



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0036823
(43) 공개일자 2023년03월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G08G 1/01 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G08G 1/0108 (2013.01)
G08G 1/0145 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0119772

(22) 출원일자 2021년09월08일
심사청구일자 2021년09월08일

(71) 출원인

네이버 주식회사

경기도 성남시 분당구 정자일로 95(정자동, 네이버 1784)

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

김성일

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

곽지인

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양성보

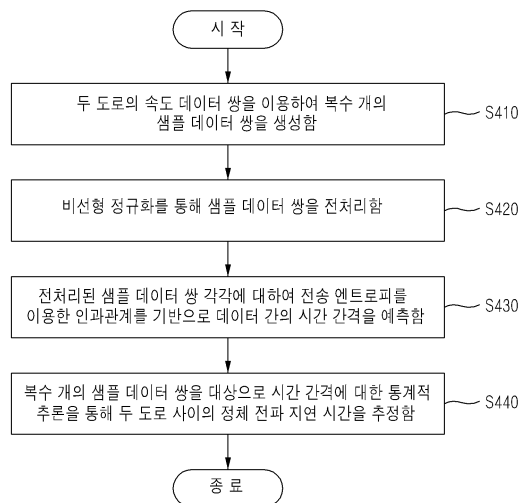
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 전송 엔트로피를 이용하여 도로 정체의 전파 지연 시간을 예측하는 방법, 컴퓨터 장치, 및 컴퓨터 프로그램

(57) 요약

전송 엔트로피를 이용하여 도로 정체의 전파 지연 시간을 예측하는 방법, 컴퓨터 장치, 및 컴퓨터 프로그램이 개시된다. 도로 정체 예측 방법은, 주어진 두 도로의 속도 데이터 쌍에 대해 전송 엔트로피(transfer entropy)를 이용한 인과관계를 분석하는 단계; 및 상기 인과관계에 대한 분석 결과를 바탕으로 상기 두 도로 중 한 도로의 정체가 다른 도로로 전파되는 정체 전파 지연 시간을 예측하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

오용경

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이주영

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

탁정욱

경기도 성남시 분당구 불정로 6(정자동, 그린팩토리)

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터 장치에서 실행되는 도로 정체 예측 방법에 있어서,

상기 컴퓨터 장치는 메모리에 포함된 컴퓨터 판독가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 도로 정체 예측 방법은,

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 주어진 두 도로의 속도 데이터 쌍에 대해 전송 엔트로피(transfer entropy)를 이용한 인과관계를 분석하는 단계; 및

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 인과관계에 대한 분석 결과를 바탕으로 상기 두 도로 중 한 도로의 정체가 다른 도로로 전파되는 정체 전파 지연 시간을 예측하는 단계

를 포함하는 도로 정체 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 분석하는 단계는,

샘플링 방식을 통해 각 도로의 속도 시계열 데이터로 이루어진 원본 데이터 쌍으로부터 복수 개의 유사 데이터 쌍을 생성하는 단계

를 포함하는 도로 정체 예측 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 생성하는 단계는,

상기 속도 시계열 데이터를 추세(trend) 데이터와 잔차(residual) 데이터로 분해하는 단계;

상기 잔차 데이터에 대한 샘플링을 통해 새로운 잔차 데이터를 생성하는 단계; 및

상기 새로운 잔차 데이터를 상기 추세 데이터와 더해서 상기 속도 시계열 데이터와 유사한 새로운 시계열 데이터를 생성하는 단계

를 포함하는 도로 정체 예측 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 분석하는 단계는,

비선형 정규화를 통해 상기 유사 데이터 쌍에 대한 전처리를 수행하는 단계

를 더 포함하는 도로 정체 예측 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 분석하는 단계는,

속도 분포의 누적 분포함수를 이용하여 상기 유사 데이터 쌍을 정규화하는 단계

를 더 포함하는 도로 정체 예측 방법.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 분석하는 단계는,

연속적인 데이터를 이산 데이터로 변환하는 인코딩을 통해 상기 유사 데이터 쌍에 대한 전처리를 수행하는 단계를 더 포함하는 도로 정체 예측 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 예측하는 단계는,

상기 한 도로의 속도 데이터와 상기 다른 도로의 속도 데이터 사이의 시간 간격을 상기 인과관계를 기반으로 예측하는 단계

를 포함하는 도로 정체 예측 방법.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 예측하는 단계는,

