



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년03월21일

(11) 등록번호 10-2650126

(24) 등록일자 2024년03월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G08G 1/01 (2006.01) G08G 1/04 (2006.01)

H04N 7/18 (2023.01)

(52) CPC특허분류

G08G 1/0108 (2013.01)

G08G 1/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0152514

(22) 출원일자 2021년11월08일

심사청구일자 2021년11월08일

(65) 공개번호 10-2023-0066953

(43) 공개일자 2023년05월16일

(56) 선행기술조사문헌

JP11284997 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

장윤

서울특별시 동대문구 정릉천동로 16, 103동 401호 (용두동, 용두두산위브)

박기웅

서울특별시 광진구 아차산로69길 29, 1101동 102호 (광장동, 광장11차 현대홈타운)

문예완

서울특별시 은평구 서오릉로23길 9-8, 2동 102호 (구산동, 동익파크아파트)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 11 항

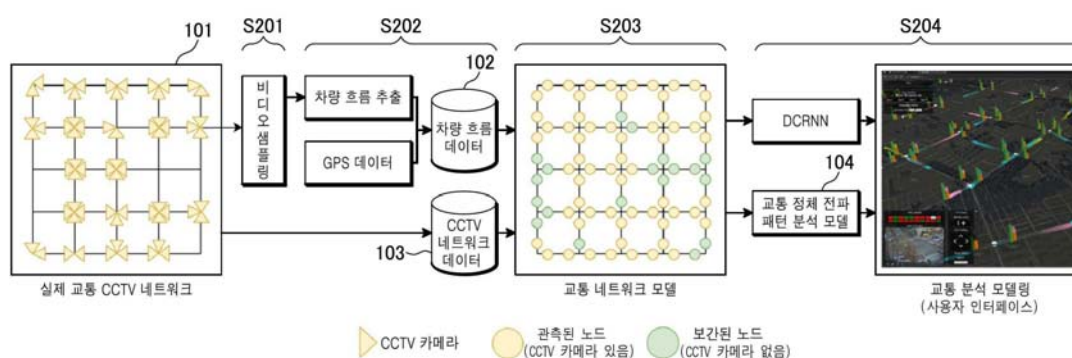
심사관 : 이영노

(54) 발명의 명칭 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 일 측면에 따른 장치에 의해 수행되는 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법은 (a) 다중 CCTV 네트워크로부터 비디오를 수집하되, 차량의 속도 변화에 따른 샘플링 빈도를 조절하여 비디오를 샘플링하는 단계; (b) 샘플링된 비디오로부터 제1 데이터를 생성하고, GPS 데이터로부터 제1데이터를 보간하여 제2 데이터를 생성하고, 제1 데이터 및 제2 데이터를 병합한 차량 흐름 데이터를 생성하는 단계; (c) 차량 흐름 데이터와 각 CCTV 위치정보 및 CCTV 공백 위치정보를 포함한 CCTV 네트워크 데이터를 결합하여 교통 네트워크 모델을 생성하는 단계; 및 (d) 교통 네트워크 모델에서 교통 정체가 발생하는 타겟 도로가 선택되면, 타겟 도로와 연결된 복수의 다른 도로를 기설정된 패턴 분석 영역으로 지정하고, 정체 전파 패턴 분석 모델을 통해 타겟 도로와 다른 도로 간의 교통 정체 전파 패턴을 분석하는 단계;를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04N 7/18 (2023.01)

(56) 선행기술조사문헌

피민규외 3. 교통 혼잡 원인과 영향을 분석하기 위한 시각적 분석 기술. 정보과학회논문지 제47권 제2호, 2020년도 2월, pp195-206.

JP05187617 B2

KR1020200040501 A

JP2005134519 A

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711125819
과제번호	2019-0-00136-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	인공지능융합선도프로젝트(R&D)
연구과제명	스마트시티 산업 생산성 혁신을 위한 AI융합 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711125889
과제번호	2019-0-00374-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	SW컴퓨팅산업원천기술개발(R&D, 정보화)
연구과제명	빅데이터 및 AI기반 에너지신산업형 분산자원(신재생에너지발전단지) 중개거래 플랫폼 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	(주)엘시스
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

장치에 의해 수행되는 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법에 있어서,

- (a) 다중 CCTV 네트워크로부터 비디오를 수집하되, 차량의 속도 변화에 따른 샘플링 빈도를 조절하여 비디오를 샘플링하는 단계;
- (b) 상기 샘플링된 비디오로부터 제1 데이터를 생성하고, GPS 데이터로부터 상기 제1데이터를 보간하여 제2 데이터를 생성하고, 상기 제1 데이터 및 제2 데이터를 병합한 차량 흐름 데이터를 생성하는 단계;
- (c) 상기 차량 흐름 데이터와 각 CCTV 위치정보 및 CCTV 공백 위치정보를 포함한 CCTV 네트워크 데이터를 결합하여 교통 네트워크 모델을 생성하는 단계; 및
- (d) 상기 교통 네트워크 모델에서 교통 정체가 발생하는 타겟 도로가 선택되면, 상기 타겟 도로와 연결된 복수의 다른 도로를 기설정된 패턴 분석 영역으로 지정하고, 정체 전파 패턴 분석 모델을 통해 상기 타겟 도로와 상기 다른 도로 간의 교통 정체 전파 패턴을 분석하는 단계;를 포함하는,

다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 교통 네트워크 모델은

교차로에 배치된 각 CCTV 위치정보와 대응하는 관측 노드,

상기 관측 노드와 인접한 도로에 대응하는 관측 도로 엣지,

CCTV가 없는 교차로의 CCTV 공백 위치정보와 대응하는 보간 노드, 및

상기 보간 노드와 인접한 도로에 대응하는 보간 도로 엣지를 포함하는 것인,

다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계에서

적응형 샘플링 모듈에 의해 실시간 비디오의 샘플링 여부를 결정하되,

상기 적응형 샘플링 모듈은 차량 속도 변화에 따른 샘플링 시간, 샘플링 주기 및 샘플링 간격을 포함하는 것인,

다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 (b) 단계는

상호 보완적인 차량 추적 알고리즘을 복수개 병렬 수행하여, 상기 관측 노드와 연결된 관측 도로 엣지의 차량

흐름 데이터인 제1데이터를 추출하고,

GPS 데이터로부터 상기 보간 노드와 연결된 보간 도로 엣지의 차량 흐름 데이터인 제2 데이터를 생성하고,

상기 차량 흐름 데이터는 시간에 따른 차량 속도, 이동방향, 교통량을 포함하는 것인,

다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 (d) 단계는

상기 패턴 분석 영역에 대한 상기 교통 정체 전파 패턴을 표시하는 사용자 인터페이스를 제공하되,

상기 사용자 인터페이스는

상기 CCTV 위치정보에 대응하는 지도정보와 상기 교통 네트워크 모델을 연계한 교통 정체 전파 패턴 분석 맵을 제공하는 메인 인터페이스,

상기 메인 인터페이스 상에 팝업 형태로 표시되며 상기 교통 정체 전파 패턴의 출력 옵션을 설정하는 제1인터페이스 및

상기 CCTV 위치정보 별 실시간 비디오 샘플링 상태를 표시하는 제2인터페이스를 포함하는 것인,

다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법.

청구항 6

다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 장치에 있어서,

교통 정체 전파 패턴 분석 방법 프로그램이 저장된 메모리;

상기 메모리에 저장된 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하며,

상기 프로세서는 상기 프로그램의 실행에 의해, 다중 CCTV 네트워크로부터 비디오를 수집하되, 차량의 속도 변화에 따른 샘플링 빈도를 조절하여 비디오를 샘플링하고,

상기 샘플링된 비디오로부터 제1 데이터를 생성하고, GPS 데이터로부터 상기 제1데이터를 보간하여 제2 데이터를 생성하고, 상기 제1 데이터 및 제2 데이터를 병합한 차량 흐름 데이터를 생성하고,

상기 차량 흐름 데이터와 각 CCTV 위치정보 및 CCTV 공백 위치정보를 포함한 CCTV 네트워크 데이터를 결합하여 교통 네트워크 모델을 생성하고,

상기 교통 네트워크 모델에서 교통 정체가 발생하는 타겟 도로가 선택되면, 상기 타겟 도로와 연결된 복수의 다른 도로를 기설정된 패턴 분석 영역으로 지정하고, 정체 전파 패턴 분석 모델을 통해 상기 타겟 도로와 상기 다른 도로 간의 교통 정체 전파 패턴을 분석하는 것인, 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 교통 네트워크 모델은

교차로에 배치된 각 CCTV 위치정보와 대응하는 관측 노드,

상기 관측 노드와 인접한 도로에 대응하는 관측 도로 엣지,

CCTV가 없는 교차로의 CCTV 공백 위치정보와 대응하는 보간 노드, 및
상기 보간 노드와 인접한 도로에 대응하는 보간 도로 엣지를 포함하는 것인,
다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,
상기 프로세서는
적응형 샘플링 모듈에 의해 실시간 비디오의 샘플링 여부를 결정하되,
상기 적응형 샘플링 모듈은 차량 속도 변화에 따른 샘플링 시간, 샘플링 주기 및 샘플링 간격을 포함하는 것인,
다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 장치.

