, 보행자, 대기시간을 포함한 교통 정보를 추출할 수 있어야 한다.	1	UFR.USR.15
SFR.TSI.02	엣지 서버간 협업을 통해 차량의 회전이나 궤적을 탐지할 수 있어야 한다.	1	UFR.USR.15
SFR.TSI.03	엣지 서버 기반으로 교통 이상 상황(예, 사고, 행사, 재난, 공사 등)을 파악할 수 있어야 한다.	2, 3, 4	UFR.USR.20
SFR.TSI.04	복합 교통 상황 인지를 위해 엣지 서버간 협업을 할 수 있어야 한다.	2, 3, 4	UFR.USR.16 UFR.USR.17 UFR.USR.18
SFR.TSI.05	복합 교통 상황 인지를 위해 엣지 서버와 중앙 클라우드 서버간 협업을 할 수 있어야 한다.	2, 3, 4	UFR.USR.16 UFR.USR.17 UFR.USR.18
SFR.TSI.06	교통 상황 인지 정보를 기반으로 시공간 이동 객체의 이동 특성을 분석할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.16 UFR.USR.17 UFR.USR.18
SFR.TSI.07	연속된 2개 이상의 교차로간의 교통 대기열 시공간 패턴을 분석할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.16 UFR.USR.17 UFR.USR.18
SFR.TSI.08	실시간 교통 상황 분석에 기반하여 엣지 기반 실시간 경로 우회 유도 서비스를 제공할 수 있어야 한다.	4	UFR.USR.19
SFR.TSI.09	도로의 교통 혼잡도를 계산할 수 있어야 한다.	1, 2	UFR.USR.16 UFR.USR.17
SFR.TSI.10	도시 교통 네트워크 상에서 혼잡 전파 그래프를 생성할 수 있어야 한다.	1, 2	UFR.USR.16 UFR.USR.17 UFR.USR.18
SFR.TSI.11	혼잡 전파 그래프 기반으로 교차로간 교통 혼잡 전파 패턴을 추출할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.16 UFR.USR.17 UFR.USR.18
SFR.TSI.12	도시의 혼잡 지역을 탐지할 수 있어야 한다.	1, 2	UFR.USR.16 UFR.USR.17
SFR.TSI.13	교통 혼잡 전파를 예측할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.16, UFR.USR.17 UFR.USR.18

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SFR.TSI.14	교통 혼잡 원인을 추출할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.16 UFR.USR.17

3.2.3 교통 데이터 관리 기능

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SFR.TDM.01	실시간으로 교통 데이터를 수집할 수 있어야 한다.	1, 2, 3	UFR.USR.22
SFR.TDM.02	지자체 교통 빅데이터 플랫폼에 연계하여 교통 데이터(예, 교통량)를 수집할 수 있어야 한다.	2, 3	UFR.USR.24
SFR.TDM.03	교통 영향 데이터(예, 날씨, 행사, 공사)를 수집할 수 있어야 한다.	1	UFR.USR.22
SFR.TDM.04	수집한 교통 데이터를 정제할 수 있어야 한다.	1, 2, 3	UFR.USR.23
SFR.TDM.05	수집한 교통 데이터에 대한 데이터 룰을 설정하여 유효성을 검증할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.23
SFR.TDM.06	수집된 교통 데이터를 변환하여 저장소에 적재(저장)할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.21 UFR.SUR.22
SFR.TDM.07	수집된 교통 데이터는 분석/가시화/시뮬레이션 등을 포함하는 교통 응용에서 사용할 수 있는 형식(예, XML, JSON, CSV)으로 변환되어 제공될 수 있어야 한다.	2, 3	UFR.USR.02 UFR.USR.10 UFR.USR.23 UFR.USR.26
SFR.TDM.08	교통 응용에서 교통 데이터를 활용하기 위한 API를 제공해야 한다.	2	UFR.ASD.01
SFR.TDM.09	수집된 교통 데이터를 가공하여 분석하기 위한 환경을 제공해야 한다.	2	UFR.USR.23
SFR.TDM.10	데이터를 수집하여 정제 후 적재하기 위한 데이터 흐름 워크플로우를 정의할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.22 UFR.USR.23
SFR.TDM.11	수집된 교통 데이터를 지도 데이터와 매핑할 수 있어야 한다.	1, 2	UFR.USR.21
SFR.TDM.12	수집한 교통 데이터의 버전과 생명 주기를 관리(오래된 데이터의 백업 또는 제거)할 수 있어야 한다.	3, 4	UFR.USR.21 UFR.SUR.22

3.2.4 신호 최적화 기능

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SFR.OPT.01	신호 최적화 지역을 선정하기 위한 교통 혼잡 지표를 데이터로 제공해야 한다..	2	USR.USR.01 UFR.USR.04
SFR.OPT.02	신호 최적화 대상 지역을 설정할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.04
SFR.OPT.03	신호 최적화의 목표를 설정할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.01
SFR.OPT.04	교통 특성 기반 신호 분할(TOD)을 할 수 있어야 한다.	2, 3, 4	UFR.USR.01 UFR.USR.02 UFR.USR.03 UFR.USR.05 UFR.USR.06
SFR.OPT.05	최적 설계 기반 신호 제어 알고리즘을 통해 신호 현시 테이블을 도출할 수 있어야 한다.	2, 3, 4	UFR.USR.01. UFR.USR.02
SFR.OPT.06	시뮬레이션 환경에서 강화학습 기반의 신호 최적화 학습을 수행할 수 있어야 한다.	1, 2, 3	UFR.USR.01 UFR.USR.02 UFR.USR.08
SFR.OPT.07	신호 최적화 모델을 이용하여 최적 신호를 추론할 수 있어야 한다.	2, 3	UFR.USR.01 UFR.USR.02 UFR.USR.05 UFR.USR.06 UFR.USR.07 UFR.USR.08
SFR.OPT.08	다중 교차로 신호 최적화를 위해 멀티 에이전트 기반 강화학습을 할 수 있어야 한다.	2, 3, 4	UFR.USR.01 UFR.USR.02 UFR.USR.06 UFR.USR.08
SFR.OPT.09	대규모 교통 네트워크 최적화를 위해 신호 최적화 분산 처리를 할수 있어야 한다.	3, 4	UFR.USR.01 UFR.USR.02 UFR.USR.07 UFR.USR.08
SFR.OPT.10	유사 교통 특성을 가진 지역간 기학습된 신호 최적화 모델을 적용하여 신호 최적화를 할 수 있어야 한다.	3	UFR.USR.01 UFR.USR.02 UFR.USR.09
SFR.OPT.11	시뮬레이션 환경에서 실시간 신호 제어를 할 수	2	UFR.USR.01