상기 유사 데이터 쌍 각각에 대하여 상기 인과관계를 기반으로 데이터 간의 시간 간격을 예측하는 단계; 및

상기 유사 데이터 쌍 전체의 상기 시간 간격에 대한 통계를 통해 상기 정체 전파 지연 시간을 추정하는 단계

를 포함하는 도로 정체 예측 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 추정하는 단계는,

상기 시간 간격에 대한 통계적 추론을 통해 상기 유사 데이터 쌍의 평균과 분산을 산출하는 단계; 및

상기 평균을 상기 정체 전파 지연 시간으로 이용하고 상기 분산을 상기 정체 전파 지연 시간에 대한 신뢰도로 이용하는 단계

를 포함하는 도로 정체 예측 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 도로 정체 예측 방법은,

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 정체 전파 지연 시간을 이용하여 경로 이동 시간을 예측하거나 우회 도로를 결정하는 단계

를 더 포함하는 도로 정체 예측 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항의 도로 정체 예측 방법을 상기 컴퓨터 장치에 실행시키기 위해 컴퓨터 판독가능한 기록 매체에 저장되는 컴퓨터 프로그램.

청구항 12

컴퓨터 장치에 있어서,
메모리에 포함된 컴퓨터 판독가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서
를 포함하고,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
주어진 두 도로의 속도 데이터 쌍에 대해 전송 엔트로피를 이용한 인과관계를 분석하는 과정; 및
상기 인과관계에 대한 분석 결과를 바탕으로 상기 두 도로 중 한 도로의 정체가 다른 도로로 전파되는 정체 전
파 지연 시간을 예측하는 과정
을 처리하는 컴퓨터 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
샘플링 방식을 통해 각 도로의 속도 시계열 데이터로 이루어진 원본 데이터 쌍으로부터 복수 개의 유사 데이터
쌍을 생성하는 과정
을 처리하는 컴퓨터 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 속도 시계열 데이터를 추세 데이터와 잔차 데이터로 분해하는 과정;
상기 잔차 데이터에 대한 샘플링을 통해 새로운 잔차 데이터를 생성하는 과정; 및
상기 새로운 잔차 데이터를 상기 추세 데이터와 더해서 상기 속도 시계열 데이터와 유사한 새로운 시계열 데이
터를 생성하는 과정
을 처리하는 컴퓨터 장치.

청구항 15

제13항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
비선형 정규화를 통해 상기 유사 데이터 쌍에 대한 전처리를 수행하는 과정
을 처리하는 컴퓨터 장치.

청구항 16

제13항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
속도 분포의 누적 분포함수를 이용하여 상기 유사 데이터 쌍을 정규화하는 과정
을 처리하는 컴퓨터 장치.

청구항 17

제13항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,

연속적인 데이터를 이산 데이터로 변환하는 인코딩을 통해 상기 유사 데이터 쌍에 대한 전처리를 수행하는 과정을 처리하는 컴퓨터 장치.

청구항 18

제12항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 한 도로의 속도 데이터와 상기 다른 도로의 속도 데이터 사이의 시간 간격을 상기 인과관계를 기반으로 예측하는 과정

을 처리하는 컴퓨터 장치.

청구항 19

제13항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 유사 데이터 쌍 각각에 대하여 상기 인과관계를 기반으로 데이터 간의 시간 간격을 예측하는 과정; 및

상기 유사 데이터 쌍 전체의 상기 시간 간격에 대한 통계를 통해 상기 정체 전파 지연 시간을 추정하는 과정

을 처리하는 컴퓨터 장치.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 시간 간격에 대한 통계적 추론을 통해 상기 유사 데이터 쌍의 평균과 분산을 산출하는 과정; 및

상기 평균을 상기 정체 전파 지연 시간으로 이용하고 상기 분산을 상기 정체 전파 지연 시간에 대한 신뢰도로 이용하는 과정

을 처리하는 컴퓨터 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 설명은 도로 정체를 예측하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]도로 정체의 발생과 이로 인한 정체 전파는 전 세계 대부분의 대도시에서 겪고 있는 교통 문제 중 하나이다.

[0003]이러한 교통 정체는 크게 반복적으로 발생하는 혼잡(recurrent congestion)과 사고나 기상악화, 집회 등의 유고 정보로 인해 비반복적으로 발생하는 혼잡(non-recurrent congestion)으로 나눌 수 있다.

[0004]특정 도로의 교통 정체 시점을 예측하는 방식은 주로 도로의 수용 가능한 차량의 대수를 기준으로 예측한다. 도로의 수용 가능한 차량의 대수가 정해져 있고, 수용 가능한 차량의 대수가 한계에 도달하는 경우 해당 도로에 정체 상황이 발생하게 되는데, 해당 도로의 정체 도달 시점부터 차량의 주행 속도가 급격히 저하된다.

[0005]이러한 반복적인 도로의 정체 도달 시점은 통계적으로 예측 가능하며, 이를 활용하여 교통 정체 상황 및 시점 예측이 가능하다.