청구항 9

제7항에 있어서,
상기 프로세서는
상호 보완적인 차량 추적 알고리즘을 복수개 병렬 수행하여, 상기 관측 노드와 연결된 관측 도로 엣지의 차량 흐름 데이터인 제1데이터를 추출하고,
GPS 데이터로부터 상기 보간 노드와 연결된 보간 도로 엣지의 차량 흐름 데이터인 제2 데이터를 생성하고,
상기 차량 흐름 데이터는 시간에 따른 차량 속도, 이동방향, 교통량을 포함하는 것인,
다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 장치.

청구항 10

제6항에 있어서,
상기 프로세서는
상기 패턴 분석 영역에 대한 상기 교통 정체 전파 패턴을 표시하는 사용자 인터페이스를 제공하되,
상기 사용자 인터페이스는
상기 CCTV 위치정보에 대응하는 지도정보와 상기 교통 네트워크 모델을 연계한 교통 정체 전파 패턴 분석 맵을 제공하는 메인 인터페이스,
상기 메인 인터페이스 상에 팝업 형태로 표시되며 상기 교통 정체 전파 패턴의 출력 옵션을 설정하는 제1인터페이스 및
상기 CCTV 위치정보 별 실시간 비디오 샘플링 상태를 표시하는 제2인터페이스를 포함하는 것인,
다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 장치.

청구항 11

제 1 항에 따르는 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록된 비일시적 컴퓨터 판독가능 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 많은 도시 지역에서 사람들은 통근하거나 여가 시간을 즐기기 위해 차량을 이용한다. 사람들의 목적지는 도시 곳곳에 흩어져 있어 도로 위 차량 흐름을 얽히게 한다. 따라서 차량 이동이 많은 도심 지역에서는 교통 혼잡(교통 정체)이 불가피하다. 교통 혼잡 인식, 원인 분석 및 신호 최적화와 같은 교통 혼잡과 관련된 연구는 혼잡 지역을 발견하고 해결하는 것을 돕는다. 그러나 지속적으로 움직이는 차량은 교통 정체를 하나의 지역에서 머물게 하지 않고 다른 지역으로 계속 전파시킨다. 따라서 교통 정체 전파에 관한 연구는 교통 분석가들이 교통 정체 상태를 조사하고 필요한 조치를 취하는 데 유용하다. 이에 따라 교통 흐름이 만들어낸 정체 패턴 간의 인과 관계를 분석하고 어디에서 교통 정체가 전파되었는지를 파악하기 위한 방법이 연구되고 있다.

[0003] 한편, CCTV 영상은 관측된 모든 차량의 속도, 교통량, 방향 등을 제공하며, 모든 차량 종류를 관찰할 수 있어 교통 흐름을 완전하게 대변한다. 게다가 교통사고나 교통정체와 같은 실시간 교통 상황을 감시하기도 쉽다. CCTV 영상은 장점이 많지만, 종래 기술은 단일 CCTV로 터널, 교차로, 고속도로 등 특정 장소에서의 교통 흐름 모니터링에 대해서만 연구가 이루어지고 있다. 도시의 모든 교차로에 CCTV가 설치되어 있으면 CCTV 영상만 활용해 교통 네트워크를 모델링할 수 있다. 하지만 CCTV 영상으로 관측되지 않는 교차로가 일부 있어 데이터에 결손이 생기는 문제가 있다.

[0004] 교통 정체 전파 패턴의 발견에 대한 기존 기술은 평균 이동 속도가 특정 임계값 미만인 도로의 순서로 전파 트리를 구성할 것을 제안한다. 이 접근법은 고속도로와 같이 이동 경로의 경우의 수가 거의 없는 폐쇄된 도로 상황에 유용하다. 하지만, 교차로를 통해 많은 도로가 연결되는 도시 지역에서는 차량 이동 경로의 경우의 수가 많아 기존 연구를 적용하기 쉽지 않다.

[0005] 이 문제를 극복하기 위해 우리는 GPS 데이터에서 얻은 평균 속도 정보의 누락된 부분에 해당하는 값으로 결손 데이터를 보간한다.

[0006] 이와 관련하여, 대한민국 공개특허공보 제 10-2021-0052031호(발명의 명칭: 딥러닝 기반 교통 흐름 분석 방법 및 시스템)는 도로 영상을 획득하고, 획득된 도로 영상에서 딥러닝 모델을 이용하여 객체를 검출하고 추적하고, 획득된 도로 영상에서 딥러닝 모델을 이용하여 교통 정보를 인식하며, 검출하고 추적하는 객체와 인식한 교통 정보를 이용하여 교통 이벤트를 생성하는 방법을 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여, 다중 CCTV 비디오를 사용하여 교통 흐름을 추출하고, 교통 정체 전파간 인과 관계를 분석하고자 한다. 구체적으로, CCTV 영상에서 차량을 추적하여 속도, 교통량, 이동 방향과 같은 차량 흐름 데이터를 추출하고, CCTV 카메라로 관찰되지 않는 지역으로 인해 생기는 차량 흐름 데이터의 결손은 GPS 데이터의 평균 속도로 보간하여 교통 네트워크를 모델링하고, 타겟 도로와 주변 다른 도로 간의 교통 정체 전파 패턴을 분석하는 방법 및 장치를 제공하고자 한다.

[0008] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 장치에 의해 수행되는 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법은 (a) 다중 CCTV 네트워크로부터 비디오를 수집하되, 차량의 속도 변화에 따른 샘플링 빈도를 조절하여 비디오를 샘플링하는 단계; (b) 샘플링된 비디오로부터 제1 데이터를 생성하고, GPS 데이터로부터 제1데이터를 보간하여 제2 데이터를 생성하고, 제1 데이터 및 제2 데이터를 병합한 차량 흐름 데이터를 생성하는 단계; (c) 차량 흐름 데이터와 각 CCTV 위치정보 및 CCTV 공백 위치정보를 포함한 CCTV 네트워크 데이터를 결합하여 교통 네트워크 모델을 생성하는 단계; 및 (d) 교통 네트워크 모델에서 교통 정체가 발생하는 타겟 도로가 선택되면, 타겟 도로와 연결된 복수의 다른 도로를 기설정된 패턴 분석 영역

으로 지정하고, 정체 전파 패턴 분석 모델을 통해 타겟 도로와 다른 도로 간의 교통 정체 전파 패턴을 분석하는 단계;를 포함한다.

[0010] 본 발명의 다른 측면에 따른 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 장치는 교통 정체 전파 패턴 분석 방법 프로그램이 저장된 메모리; 메모리에 저장된 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하며, 프로세서는 프로그램의 실행에 의해, 다중 CCTV 네트워크로부터 비디오를 수집하되, 차량의 속도 변화에 따른 샘플링 빈도를 조절하여 비디오를 샘플링하고, 샘플링된 비디오로부터 제1 데이터를 생성하고, GPS 데이터로부터 제1데이터를 보간하여 제2 데이터를 생성하고, 제1 데이터 및 제2 데이터를 병합한 차량 흐름 데이터를 생성하고, 차량 흐름 데이터와 각 CCTV 위치정보 및 CCTV 공백 위치정보를 포함한 CCTV 네트워크 데이터를 결합하여 교통 네트워크 모델을 생성하고, 교통 네트워크 모델에서 교통 정체가 발생하는 타겟 도로가 선택되면, 타겟 도로와 연결된 복수의 다른 도로를 기설정된 패턴 분석 영역으로 지정하고, 정체 전파 패턴 분석 모델을 통해 타겟 도로와 다른 도로 간의 교통 정체 전파 패턴을 분석한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 교통 CCTV 카메라 인프라를 활용한 실시간 도시 교통 정체 인과 관계 분석 및 교통 정체 전파 패턴을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 시스템의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 프로세스를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 교통 흐름 변화량에 적응하는 실시간 CCTV 비디오의 샘플링 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 결과를 표시하는 사용자 인터페이스의 일례이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 교통 네트워크 모델의 보간 노드에 대한 예측 정확도를 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 교통 정체가 발생한 타겟 도로에 대한 교통 정체 전파 패턴 분석 결과를 도시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0014] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0015] 본 명세서에 있어서 '부(部)'란, 하드웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛, 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함한다. 또한, 1 개의 유닛이 2 개 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 2 개 이상의 유닛이 1 개의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다. 한편, '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니며, '~부'는 어드레싱 할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체

지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '~부'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부'들로 더 분리될 수 있다. 뿐만 아니라, 구성요소들 및 '~부'들은 디바이스 또는 보안 멀티미디어카드 내의 하나 또는 그 이상의 CPU들을 재생시키도록 구현될 수도 있다.