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
	있어야 한다.		UFR.USR.12 UFR.USR.19

3.2.5 시뮬레이션 기능

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SFR.SIM.01	시뮬레이션 실행 중에 교통 신호를 변경할 수 있어야 한다.	1	UFR.USR.11 UFR.USR.12
SFR.SIM.02	시뮬레이션이 버스전용차로를 통해 운행되는 버스 노선을 처리할 수 있어야 한다.	1	UFR.USR.10
SFR.SIM.03	시뮬레이션이 동적 라우팅을 지원할 수 있어야 한다.	3	UFR.USR.12
SFR.SIM.04	시뮬레이션이 차종(예, 트럭, 버스, 택시, 승용차)을 구별하여 처리할 수 있어야 한다.	1	UFR.USR.10
SFR.SIM.05	정확한 시뮬레이션을 위해 마이크로 스케일 도시 교통 시뮬레이션을 할 수 있어야 한다.	3	UFR.USR.13
SFR.SIM.06	멀티 스케일 시뮬레이션을 할 수 있어야 한다.	3	UFR.USR.13
SFR.SIM.07	엣지기반 경량 교통 시뮬레이션을 할 수 있어야 한다.	4	UFR.USR.10
SFR.SIM.08	신호 최적화 영역에 대해 시뮬레이션을 위한 교통 수요를 생성할 수 있어야 한다.	1, 2, 3, 4	UFR.USR.14
SFR.SIM.09	신호 최적화 영역 변화에 따라 교통 수요를 동적으로 생성할 수 있어야 한다.	3	UFR.USR.14

3.2.6 시각적 분석 기능

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SFR.VIS.01	수집한 교통 데이터를 시각화할 수 있어야 한다.	1	UFR.USR.26
SFR.VIS.02	시뮬레이션 결과들에 대한 시각적 분석을 할 수 있어야 한다.	1	UFR.USR.25

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SFR.VIS.03	시공간별 교통 혼잡도를 시각화하여 제공할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.26
SFR.VIS.04	시간의 흐름에 따른 교통 혼잡 전파를 시각화하여 제공할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.26
SFR.VIS.05	교통 혼잡의 원인을 시각화하여 제공할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.26
SFR.VIS.06	교통 이상 탐지 결과를 시각화하여 제공할 수 있어야 한다.	2	UFR.USR.26
SFR.VIS.07	추천 신호별 교통 최적화 효과에 대한 시각적 분석을 할 수 있어야 한다	3	UFR.USR.27
SFR.VIS.08	신호 최적화가 인접 교차로에 미치는 영향에 대한 시각적 분석을 할 수 있어야 한다.	1, 2	UFR.USR.27
SFR.VIS.09	신호 추천의 근거를 시각화하여 제공할 수 있어야 한다.	3	UFR.USR.27

3.3 시스템 비기능 요구사항

3.3.1 성능

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SNR.PER.01	기존 신호 대비 변경 신호에서의 교차로 통과시간 감소율이 15% 이상이어야 한다.	4	UNR.PER.01
SNR.PER.02	구축한 혼잡 전파 그래프에 대한 단위시간 후 혼잡 전파 그래프 상태 예측 정확도를 나타내는 혼잡 전파 예측 정확도 F1 Score 0.85 이상을 제공해야 한다.	4	UNR.PER.02
SNR.PER.03	실측 통과 교통량과 추정 생성한 차량 수요를 사용한 시뮬레이션 결과 통과 교통량 사이의 차이인 교통 수요 추정 정확도 MAPE 10 이하를 제공해야 한다.	4	UNR.PER.03

3.3.2 확장성

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SNR.SCA.01	도시교통 브레인은 200개 이상의 교차로에 대한 신호 최적화를 할 수 있어야 한다.	4	UNR.SCA.01

3.3.3 가용성

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SNR.AVA.01	도시교통 브레인은 장애 발생시에도 안정적으로 운영되어야 한다.	3	UNR.AVA.01

3.3.4 기타

요구사항 ID	내용	구현년도	관련 사용자 요구사항
SNR.ETC.01	신호 최적화 시각적 분석 모듈을 2개 이상 제공해야 한다	3	UNR.ETC.01
SNR.ETC.02	지자체의 교통 인프라(예, 교통 신호 제어기, 교통센터 등)와 연동하여 클라우드-엣지 기반으로 교통 혼잡 제어 기술의 실증을 해야 한다.	2, 3, 4	UNR.ETC.02
SNR.ETC.03	도시교통 브레인의 운영하고 활용하기 위한 사용자 매뉴얼을 제공해야 한다.	2, 3, 4	UNR.ETC.03

4. 미지원 사용자 요구사항

해당 사항 없음