[0006]그러나, 유고 정보로 인해 비반복적으로 발생하는 교통 혼잡은 언제 어디서 일어날지 예측이 불가하기 때문에 패턴 분석이나 속도 변화 예측 등에 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 도로 정체에 전과 지연시간을 예측할 수 있는 정량적 방법론을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 컴퓨터 장치에서 실행되는 도로 정체 예측 방법에 있어서, 상기 컴퓨터 장치는 메모리에 포함된 컴퓨터 판독가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 도로 정체 예측 방법은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 주어진 두 도로의 속도 데이터 쌍에 대해 전송 엔트로피(transfer entropy)를 이용한 인과관계를 분석하는 단계; 및 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 인과관계에 대한 분석 결과를 바탕으로 상기 두 도로 중 한 도로의 정체가 다른 도로로 전파되는 정체 전과 지연 시간을 예측하는 단계를 포함하는 도로 정체 예측 방법을 제공한다.

[0009] 일 측면에 따르면, 상기 분석하는 단계는, 샘플링 방식을 통해 각 도로의 속도 시계열 데이터로 이루어진 원본 데이터 쌍으로부터 복수 개의 유사 데이터 쌍을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 다른 측면에 따르면, 상기 생성하는 단계는, 상기 속도 시계열 데이터를 추세(trend) 데이터와 잔차(residual) 데이터로 분해하는 단계; 상기 잔차 데이터에 대한 샘플링을 통해 새로운 잔차 데이터를 생성하는 단계; 및 상기 새로운 잔차 데이터를 상기 추세 데이터와 더해서 상기 속도 시계열 데이터와 유사한 새로운 시계열 데이터를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 또 다른 측면에 따르면, 상기 분석하는 단계는, 비선형 정규화를 통해 상기 유사 데이터 쌍에 대한 전처리를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 또 다른 측면에 따르면, 상기 분석하는 단계는, 속도 분포의 누적 분포함수를 이용하여 상기 유사 데이터 쌍을 정규화하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 또 다른 측면에 따르면, 상기 분석하는 단계는, 연속적인 데이터를 이산 데이터로 변환하는 인코딩을 통해 상기 유사 데이터 쌍에 대한 전처리를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 또 다른 측면에 따르면, 상기 예측하는 단계는, 상기 한 도로의 속도 데이터와 상기 다른 도로의 속도 데이터 사이의 시간 간격을 상기 인과관계를 기반으로 예측하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 또 다른 측면에 따르면, 상기 예측하는 단계는, 상기 유사 데이터 쌍 각각에 대하여 상기 인과관계를 기반으로 데이터 간의 시간 간격을 예측하는 단계; 및 상기 유사 데이터 쌍 전체의 상기 시간 간격에 대한 통계를 통해 상기 정체 전과 지연 시간을 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 또 다른 측면에 따르면, 상기 추정하는 단계는, 상기 시간 간격에 대한 통계적 추론을 통해 상기 유사 데이터 쌍의 평균과 분산을 산출하는 단계; 및 상기 평균을 상기 정체 전과 지연 시간으로 이용하고 상기 분산을 상기 정체 전과 지연 시간에 대한 신뢰도로 이용하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 또 다른 측면에 따르면, 상기 도로 정체 예측 방법은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 정체 전과 지연 시간을 이용하여 경로 이동 시간을 예측하거나 우회 도로를 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 도로 정체 예측 방법을 상기 컴퓨터 장치에 실행시키기 위해 컴퓨터 판독가능한 기록 매체에 저장되는 컴퓨터 프로그램을 제공한다.