- [0016] 이하에서 언급되는 "다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 장치"는 네트워크를 통해 서버나 타 단말에 접속할 수 있는 컴퓨터나 휴대용 단말기로 구현될 수 있다. 여기서, 컴퓨터는 예를 들어, 웹 브라우저(WEB Browser)가 탑재된 노트북, 데스크톱(desktop), 랩톱(laptop) 등을 포함하고, 휴대용 단말기는 예를 들어, 휴대성과 이동성이 보장되는 무선 통신 장치로서, 각종 이동 통신 기반 단말, 스마트폰, 태블릿 PC 등과 같은 모든 종류의 핸드헬드(Handheld) 기반의 무선 통신 장치를 포함할 수 있다. 또한, "네트워크"는 근거리 통신망(Local Area Network; LAN), 광역 통신망(Wide Area Network; WAN) 또는 부가가치 통신망(Value Added Network; VAN) 등과 같은 유선 네트워크나 이동 통신망(mobile radio communication network) 또는 위성 통신망 등과 같은 모든 종류의 무선 네트워크로 구현될 수 있다.
- [0017] 이하에서는 설명의 편의상 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 장치(100)를 '교통 정체 전파 패턴 분석 장치(100)'로 간략히 지칭하도록 한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 시스템의 구성도이다.
- [0019] 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법은 교통 정체 전파 패턴 분석 장치(100)에서 실시될 수 있다. 다중 CCTV 비디오는 도시에 구축된 다중 CCTV 네트워크로부터 수집되는 CCTV 비디오 데이터를 제공하는 외부 서버(미도시)로부터 획득할 수 있다.
- [0020] 도 1을 참조하면 구체적으로, 교통 정체 전파 패턴 분석 장치(100)는 메모리(110), 통신모듈(120), 프로세서(130) 및 디스플레이(140)를 포함한다.
- [0021] 메모리(110)는 교통 정체 전파 패턴 분석 방법 프로그램이 저장된다. 이러한 메모리(110)에는 교통 정체 전파 패턴 분석 장치(100)의 구동을 위한 운영 체제나 교통 정체 전파 패턴 분석 방법 프로그램의 실행 과정에서 발생하는 여러 종류의 데이터가 저장된다.
- [0022] 이때, 메모리(110)는 전원이 공급되지 않아도 저장된 정보를 계속 유지하는 비휘발성 저장장치 및 저장된 정보를 유지하기 위하여 전력이 필요한 휘발성 저장장치를 통칭하는 것이다.
- [0023] 또한, 메모리(110)는 프로세서(130)가 처리하는 데이터를 일시적 또는 영구적으로 저장하는 기능을 수행할 수 있다. 여기서, 메모리(110)는 저장된 정보를 유지하기 위하여 전력이 필요한 휘발성 저장장치 외에 자기 저장 매체(magnetic storage media) 또는 플래시 저장 매체(flash storage media)를 포함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0024] 통신모듈(120)은 CCTV 비디오 데이터를 제공하는 외부 서버와 통신을 하게하는 하나 이상의 구성요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 통신모듈(120)은 다른 네트워크 장치와 유무선 연결을 통해 제어 신호 또는 데이터 신호와 같은 신호를 송수신하기 위해 필요한 하드웨어 및 소프트웨어를 포함하는 장치일 수 있다.
- [0025] 프로세서(130)는 메모리(110)에 저장된 프로그램을 실행하되, 교통 정체 전파 패턴 분석 방법 프로그램의 실행에 따르는 전체 과정을 제어한다. 프로세서(130)가 수행하는 각각의 동작에 대해서는 추후 보다 상세히 살펴보기로 한다.
- [0026] 이러한 프로세서(130)는 데이터를 처리할 수 있는 모든 종류의 장치를 포함할 수 있다. 예를 들어 프로그램 내에 포함된 코드 또는 명령으로 표현된 기능을 수행하기 위해 물리적으로 구조화된 회로를 갖는, 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치를 의미할 수 있다. 이와 같이 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치의 일 예로써, 마이크로프로세서(microprocessor), 중앙처리장치(central processing unit: CPU), 프로세서 코어(processor core), 멀티프로세서(multiprocessor), ASIC(application-specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 등의 처리 장치를 망라할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0027] 디스플레이(140)는 사용자의 패턴 분석 영역 지정 또는 타겟 도로 선택에 따라, 패턴 분석 영역에 대한 교통 정

체 전과 패턴을 표시하는 사용자 인터페이스를 출력할 수 있다.

- [0028] 또한 교통 정체 전과 패턴 분석 장치(100)는 프로세서(130)의 제어에 따라, 교통 정체 전과 패턴 분석 시스템에 필요한 데이터를 저장하거나 제공하는 데이터베이스(미도시)를 포함할 수 있다. 이러한 데이터베이스는 메모리(110)와는 별도의 구성 요소로서 포함되거나, 또는 메모리(110)의 일부 영역에 구축될 수도 있다.
- [0029] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전과 패턴 분석 프로세스를 도시한 도면이다. 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 교통 흐름 변화량에 적응하는 실시간 CCTV 비디오의 샘플링 방법을 설명하기 위한 도면이다. 도 4 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전과 패턴 분석 결과를 표시하는 사용자 인터페이스의 일례이다. 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 교통 네트워크 모델의 보간 노드에 대한 예측 정확도를 설명하기 위한 도면이다. 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 교통 정체가 발생한 타겟 도로에 대한 교통 정체 전과 패턴 분석 결과를 도시한 도면이다.
- [0030] 도 2를 참조하면, 프로세서(130)는 다중 CCTV 네트워크(101)로부터 비디오를 수집하되, 차량의 속도 변화에 따른 샘플링 빈도를 조절하여 비디오를 샘플링하고(S201), 샘플링된 비디오로부터 제1 데이터를 생성하고, GPS 데이터로부터 제1데이터를 보간하여 제2 데이터를 생성하고, 제1 데이터 및 제2 데이터를 병합한 차량 흐름 데이터(102)를 생성하고(S202), 차량 흐름 데이터(102)와 각 CCTV 위치정보 및 CCTV 공백 위치정보를 포함한 CCTV 네트워크 데이터(103)를 결합하여 교통 네트워크 모델을 생성하고(S203), 교통 네트워크 모델에서 교통 정체가 발생하는 타겟 도로가 선택되면, 타겟 도로와 연결된 복수의 다른 도로를 기설정된 패턴 분석 영역으로 지정하고, 정체 전과 패턴 분석 모델(104)을 통해 타겟 도로와 다른 도로 간의 교통 정체 전과 패턴을 분석한다(S204). 한편 비디오 샘플링 단계(S201)는 도 3을 참조하여 후술하도록 한다.
- [0031] 먼저 도 2 및 도 4 내지 도 8을 참조하여 S202단계를 설명하고자 한다.
- [0032] 여기서, 도 2에 도시된 것처럼 교통 네트워크 모델은 교차로에 배치된 각 CCTV 위치정보와 대응하는 관측 노드, 관측 노드와 인접한 도로에 대응하는 관측 도로 엣지, CCTV가 없는 교차로의 CCTV 공백 위치정보와 대응하는 보간 노드, 및 보간 노드와 인접한 도로에 대응하는 보간 도로 엣지를 포함한다.
- [0033] 프로세서(130)는 상호 보완적인 차량 추적 알고리즘을 복수개 병렬 수행하여, 관측 노드와 연결된 관측 도로 엣지의 차량 흐름 데이터인 제1데이터를 추출하고, GPS 데이터로부터 보간 노드와 연결된 보간 도로 엣지의 차량 흐름 데이터인 제2 데이터를 생성한다.
- [0034] 예를 들어, 제1 데이터는 교차로와 연결된 도로 중 CCTV로 관찰되는 도로의 차량 흐름 데이터로서, 샘플링된 비디오로부터 추출될 수 있다. 제2 데이터는 교차로와 연결된 도로 중 CCTV가 설치되지 않은 도로의 차량 흐름 데이터로서, GPS데이터로부터 추출될 수 있다. 이와 같은 차량 흐름 데이터는 시간에 따른 차량 속도, 이동방향, 교통량을 포함한다.
- [0035] 이하, 제1데이터를 추출하는 방법을 설명한다. 프로세서(130)는 상호 보완적인 차량 추적 알고리즘을 복수개 병렬 수행하여, 관측 노드와 연결된 관측 도로 엣지의 차량 흐름 데이터인 제1데이터를 추출한다.
- [0036] 예시적으로, 프로세서(130)는 YOLOv3 모델을 사용하여 차량 위치를 각 비디오 프레임 공간에서 2 차원 좌표로 식별할 수 있다. 또한 SORT 모델을 적용하여 비디오 프레임에서 감지된 차량의 2 차원 좌표를 추적하고 차량 궤도를 추출할 수 있다.
- [0037] 그리고, 차량 궤도에서 차량 속도, 차량 이동 방향 및 교통량(차량 대수)을 추정할 수 있다. 샘플링된 스트리밍 비디오로 데이터를 추정하기 때문에 추정된 차량 속도 및 교통량은 연속적이지 않다. 따라서 스플라인 보간(spline interpolation)을 적용하여 관측되지 않은 기간 동안 차량 속도와 교통량의 근사치를 산출할 수 있다.
- [0038] 예시적으로, 차량 추적 알고리즘은 CCTV 비디오에서 제1데이터를 생성할 수 있다. 일 예로, 차량 추적 알고리즘은 YOLOv3, SORT 및 FgSegNet 모델을 사용할 수 있다. 예를 들어, YOLOv3를 사용하여 스트리밍 비디오에서 프레임 당 차량 좌표를 감지할 수 있다. SORT 알고리즘은 차량 좌표에서 차량 궤도를 추출할 수 있다. 즉, 차량 궤도에 기초하여, 차량 속도, 교통량 및 차량 방향이 계산될 수 있다. 스플라인 보간은 비디오 샘플링으로 인해 관측되지 않은 기간 동안의 차량 속도와 교통량에 근사하다. 즉, 스플라인 보간은 상술한 적용형 CCTV 비디오 샘플링 모듈로부터 관측된 샘플링 포인트를 사용하여 관측되지 않은 시간에 데이터 값을 근사화할 수 있다.
- [0039] 한편, YOLOv3에 의해 감지되지 않은 차량 이미지를 추출하여 충분한 교통 정보를 캡처하기 위한 학습 데이터를 업데이트할 수 있다. 예를 들어, 스트리밍 비디오에서 YOLO 및 FgSegNet 모델에 의해 차량 좌표를 감지할 수 있다. SORT 알고리즘은 두 개의 차량 탐지 모델에서 감지한 차량 좌표에서 차량 궤도를 추정할 수 있다. 즉, 두

모델의 추정 차량 궤도를 비교하고 YOLO 모델이 감지 할 수 없는 차량을 추출한다. 검출되지 않은 차량 이미지는 학습 데이터 업데이트를 위해 학습 데이터에 추가될 수 있다.

[0040] 더불어, YOLOv3 모델이 감지 하지 못하는 차량을 검출하기 위해서, 프로세서(130)는 먼저 YOLOv3 모델을 통해 차량을 감지하고 감지된 차량으로만 차량 위치 세트를 추출한다. 이후, 감지되지 않은 차량을 식별하기 위해 FgSegNet 모델을 사용하여 비디오의 전경을 제거하고 차량이 포함된 것으로 간주되는 영역만으로 다른 차량 위치 세트를 추출할 수 있다. 다음으로, 차량 궤도를 추적하기 위해 SORT 모델을 두 위치 세트에 적용할 수 있다. 이어서, 두 궤도 세트를 비교하여 YOLOv3 및 SORT에 의해 감지된 궤도 세트에서 누락된 궤도를 확인할 수 있다. 그리고 궤도가 누락된 차량의 이미지를 캡처하고 캡처된 이미지를 감지되지 않은 차량 이미지 후보에 추가하여 YOLOv3에 대한 학습 데이터를 업데이트할 수 있다.

[0041] 교통량의 경우, SORT 알고리즘에 의해 추출된 궤도 수에 기초하여 산출할 수 있다. 차량 속도를 추정하기 위해 비디오 프레임 공간의 2 차원 좌표를 1차원 좌표로 변환할 수 있다. 둘 이상의 고정지면 좌표와 좌표 사이의 실제 거리를 요구하는 호모그래피 변환으로 궤도 거리를 계산할 수 있다. 일 예로, 서울에 설치된 CCTV 영상은 초당 프레임 수는 15개로, 프레임당 0.06초로 변환된다. 이 정보들을 사용하여 차량의 이동 거리와 속도를 계산할 수 있다. 차량 방향을 파악하기 위해 스트리밍 영상에서 북쪽을 기지정하고 차량 궤적을 도로의 좌표와 비교하는 방법으로 이동 방향을 추정할 수 있다.

[0042] 즉, CCTV 영상에서 추출한 제1데이터는 모든 도로에 CCTV 영상이 설치되어 있지 않기 때문에 도심 내 모든 도로의 교통 정보를 나타내지 않는다. 즉, 일부 CCTV는 모든 교차로를 관찰하지 않기 때문에 일부 노드의 차량 흐름 데이터(제1데이터)에 결손이 발생한다. 이에 따라, 프로세서(130)는 CCTV 영상으로 관찰되지 않는 도로의 차량 흐름 데이터(제2데이터)를 GPS 데이터로부터 추정하여 교통 네트워크 모델을 생성한다.

[0043] 이하, 제2데이터를 생성하여 제1데이터를 보간하는 방법을 설명한다. 프로세서(130)는 GPS 데이터로부터 보간 노드와 연결된 보간 도로 엣지의 차량 흐름 데이터인 제2 데이터를 추출한다.

[0044] 예시적으로, GPS 데이터에서 각 보간 노드와 연결된 보간 도로 엣지의 평균 속도 데이터를 제2데이터로 생성하고, 제1데이터를 보완할 수 있다. 예를 들면 교통정보 시스템(TOPIS)은 GPS 데이터로부터 계산된 서울 시내 각 도로의 평균 속도를 5분, 10분, 15분, 1시간 간격으로 구성한 데이터를 제공한다.

[0045] 이에 따라, 교통 네트워크 모델에서 교통 정체 전과 패턴을 분석하기 위해, 프로세서(130)는 샘플링된 비디오에서 추출한 제1데이터에 누락된 차량 흐름 데이터의 시간대를 확인한 뒤에 적합한 시간 단위의 제2데이터 세트를 선택할 수 있다. 이후, 제1데이터에 누락된 차량 흐름 데이터를 제2 데이터의 해당 시간대의 평균 속도로 채울 수 있다.

[0046] 이에 따라, 본 발명의 교통 정체 전과 패턴 분석 장치(100)는 CCTV가 관찰한 도로 및 CCTV 가 공백인 도로를 포함한 전체 도로에 대하여, 누락된 차량 흐름 데이터가 없이 교통 네트워크 모델을 생성할 수 있다.

[0047] 프로세서(130)는 사용자 인터페이스(141)를 통해 교통 네트워크 모델에서 교통 정체가 발생하는 타겟 도로가 선택되면, 타겟 도로와 연결된 복수의 다른 도로를 기설정된 패턴 분석 영역으로 지정하고, 정체 전과 패턴 분석 모델(104)을 통해 타겟 도로와 다른 도로 간의 교통 정체 전과 패턴을 분석한다.

[0048] 정체 전과 패턴 분석 모델(104)은 제1데이터 및 제2데이터가 병합된 차량 흐름 데이터에 기초하여, 기설정된 패턴 분석 영역 내의 각 도로에 대한 특정 시간 단위의 각 도로 평균 차량 속도를 계산할 수 있다. 또한 정체 전과 패턴 분석 모델(104)은 사용자가 선택한 타겟 도로와 복수의 다른 도로에 대하여 그랜저(Granger) 테스트와 같은 알고리즘을 이용하여 교통 정체 전과 인과 관계를 계산할 수 있다.

[0049] 예를 들어 그랜저 테스트는 두 독립 시계열 변수 사이의 상호 영향을 검정하는 방법이다. 이 영향은 한 변수의 변화로 인해 어떤 시차에서 다른 변수가 변화됨을 의미한다. 두 시계열 변수 X와 Y의 인과 관계를 다음 수식1로 검정한다.

[0050] <수식1>

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{n=1}^N \alpha_n X_{t-n} + \sum_{m=1}^M \beta_m Y_{t-m} + \epsilon_t$$

[0051]

[0052] 위의 수식1에서 귀무 가설은 변수 X의 변화가 변수 Y의 변화의 원인이 아니라는 것이다. 귀무 가설이 기각되면

변수 X가 변수 Y의 원인이 된다. F-검정을 적용하여 그랜저 인과 관계 귀무 가설을 검정한다.