[0019] 컴퓨터 장치에 있어서, 메모리에 포함된 컴퓨터 판독가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 주어진 두 도로의 속도 데이터 쌍에 대해 전송 엔트로피를 이용한 인과관계를 분석하는 과정; 및 상기 인과관계에 대한 분석 결과를 바탕으로 상기 두 도로 중 한 도로의 정체가 다른 도로로 전파되는 정체 전과 지연 시간을 예측하는 과정을 처리하는 컴퓨터 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 실시예들에 따르면, 전송 엔트로피를 이용하여 정체 시작점을 기준으로 주변 도로의 정체가 시작되는 시점을 예측할 수 있으며, 교통사고나 도로 공사 등 불규칙적인 상황에서 유고 정보에 대한 데이터 없이 각 도로 사이의 인과관계를 이용하여 정체가 전파되는 패턴을 파악할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 네트워크 환경의 예를 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 장치의 예를 도시한 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서 도로 네트워크 예시를 도시한 것이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 장치가 수행할 수 있는 방법의 예를 도시한 순서도이다.
- 도 5 내지 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서 원본 데이터로부터 유사 데이터를 생성하는 과정을 설명하기 위한 예시 도면이다.
- 도 7 내지 도 9는 본 발명의 일실시예에 있어서 도로 네트워크에서의 정체 전과 지연 시간을 예측하는 과정을 설명하기 위한 예시 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0023] 본 발명의 실시예들은 도로 정체를 예측하는 기술에 관한 것이다.
- [0024] 본 명세서에서 구체적으로 개시되는 것들을 포함하는 실시예들은 전송 엔트로피를 이용하여 도로 정체의 전과 지연시간을 예측할 수 있고, 이를 통해 보다 정확한 경로 이동 시간을 예측할 수 있고 적절한 상황에서 최적의 우회도로를 결정할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 실시예들에 따른 도로 정체 예측 장치는 적어도 하나의 컴퓨터 장치에 의해 구현될 수 있으며, 본 발명의 실시예들에 따른 도로 정체 예측 방법은 도로 정체 예측 장치에 포함되는 적어도 하나의 컴퓨터 장치를 통해 수행될 수 있다. 이때, 컴퓨터 장치에는 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 프로그램이 설치 및 구동될 수 있고, 컴퓨터 장치는 구동된 컴퓨터 프로그램의 제어에 따라 본 발명의 실시예들에 따른 도로 정체 예측 방법을 수행할 수 있다. 상술한 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 장치와 결합되어 도로 정체 예측 방법을 컴퓨터에 실행시키기 위해 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장될 수 있다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 네트워크 환경의 예를 도시한 도면이다. 도 1의 네트워크 환경은 복수의 전자 기기들(110, 120, 130, 140), 복수의 서버들(150, 160) 및 네트워크(170)를 포함하는 예를 나타내고 있다. 이러한 도 1은 발명의 설명을 위한 일례로 전자 기기의 수나 서버의 수가 도 1과 같이 한정되는 것은 아니다. 또한, 도 1의 네트워크 환경은 본 실시예들에 적용 가능한 환경들 중 하나의 예를 설명하는 것일 뿐, 본 실시예들에 적용 가능한 환경이 도 1의 네트워크 환경으로 한정되는 것은 아니다.
- [0027] 복수의 전자 기기들(110, 120, 130, 140)은 컴퓨터 장치로 구현되는 고정형 단말이거나 이동형 단말일 수 있다. 복수의 전자 기기들(110, 120, 130, 140)의 예를 들면, 스마트폰(smart phone), 휴대폰, 내비게이션, 컴퓨터, 노트북, 디지털방송용 단말, PDA(Personal Digital Assistants), PMP(Portable Multimedia Player), 태블릿 PC 등이 있다. 일례로 도 1에서는 전자 기기(110)의 예로 스마트폰의 형상을 나타내고 있으나, 본 발명의 실시예들에서 전자 기기(110)는 실질적으로 무선 또는 유선 통신 방식을 이용하여 네트워크(170)를 통해 다른 전자 기기들(120, 130, 140) 및/또는 서버(150, 160)와 통신할 수 있는 다양한 물리적인 컴퓨터 장치들 중 하나를 의미할 수 있다.
- [0028] 통신 방식은 제한되지 않으며, 네트워크(170)가 포함할 수 있는 통신망(일례로, 이동통신망, 유선 인터넷, 무선 인터넷, 방송망)을 활용하는 통신 방식뿐만 아니라 기기들 간의 근거리 무선 통신 역시 포함될 수 있다. 예를 들어, 네트워크(170)는, PAN(personal area network), LAN(local area network), CAN(campus area network), MAN(metropolitan area network), WAN(wide area network), BBN(broadband network), 인터넷 등의 네트워크 중 하나 이상의 임의의 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 네트워크(170)는 버스 네트워크, 스타 네트워크, 링 네트워크, 메쉬 네트워크, 스타-버스 네트워크, 트리 또는 계층적(hierarchical) 네트워크 등을 포함하는 네트워크 토폴로지 중 임의의 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0029] 서버(150, 160) 각각은 복수의 전자 기기들(110, 120, 130, 140)과 네트워크(170)를 통해 통신하여 명령, 코드, 파일, 콘텐츠, 서비스 등을 제공하는 컴퓨터 장치 또는 복수의 컴퓨터 장치들로 구현될 수 있다. 예를 들어, 서버(150)는 네트워크(170)를 통해 접속한 복수의 전자 기기들(110, 120, 130, 140)로 서비스(일례로, 내비게이션 서비스 등)를 제공하는 시스템일 수 있다.
- [0030] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 장치의 예를 도시한 블록도이다. 앞서 설명한 복수의 전자 기기들

(110, 120, 130, 140) 각각이나 서버들(150, 160) 각각은 도 2를 통해 도시된 컴퓨터 장치(200)에 의해 구현될 수 있다.