- [0053] 구체적으로 정체 전과 패턴 분석 모델(104)은 그랜저 인과 관계를 사용하여 교통 정체 전과 패턴을 추출하기 위해 특정 시간 단위의 각 도로 평균 차량 속도를 계산할 수 있다. 이후, 선택된 정체가 발생하는 도로(타겟 도로)를 기반으로 다른 도로와 그랜저 테스트를 수행할 수 있다. 그랜저 테스트에서 시차 단위는 데이터의 시간 단위로 설정한다. 다만 그랜저 테스트에서 인과 변수와 출력 변수 사이의 적절한 시차를 선택해야 한다. 짧은 시차는 자동 연관성(auto-correlated) 오류를 유발할 수 있으며, 긴 간격의 시차는 검증 결과를 약화시킬 수 있다. 또한 교통 정체 전과 패턴을 추출하기 위한 영역을 지정할 경우, 적절한 영역이 지정되어야 한다. 예를 들어, 너무 많은 엣지를 포함하는 큰 영역이 지정되었다고 가정할 때, 특정 시간에 정기적으로 발생하는 교통 흐름 패턴으로 인해 관련 없는 도로 엣지 간의 영향이 존재할 수 있다.
- [0054] 따라서, 그랜저 인과 관계에 의해 계산되는 도로 엣지의 교통 정체 전과 영향의 유무는 사용자가 기설정된 패턴 분석 영역 내의 도로 엣지로 구성된 트리에 매핑될 수 있다. 이때 트리는 사용자가 미리 설정한 시차(특정 시간 범위)에 대해 구축되며, 각 트리는 교통 정체 전과 분석을 위해 선택한 도로 엣지로부터 순차적으로 도달할 수 있는 도로 엣지로 구성될 수 있다. 그 후, 특정 시차에서 어떤 도로 엣지가 영향을 받지 않는다고 판단되면, 하위 노드는 우연에 의해 계산되는 인과 관계를 피하고자 제거될 수 있다. 완성된 트리가 도로 엣지 및 시간에 대한 2차원 행렬로 변환되면 선택한 타겟 도로 엣지에 영향을 주었거나, 타겟 도로 엣지로부터 영향을 받은 교통 정체 전과 인과 관계 시계열 데이터가 완성될 수 있다.
- [0055] 도 4를 참조하면 프로세서(130)는 패턴 분석 영역에 대한 교통 정체 전과 패턴을 표시하는 사용자 인터페이스(141)를 제공한다. 사용자 인터페이스(141)는 CCTV 위치정보에 대응하는 지도정보와 교통 네트워크 모델을 연계한 교통 정체 전과 패턴 분석 맵을 제공하는 메인 인터페이스(41), 메인 인터페이스(41) 상에 팝업 형태로 표시되며 교통 정체 전과 패턴의 출력 옵션을 설정하는 제1인터페이스(42) 및 CCTV 위치정보 별 실시간 비디오 샘플링 상태를 표시하는 제2인터페이스(43)를 포함한다.
- [0056] 예시적으로, 사용자가 메인 인터페이스(41)를 통해 교통 정체가 발생하는 타겟 도로를 선택하거나, 패턴 분석 영역을 드래그하면, 메인 인터페이스(41)는 패턴 분석 영역(노란색 경계 라인)에 대한 교통 정체 전과 패턴을 표시할 수 있다.
- [0057] 도 5를 참조하면 교통 정체 전과 패턴은 많은 교통량, 교통신호 시간, 병목, 및 유형 없음으로 구분되는 교통 혼잡 유형을 포함한다. 또한, 각 도로별 차량의 속도는 저속 및 고속으로 구분되며, 색상의 명도 변화로 표시될 수 있다. 일 예로, 도5(c)에 도시된 교차로 1과 교차로 2사이의 도로에 표시된 빨간색의 명도가 밝은 경우, 차량의 속도는 고속이고, 도 5(d)에 도시된 도로에 표시된 빨간색의 명도가 어두운 경우, 차량의 속도는 저속을 나타낼 수 있다. 또한 각 교차로(노드)에서 관측된 교통량과 속도는 막대 도표의 높이로 표시될 수 있다. 일 예로, 교통량의 경우, 초록색 막대의 높이가 높아질수록 교통량이 많아지고, 속도의 경우, 주황색 막대의 높이가 높아질수록 차량 속도가 느려진다.
- [0058] 이하 도 5 내지 도 8을 참조하여 실제 데이터를 사용해 교통 흐름 전과의 인과 관계를 계산하고, 시각화하는 과정을 통해 교통 정체 전과 패턴 분석 장치(100)가 실제 교통 상황을 분석할 수 있는지 확인한다.
- [0059] 도 5는 본 발명의 교통 정체 전과 패턴 분석 장치(100)에 의해 2020년 10월 5일 새벽 6시에서 7시 사이의 교통 상황을 시각화한 것을 나타낸다.
- [0060] 도 5는 2020년 10월 5일 오전 6시와 7시의 이른 아침 교통 상황을 각각 도5(a)와 도5(b)로 나타낸다. 도5(a)와 비교했을 때 도5(b)의 교통상황은 모든 도로의 교통흐름이 느려졌고, 색상, 선 두께로 표현되는 대로 교통량이 증가했음을 보여준다. 도 5(c)와 (d)의 1번 교차로에서 2번 교차로까지의 도로 2.5D 막대 도표를 보면 오전 6시 교통상황에 비해 교통흐름이 약 2배, 교통량이 약 1.5배 증가했으며, 교통 혼잡 유형은 오전6시 없음(검은색)에서 오전 7시 교통신호(청록색)가 된 것을 알 수 있다.
- [0061] 도 6은 도 5의 시간대에 관측된 교통 정체 전과 패턴을 보여준다. 도6(a)에 도시된 오전 6시와 도6(b)에 도시된 7시의 도로에 표기된 색상이 다른 것을 알 수 있다. 오전 6시의 패턴 분석 영역에서 선택된 타겟 도로는 Zone 1과 Zone 2에 영향을 주었다. Zone 2는 선택된 타겟 도로로부터 탈출한 차들이 몰려 정체가 일어났음을 나타내며, Zone 1은 선택된 타겟 도로로 향하는 차들이 계속해서 쌓이는 것을 나타낸다. 시간이 지남에 따라 해당 도로는 Zone 2에 더 이상 영향을 주지 않지만, Zone 1에는 지속적으로 영향을 주는 것을 알 수 있다. 오전 7시의 교통 정체 전과 패턴은 오전 6시의 교통 정체 전과 패턴과 매우 유사하다. 하지만 Zone 2는 선택된 타겟 도로에 영향을 받는 것이 아니라 영향을 주고 있다. 오전 6시에 영향을 받은 Zone 2가 정체됨에 따라 선택된 타

갯 도로는 오전 7시에 Zone 2에 의해 영향을 받고 있다. Zone 1은 오전 7시에도 선택된 타갯 도로의 정체 상황이 지속함에 따라 계속해서 영향을 받는 것을 알 수 있다.

[0062] 도 8(a)는 2020년 10월 2일 오전 0시의 교통 상황을 나타낸다. 이 시간대의 모든 도로는 교통량이 많지 않아 혼잡하지 않고, 원인 분석 결과도 나오지 않을 것으로 예상된다. 그러나 도8(a)에 도시된 것처럼 Zone3의 도로는 주변 도로보다 교통량이 많고 속도가 느린 것으로 관측되었다. 정보가 없는 상황에서 Zone3 안의 도로가 주변 도로에 어떤 영향을 미치는지 살펴보기 위해 교통 정체 전파 패턴 분석을 진행했다. 도 8(c)의 교통 정체 전파 패턴은 Zone3이 주변 도로와 주고받는 영향을 나타낸다. Zone3의 도로는 이 도로로 접근하는 모든 도로에 영향을 미치고 있다. 이를 통해 Zone3의 도로 수용량을 초과하는 차량들이 Zone3으로 모이는 것을 유추할 수 있다. 제2인터페이스(43)의 CCTV 스트리밍 영상을 통해 Zone3의 도로 수용량을 초과한 이유를 확인할 수 있다. 도8(b)의 CCTV 스트리밍 영상에는 도로 중앙의 차선을 막고 진행중인 공사와 노면 상태가 열악한 Zone3이 나타나 있다. 이러한 이유로 Zone3에는 차량이 자유롭게 통과할 수 없었다. 위 과정을 통해 Zone3의 교통 체증의 원인을 병목 현상으로 규정할 수 있다.

[0063] 이하, GPS 데이터로 본 발명의 데이터 보완 알고리즘을 평가하고자 한다. GPS 데이터에 기초한 제2데이터로 CCTV가 관찰하지 않는 제1데이터를 보완하여 전체 노드의 차량 흐름 데이터를 완성하는 알고리즘을 전술하였다. 기존 대부분의 연구는 속도 예측에 적용된 알고리즘을 평가하기 위해 METR-LA 및 PEMSBA와 같은 Vehicle Detector (VD) 공용 데이터 세트를 활용한다. 하지만 VD는 대부분 고속도로에 설치되어 있으며, 우리는 도시 교통망을 모델링하기 때문에 교통 네트워크 모델링에 VD를 사용하지 않고 도심지역 CCTV 카메라 20대에서 수집한 스트리밍 영상 데이터를 활용한다. 따라서 본 발명의 데이터 보완 알고리즘을 평가하기 위해 공개적으로 사용 가능한 데이터 집합을 얻기는 쉽지 않다. 스트리밍 CCTV 비디오는 전술한 차량 흐름 추출 기법을 사용하여 각 교차로 노드의 트래픽 데이터로 변환된다.

[0064] 따라서, 본 발명에서는 서울 교통망에서 62개의 교차로 노드를 선택하고 5분마다 데이터를 수집했다. 보충을 위한 GPS 데이터는 TOPIS에서 제공하는 택시 GPS 센서의 평균 속도 데이터이다. 이 데이터는 5분마다 서울의 모든 도로의 평균 속도를 담고 있다. 본 발명에서는 데이터 보완 성능을 측정하기 위해 점차적으로 특정 비율의 노드 트래픽 흐름 데이터를 제거하고, 이 부분을 해당 시간의 GPS 평균 속도로 대체하였다. 본 발명에서는 노드의 0%에서 90%까지 10%씩 데이터를 제거했다. 보완된 데이터의 신뢰성을 평가하기 위해 DCRNN을 적용하여 향후 트래픽 흐름 예측의 정확성을 검증하였다. RMSE(Root Mean Square Error) 및 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)를 사용하여 예측 정확도를 측정한다.

[0065] 도 7에서 0%에 대한 MAPE 값과 RMSE 값은 GPS 데이터로 보완하지 않을 때 DCRNN 트래픽 흐름 예측의 정확도를 의미한다. CCTV 스트리밍 비디오에서 추출된 트래픽 흐름 데이터를 이용한 트래픽 네트워크의 DCRNN 예측은 11.47% MAPE와 3.54 RMSE를 가지고 있다.

[0066] CCTV 영상의 정확한 속도가 아닌 평균 속도로 보완되었음에도 불구하고 모든 정확도가 노드 데이터를 제거하지 않았을 때와 크게 다르지 않음을 알 수 있다. 도 7에서 50%, 90%의 RMSE와 MAPE는 0%보다 높다. 대부분의 경우 오차는 0%보다 낮다. 50%와 90%의 오차는 다른 경우보다 높게 나타난다. 그러나 이러한 값 간의 차이는 다른 경우에 나타나는 차이는 유의하지 않다. 불충분한 CCTV 영상으로 인한 흐름 데이터 누락이 GPS나 VD 데이터 등 보조 데이터로 보완된다면 예측 DCRNN에서는 성능 저하가 없음을 알 수 있다.

[0067] 한편, 도3을 참조하면 교차로에 설치된 CCTV 비디오는 신호주기에 따라 차량 흐름이 정기적으로 변하는 패턴을 보인다. 비교차 지역에서는 차량 흐름 변화가 신호주기와 같은 규칙적인 패턴의 영향을 받지 않는다. 즉, 교통 사고와 같은 비정상적인 사건으로 인해 차량 흐름도 매우 불규칙적으로 변한다. 따라서 각 CCTV 비디오의 샘플링 빈도(frequency)는 교통 상황 및 시간과 함께 동적으로 변경될 수 있다. 예를 들어 서울 내 CCTV 영상을 살펴보면 교통 감시 담당관의 결정에 따라 CCTV 카메라가 다른 구역을 불규칙하게 촬영할 수 있다. 이에 따라, CCTV 카메라가 회전하는 경우, 본 발명의 교통 정체 전파 패턴 분석 장치(100)는 새로운 교통 상태를 모니터링하여 새로운 샘플링 빈도를 결정할 수 있다. 즉, 샘플링 빈도를 최적화하면서 CCTV 카메라의 녹화 영역이 달라지는지에 따라 샘플링 빈도를 결정할 수 있다. 이와 같은 적응형 CCTV 비디오 샘플링 모듈에 의해, 본 발명은 모든 스트리밍 비디오를 수집할 필요가 없어, 시스템의 과부하를 방지할 수 있으며 효율적이다.

[0068] 프로세서(130)는 적응형 CCTV 비디오 샘플링 모듈에 의해 실시간 비디오의 샘플링 여부를 결정하되, 적응형 샘플링 모듈은 차량 속도 변화에 따른 샘플링 시간(STn), 샘플링 주기(SPn) 및 샘플링 간격(SIn)을 포함한다.

[0069] 구체적으로, 적응형 CCTV 비디오 샘플링 모듈은 교통 상태 변화에 따라 스트리밍 비디오를 샘플링할지 여부를

결정할 수 있다. 예시적으로, 샘플링 시간(ST_n)은 수식2에 따라 결정할 수 있다.

[0070] <수식2>

$$ST_{n+1} = ST_n + SI_n, \quad (1)$$

$$SI_n = \max(SI_{n-1} + \alpha_{n-1}, SP_{n-1}), \quad (2)$$

$$SP_n = \min(\max(SP_{n-1} - \alpha_{n-1}, SP_{min}), SP_{max}), \quad (3)$$

[0072] 여기서, 교통 상태 변경에 따라 α_n 은 +1 또는 -1이며, 하기와 같다.

$$\alpha_n = \begin{cases} +1 & \text{if } E_{n-2} < E_{n-1} \\ -1 & \text{if } E_{n-2} \geq E_{n-1} \end{cases}$$

[0074] E_n은 SP_n(샘플링 주기) 동안 차량 속도에 대한 속도의 엔트로피이다. 예시적으로, SP_{min}을 1 분으로 설정하고 SP_{max}를 7 분으로 설정한 경우, 시스템을 시작할 때 교통 정보가 없기 때문에 시스템은 초기 샘플링 기간인 SP_{max}에 대해 각각 0 분과 2×SP_{max}에서 S1과 S2의 비디오를 두번 샘플링한다. 그런 다음 시스템은 샘플링 시간(ST_n), 샘플링주기(SP_n) 및 샘플링 간격(SI_n)을 수식2에 정의 된대로 조정한다.

[0075] 일 예로, 엔트로피는 차량 속도의 확률로 계산될 수 있다. 예를 들어, 차량 속도의 히스토그램을 생성할 수 있다. 히스토그램의 구간(bin) 간격은 5km/h이며, 각 히스토그램 구간의 속도에 해당하는 차량 수는 xi로 설정될 수 있다. 따라서, P(xi)는 특정 속도가 관측될 확률이고, 각 구간의 차량 수를 CCTV 비디오에서 관측된 총 차량 수로 나누어 확률을 계산할 수 있다. 따라서, 차량 속도가 더 자주 변할 때 높은 엔트로피 값을 얻을 수 있다.

[0076] 이하에서는 상술한 도1 내지 도8에 도시된 구성 중 동일한 기능을 수행하는 구성의 경우 설명을 생략하기로 한다.

[0077] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0078] 도 9를 참조하면 다중 CCTV 비디오를 이용한 교통 정체 전파 패턴 분석 방법은 다중 CCTV 네트워크로부터 비디오를 수집하되, 차량의 속도 변화에 따른 샘플링 빈도를 조절하여 비디오를 샘플링하는 단계(S110), 샘플링된 비디오로부터 제1 데이터를 생성하고, GPS 데이터로부터 제1데이터를 보간하여 제2 데이터를 생성하고, 제1 데이터 및 제2 데이터를 병합한 차량 흐름 데이터를 생성하는 단계(S120), 차량 흐름 데이터와 각 CCTV 위치정보 및 CCTV 공백 위치정보를 포함한 CCTV 네트워크 데이터를 결합하여 교통 네트워크 모델을 생성하는 단계(S130) 및 교통 네트워크 모델에서 교통 정체가 발생하는 타겟 도로가 선택되면, 타겟 도로와 연결된 복수의 다른 도로를 기설정된 패턴 분석 영역으로 지정하고, 정체 전파 패턴 분석 모델을 통해 타겟 도로와 다른 도로 간의 교통 정체 전파 패턴을 분석하는 단계(S140)를 포함한다.

[0079] 교통 네트워크 모델은 교차로에 배치된 각 CCTV 위치정보와 대응하는 관측 노드, 관측 노드와 인접한 도로에 대응하는 관측 도로 엣지, CCTV가 없는 교차로의 CCTV 공백 위치정보와 대응하는 보간 노드, 및 보간 노드와 인접한 도로에 대응하는 보간 도로 엣지를 포함한다.

[0080] S110 단계에서 적응형 샘플링 모듈에 의해 실시간 비디오의 샘플링 여부를 결정하되, 적응형 샘플링 모듈은 차량 속도 변화에 따른 샘플링 시간, 샘플링 주기 및 샘플링 간격을 포함한다.