[0031] 이러한 컴퓨터 장치(200)는 도 2에 도시된 바와 같이, 메모리(210), 프로세서(220), 통신 인터페이스(230) 그리고 입출력 인터페이스(240)를 포함할 수 있다. 메모리(210)는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 여기서 ROM과 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치는 메모리(210)와는 구분되는 별도의 영구 저장 장치로서 컴퓨터 장치(200)에 포함될 수도 있다. 또한, 메모리(210)에는 운영체제와 적어도 하나의 프로그램 코드가 저장될 수 있다. 이러한 소프트웨어 구성요소들은 메모리(210)와는 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체로부터 메모리(210)로 로딩될 수 있다. 이러한 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체는 플로피 드라이브, 디스크, 테이프, DVD/CD-ROM 드라이브, 메모리 카드 등의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서 소프트웨어 구성요소들은 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체가 아닌 통신 인터페이스(230)를 통해 메모리(210)에 로딩될 수도 있다. 예를 들어, 소프트웨어 구성요소들은 네트워크(170)를 통해 수신되는 파일들에 의해 설치되는 컴퓨터 프로그램에 기반하여 컴퓨터 장치(200)의 메모리(210)에 로딩될 수 있다.

[0032] 프로세서(220)는 기본적인 산술, 로직 및 입출력 연산을 수행함으로써, 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 명령은 메모리(210) 또는 통신 인터페이스(230)에 의해 프로세서(220)로 제공될 수 있다. 예를 들어 프로세서(220)는 메모리(210)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 수신되는 명령을 실행하도록 구성될 수 있다.

[0033] 통신 인터페이스(230)는 네트워크(170)를 통해 컴퓨터 장치(200)가 다른 장치(일례로, 앞서 설명한 저장 장치들)와 서로 통신하기 위한 기능을 제공할 수 있다. 일례로, 컴퓨터 장치(200)의 프로세서(220)가 메모리(210)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 생성한 요청이나 명령, 데이터, 파일 등이 통신 인터페이스(230)의 제어에 따라 네트워크(170)를 통해 다른 장치들로 전달될 수 있다. 역으로, 다른 장치로부터의 신호나 명령, 데이터, 파일 등이 네트워크(170)를 거쳐 컴퓨터 장치(200)의 통신 인터페이스(230)를 통해 컴퓨터 장치(200)로 수신될 수 있다. 통신 인터페이스(230)를 통해 수신된 신호나 명령, 데이터 등은 프로세서(220)나 메모리(210)로 전달될 수 있고, 파일 등은 컴퓨터 장치(200)가 더 포함할 수 있는 저장 매체(상술한 영구 저장 장치)로 저장될 수 있다.

[0034] 입출력 인터페이스(240)는 입출력 장치(250)와의 인터페이스를 위한 수단일 수 있다. 예를 들어, 입력 장치는 마이크, 키보드 또는 마우스 등의 장치를, 그리고 출력 장치는 디스플레이, 스피커와 같은 장치를 포함할 수 있다. 다른 예로 입출력 인터페이스(240)는 터치스크린과 같이 입력과 출력을 위한 기능이 하나로 통합된 장치와의 인터페이스를 위한 수단일 수도 있다. 입출력 장치(250)는 컴퓨터 장치(200)와 하나의 장치로 구성될 수도 있다.

[0035] 또한, 다른 실시예들에서 컴퓨터 장치(200)는 도 2의 구성요소들보다 더 적은 혹은 더 많은 구성요소들을 포함할 수도 있다. 그러나, 대부분의 종래기술적 구성요소들을 명확하게 도시할 필요성은 없다. 예를 들어, 컴퓨터 장치(200)는 상술한 입출력 장치(250) 중 적어도 일부를 포함하도록 구현되거나 또는 트랜시버(transceiver), 데이터베이스 등과 같은 다른 구성요소들을 더 포함할 수도 있다.

[0036] 이하에서는 전송 엔트로피를 이용하여 도로 정체와 지연 시간을 예측하는 방법 및 장치의 구체적인 실시예를 설명하기로 한다.

[0037] 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서 도로 네트워크 예시를 도시한 것이다.

[0038] 일부 도로에서 교통 혼잡(traffic congestion)이 발생하면 해당 도로의 주행 속도가 급격하게 떨어지게 되고, 혼잡이 발생한 도로로 진입하는 유입 도로의 교통량과 속도에도 영향을 미친다.

[0039] 도 3을 참조하면, A 도로에서 정체가 발생하는 경우 시간이 지남에 따라 A 도로로 들어오는 다른 도로 중 적어도 일부 도로로 정체가 이어짐으로써 교통 체증의 전파(Traffic Congestion Propagation)가 일어난다.

[0040] 예를 들어, 내비게이션 서비스에서 I, F, D, A 도로를 포함하는 경로를 추천한다고 가정한다. 시간 경과에 따라 A 도로의 정체가 D 도로와 F 도로로 전파되는 경우 기존 경로를 유지한다면 해당 경로를 주행하는 사용자의 이동 시간이 크게 지연될 것이다.

[0041] 내비게이션 서비스에서 정체가 전파되는 도로를 예측하고 각 도로의 정체가 시작되는 시점을 파악할 수 있다면

사용자에게 교통 체증의 전파가 예상되는 D 도로와 F 도로를 우회하는 최적 경로(예를 들어, I, H, G, A 도로를 포함하는 경로 등)를 추천할 수 있다.

- [0042] 본 실시예에서는 교통 혼잡 발생 시 주변 도로로 정체가 전파되는 패턴과 각 도로의 정체가 시작되는 시간을 파악하기 위해 전송 엔트로피(transfer entropy, TE)를 이용한 분석 기술을 제안한다.
- [0043] 도로 네트워크에서 연결된 도로는 서로 밀접한 연관성을 가지게 된다. 예를 들면, 도로에서 A, B, C 도로가 차례로 연결되어 있다고 가정하자. 만약, A 도로에서 정체가 발생하면 차량의 이동에 제한이 생기게 되고, 연속해서 B와 C 도로에서도 차가 막히기 시작할 것이다. 또한, 교통사고의 처리완료 또는 교통량의 감소로 인해 A 도로의 정체가 해소되기 시작하면 일정 시간 후에 B와 C 도로의 정체도 점차 해소될 것이다.
- [0044] 본 실시예에서는 상기한 예시와 같이 인접한 도로의 차량 속도 데이터는 밀접한 연관성이 있다는 가정 하에 이들의 상관관계를 분석하고, 특히 인과관계를 분석하기 위해 전송 엔트로피 개념을 이용한다.
- [0045] 전송 엔트로피는 정보 이론에서 비롯된 엔트로피 측정법으로, 두 개의 변수 사이의 비선형적인 인과관계를 파악하는 접근법이다. 정체가 발생한 A 도로와 인접한 N 도로의 속도 시계열 데이터를 각각 변수 X와 Y라 할 때, 전송 엔트로피를 이용해 두 변수 간의 인과관계를 정량적으로 나타낼 수 있다. 이 방법을 시간 지연(Time Lag)을 가지는 X와 Y에 적용함으로써 A 도로와 N 도로 사이에 얼마만큼의 시간 간격을 두고 정체가 전파되는지 분석할 수 있다.
- [0046] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 장치가 수행할 수 있는 방법의 예를 도시한 흐름도이다.
- [0047] 본 실시예에 따른 컴퓨터 장치(200)는 클라이언트를 대상으로 클라이언트 상에 설치된 전용 어플리케이션이나 컴퓨터 장치(200)와 관련된 웹/모바일 사이트 접속을 통해 내비게이션 서비스를 제공할 수 있다. 컴퓨터 장치(200)에는 컴퓨터로 구현된 도로 정체 예측 장치가 구성될 수 있다.
- [0048] 컴퓨터 장치(200)의 프로세서(220)는 도 4에 따른 도로 정체 예측 방법을 수행하기 위한 구성요소로 구현될 수 있다. 실시예에 따라 프로세서(220)의 구성요소들은 선택적으로 프로세서(220)에 포함되거나 제외될 수도 있다. 또한, 실시예에 따라 프로세서(220)의 구성요소들은 프로세서(220)의 기능의 표현을 위해 분리 또는 병합될 수도 있다.
- [0049] 이러한 프로세서(220) 및 프로세서(220)의 구성요소들은 도 4의 도로 정체 예측 방법이 포함하는 단계들(S410 내지 S440)을 수행하도록 컴퓨터 장치(200)를 제어할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(220) 및 프로세서(220)의 구성요소들은 메모리(210)가 포함하는 운영체제의 코드와 적어도 하나의 프로그램의 코드에 따른 명령(instruction)을 실행하도록 구현될 수 있다.
- [0050] 여기서, 프로세서(220)의 구성요소들은 컴퓨터 장치(200)에 저장된 프로그램 코드가 제공하는 명령에 따라 프로세서(220)에 의해 수행되는 서로 다른 기능들(different functions)의 표현들일 수 있다.
- [0051] 프로세서(220)는 컴퓨터 장치(200)의 제어와 관련된 명령이 로딩된 메모리(210)로부터 필요한 명령을 읽어들이 수 있다. 이 경우, 상기 읽어들이 명령은 프로세서(220)가 이후 설명될 단계들(S410 내지 S440)을 실행하도록 제어하기 위한 명령을 포함할 수 있다.
- [0052] 이후 설명될 단계들(S410 내지 S440)은 도 4에 도시된 순서와 다른 순서로 수행될 수 있으며, 단계들(S410 내지 S440) 중 일부가 생략되거나 추가의 과정이 더 포함될 수 있다.
- [0053] 도 4를 참조하면, 단계(S410)에서 프로세서(220)는 주어진 속도 데이터 쌍을 이용하여 복수 개의 샘플 데이터 쌍을 생성할 수 있다. 프로세서(220)는 경로에 포함된 두 도로의 속도 데이터로 이루어진 원본 데이터 쌍으로부터 유사 데이터 쌍을 생성할 수 있다. 프로세서(220)는 컴퓨터 장치(200)와 연동 가능한 시스템이나 플랫폼 등을 통해 도로 상의 차량의 실제 주행 속도로부터 샘플링하여 원본 데이터 쌍을 획득할 수 있다.
- [0054] 교통 사고나 도로 공사 등 유고 정보는 한 지점에서 반복해서 발생하는 것이 아니고, 발생 시점도 불규칙적이기 때문에 유고 시점에서 속도가 급격하게 감소하는 정체 패턴 데이터가 많지 않다. 또한, 전송 엔트로피의 값은 시계열 데이터의 길이나 인코딩 방법 등 여러 변수에 대해 변동성이 크기 때문에 하나의 샘플 데이터로 판단하기 어려운 경우가 많다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 실시예에서는 속도 데이터 각각에 샘플링 알고리즘을 적용하여 생성된 샘플을 이용한다.
- [0055] 도 5를 참조하면, 프로세서(220)는 샘플링 알고리즘의 일례인 부트스트랩 샘플링(bootstrap sampling) 방식을 이용하여 A 도로의 속도 데이터 X와 N 도로의 속도 데이터 Y로 이루어진 원본 데이터 쌍(501)으로부터 복수 개