[0081] S120 단계는 상호 보완적인 차량 추적 알고리즘을 복수개 병렬 수행하여, 관측 노드와 연결된 관측 도로 엣지의 차량 흐름 데이터인 제1데이터를 추출하고, GPS 데이터로부터 보간 노드와 연결된 보간 도로 엣지의 차량 흐름 데이터인 제2 데이터를 생성한다. 이때 차량 흐름 데이터는 시간에 따른 차량 속도, 이동방향, 교통량을 포함한다.

[0082] S140 단계는 패턴 분석 영역에 대한 교통 정체 전파 패턴을 표시하는 사용자 인터페이스(141)를 제공하되, 사용자 인터페이스(141)는 CCTV 위치정보에 대응하는 지도정보와 교통 네트워크 모델을 연계한 교통 정체 전파 패턴 분석 맵을 제공하는 메인 인터페이스(41), 메인 인터페이스(41) 상에 팝업 형태로 표시되며 교통 정체 전파 패턴의 출력 옵션을 설정하는 제1인터페이스(42) 및 CCTV 위치정보 별 실시간 비디오 샘플링 상태를 표시하는 제2

인터페이스(43)를 포함한다.

[0083] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 저장 매체를 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다.

[0084] 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.

[0085] 진술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0086] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

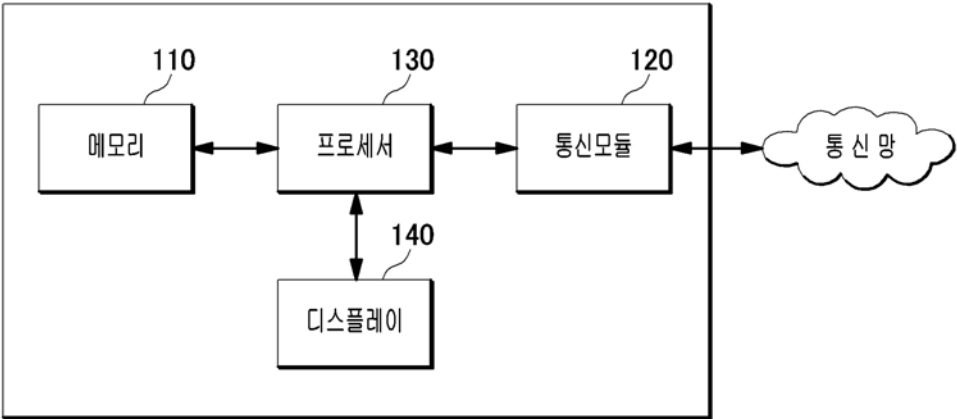
부호의 설명

- [0087] 100: 교통 정체 전파 패턴 분석 장치
- 110: 메모리
- 120: 통신 모듈
- 130: 프로세서
- 140: 디스플레이
- 141: 사용자 인터페이스