의 샘플 데이터 쌍(502)을 생성할 수 있다.

[0056] 부트스트랩 샘플링 방식 중 하나인 마르코프 부트스트랩은 마르코프 연쇄(Markov Chain)에서 적용 가능한 부트스트랩 방법이다. 길이가 L인 마르코프 연쇄 $\{X_t\}_{t=1}^L$ 이 있을 때, 마르코프 연쇄의 전이 확률 행렬과 분포를 계산할 수 있는데, 이를 기반으로 길이가 L인 새로운 부트스트랩 샘플을 생성할 수 있다.

[0057] 마르코프 부트스트랩은 균일한 정상 분포 시계열에서 주로 사용하는 샘플링 방식이다. 교통 혼잡 상황에서는 사고 이후 속도가 급격하게 떨어지는 데이터를 다루게 된다. 차량 속도가 급격하게 떨어지는 추세는 정체 상황에서 중요한 정보이기 때문에 본 실시예에서는 데이터의 추세를 그대로 유지하는 새로운 형태의 샘플링 기술을 제안한다.

[0058] 프로세서(220)는 새로운 샘플링 방법론으로서 길이 L의 정체 속도 데이터 $\{X_t\}_{t=1}^L$ 을 추세(trend, T)와 잔차(residual, R)로 분해한다.

[0059] [수학식 1]

$$\forall t, X_t = T_t + R_t = \frac{1}{m} \sum_{j=0}^{m-1} X_{t-j} + R_t$$

[0060]

[0061] 여기서, X_t 는 한 도로 구간(road segment)에 대해 길이가 L인 속도 시계열 데이터를 나타낸다. 프로세서(220)

는 속도 시계열 데이터 X_t 를 추세 T_t 와 나머지 잔차 R_t 로 분해할 수 있다.

[0062] 추세는 m차 이동 평균을 이용하여 구할 수 있으며, 수학식 2와 같이 이전 m 시점의 데이터 평균을 나타낸다.

[0063] [수학식 2]

$$T_t = \frac{1}{m} \sum_{j=0}^{m-1} X_{t-j}$$

[0064]

[0065] 분해된 잔차 데이터는 마르코프 성질을 가진다고 가정한다. 도 6에 도시한 바와 같이, 잔차 R_t 에 마르코프 부

트스트랩을 적용하여 새로운 B개의 잔차 R_t^* 를 생성할 수 있다. 다음, 새로 생성된 잔차 R_t^* 를 추세 T_t 와 더하여

B개의 리샘플링 데이터 X_t^* 를 생성할 수 있고 이를 도로 정체의 전파 지연 시간 예측에 활용할 수 있다.

[0066] [수학식 3]

$$X_t^{*(b)} = T_t + R_t^{*(b)}, \quad b = 1, 2, \dots, B$$

[0067]

[0068] 부트스트랩 샘플링 방식을 설명하고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 속도 데이터 X_t 와 유사한 시계열 데이

터 X_t^* 를 생성할 수 있는 리샘플링 방식이라면 얼마든지 적용 가능하다.