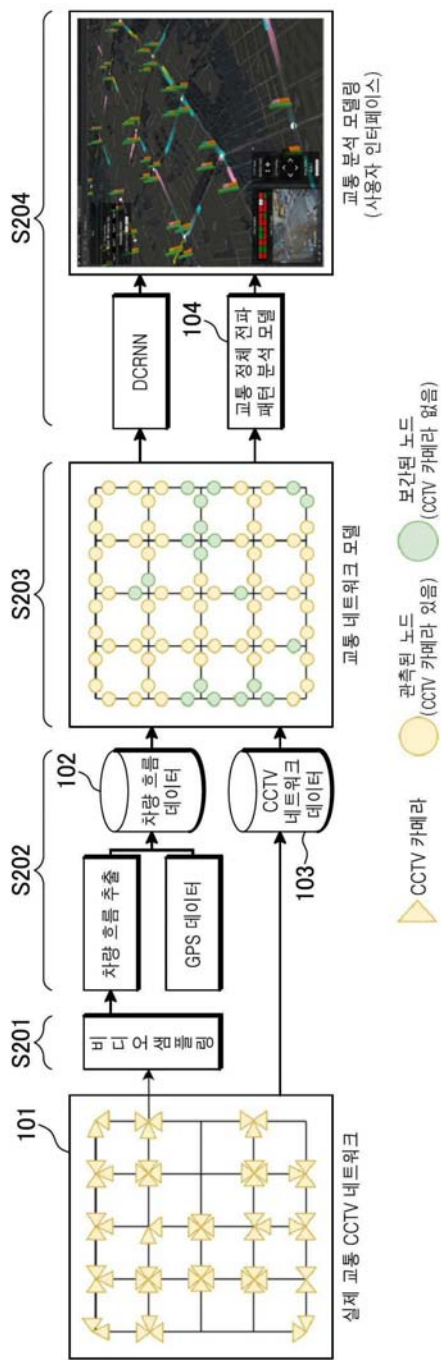
도면

도면1

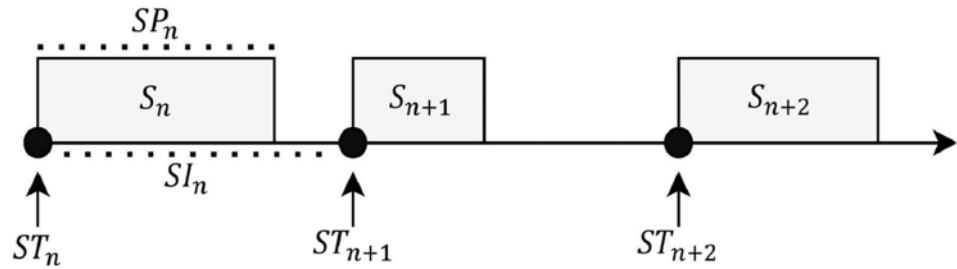
100



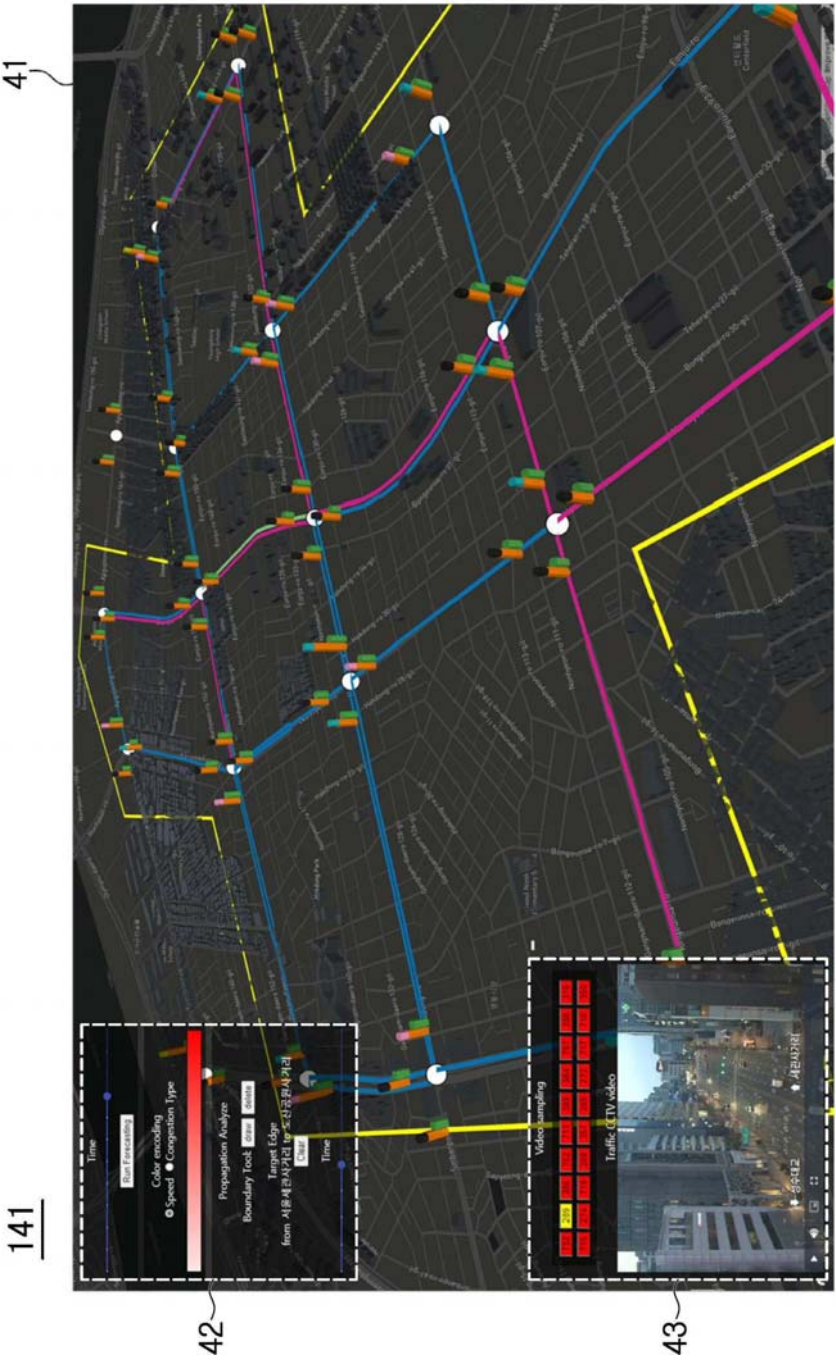
도면2



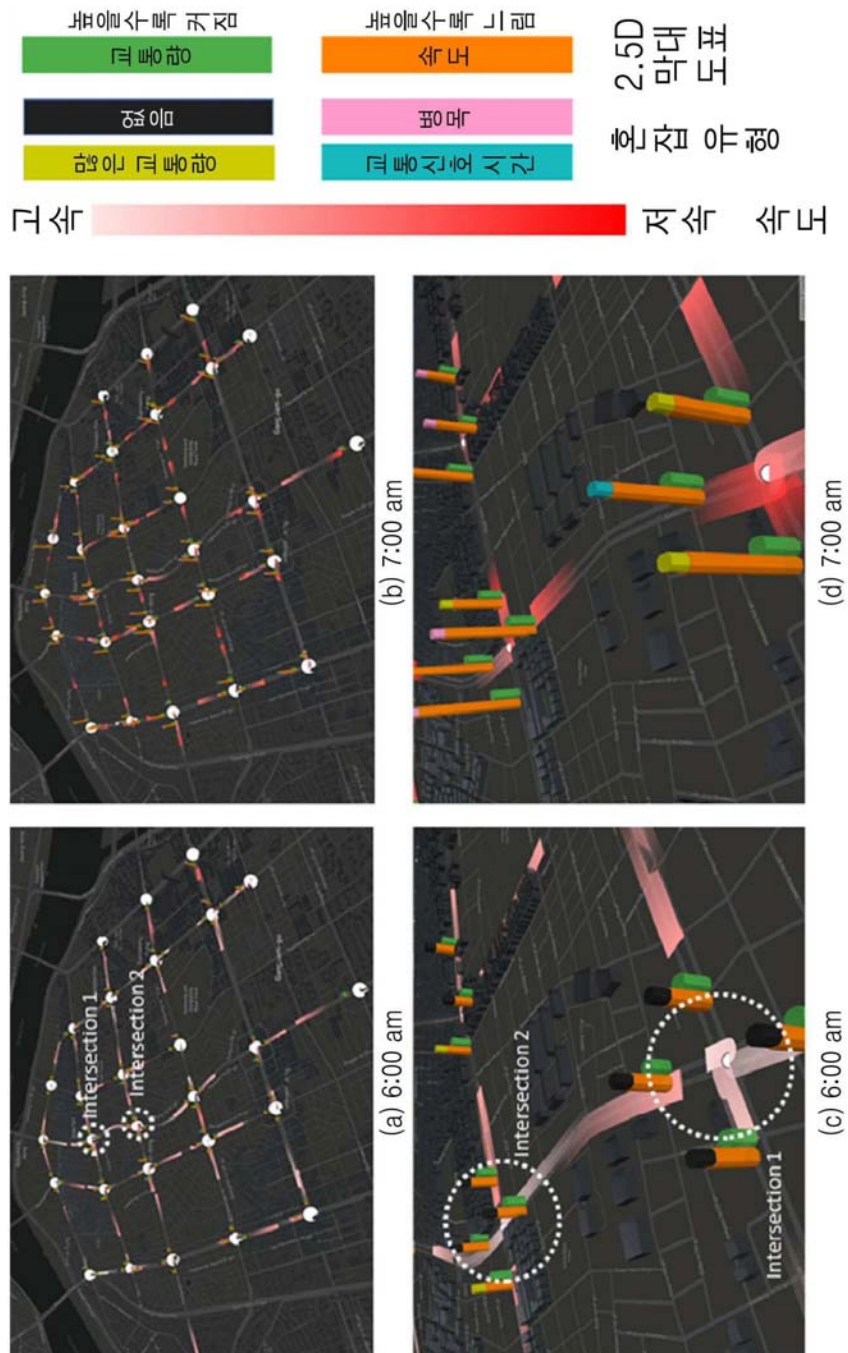
도면3



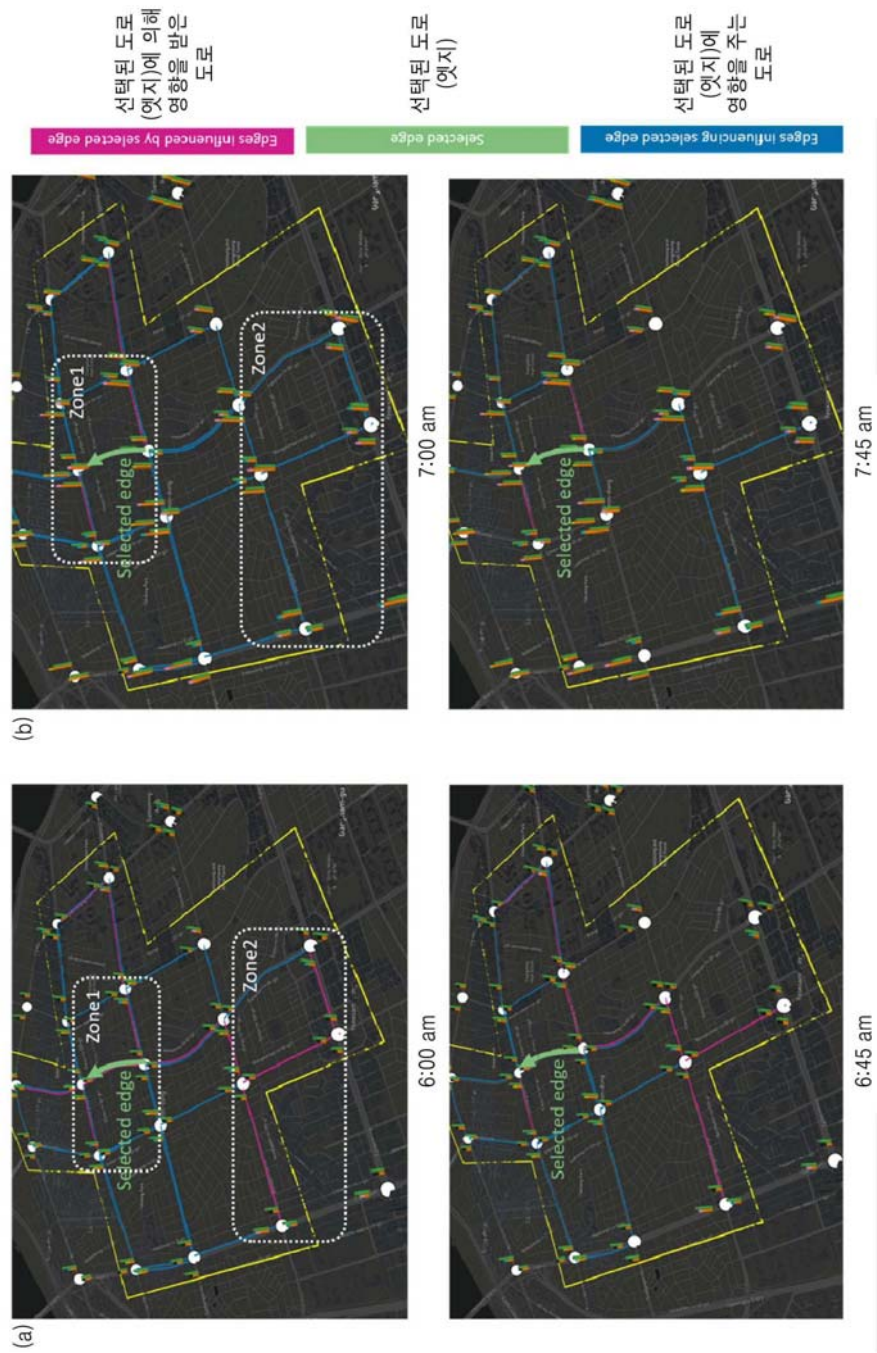
도면4



도면5



도면6



도면7

ratio(%)	0	10	20	30	40
MAPE	11.47%	11.1%	11.76%	10.98%	11.18%
RMSE	3.54	3.33	3.36	3.4	3.43
ratio(%)	50	60	70	80	90
MAPE	12.53%	10.86%	10.75%	10.91%	12.73%
RMSE	3.74	3.35	3.32	3.36	3.83

도면8



(c) 혼잡 전과 패턴



(b) Zone 3의 CCTV 스트리밍 비디오



(a) 교통흐름 시각화

도면9