[0069] 속도 데이터 Y_t 에 대해서도 위와 동일한 방식으로 속도 데이터 Y_t 와 유사한 시계열 데이터 Y_t^* 를 생성할 수 있다.

[0070] 다시 도 4를 참조하면, 단계(S420)에서 프로세서(220)는 비선형 정규화를 통해 단계(S410)에서 생성된 샘플 데이터 쌍을 전처리할 수 있다.

[0071] 프로세서(220)는 데이터 전처리 과정 중 하나로 비선형 정규화 과정을 적용할 수 있다. 실제 주행 속도나 교통량 데이터는 노이즈가 굉장히 많고, 이러한 노이즈에 대해 전송 엔트로피 값이 민감하게 반응하기 때문에 각 변수 사이의 상관관계가 분명히 존재하는 경우에도 결과가 잘 나타나지 않는 케이스가 존재한다. 따라서, 데이터 전처리를 통해 노이즈를 줄이면 성능을 크게 향상되는 것을 확인할 수 있다. 각 도로의 유형마다 제한 속도와 평균 주행 속도가 다르고, 정체로 인한 속도 감소의 폭도 다르기 때문에 이러한 분포를 일정하게 만들 수 있는 정규화 과정이 필요하다.

[0072] 일례로, 프로세서(220)는 속도 분포의 누적 분포함수를 이용하여 샘플 데이터 쌍을 정규화할 수 있다.

[0073] [수학식 4]

$$\widetilde{X_t^{*(b)}} = \Phi(0.5 \times \frac{X_t^{*(b)} - F_{50,t}}{F_{75,t} - F_{25,t}})$$

[0074]

[0075] 여기서, $X_t^{*(b)}$ 는 단계(S410)에서 생성된 초기 샘플 데이터이며, $F_{25,t}, F_{50,t}, F_{75,t}$ 는 각각 t시점까지 $X_t^{*(b)}$ 의 25%,

50%, 75% 분위 수 값이다. $\Phi(\cdot)$ 는 누적 분포함수를 나타내며, 수학식 4를 통해 계산된 $\widetilde{X_t^{*(b)}}$ 가 정규화 과정을 거친 최종 샘플 데이터를 의미한다.

[0076] 실시예에 따라서는 제트 스코어(z-score)나 최소-최대(min-max) 정규화 등 다른 정규화 기법을 적용할 수 있다.

[0077] 데이터 전처리 과정에서 정규화 이외에도 전송 엔트로피를 계산하기 위해서는 연속적인 데이터를 이산 데이터로 변환하는 인코딩 과정이 필요하다. 예를 들어, 프로세서(220)는 샘플 데이터의 분포에 대해 5%, 95% 분위 수를 기준으로 5% 분위수보다 낮은 경우 0, 5% 분위수와 95% 분위수 사이의 값은 1, 그리고 95% 분위수보다 큰 값은 2로, 총 3단계로 인코딩을 진행할 수 있다.

[0078] 단계(S430)에서 프로세서(220)는 전처리된 샘플 데이터 쌍 각각에 대하여 전송 엔트로피를 이용한 인과관계를 기반으로 데이터 간의 시간 간격을 예측할 수 있다.

[0079] 전송 엔트로피는 샤넌 엔트로피(Shannon entropy)를 기초로 하며 두 이산 변수 사이에서 정보의 흐름 방향을 측정하고 인과관계를 분석하는 방법이다.

[0080] 두 시계열 데이터 X, Y가 있을 때, 전송 엔트로피는 특정 t시점의 Y 값이 Y의 이전 값보다 X의 이전 값으로 설명이 더 잘 된다면, X에서 Y 방향으로의 인과관계가 있다고 판단한다. 다시 말해, X에서 Y 방향으로의 전송 엔트로피 값이 크다면, 이는 X에서 Y로 전달되는 정보의 흐름이 많다고 볼 수 있고, 따라서 동일한 방향으로 인과관계가 존재한다고 할 수 있다. 본 실시예에서는 한 도로에서 다른 도로로 정체가 전파되는 경우 두 속도 데이터 사이에 인과관계가 존재한다는 가정 하에서 전송 엔트로피를 적용할 수 있다.

[0081] 프로세서(220)는 도로 정체의 전파 지연시간 예측에 활용하기 위해 특정 시간 지연(Time Lag)에 따른 전송 엔트로피를 측정한다. 예를 들어, 사고가 발생한 A 도로의 속도 데이터를 X라 하고, A 도로로 진입하는 N 도로의 속도 데이터를 Y라 할 때, A 도로의 정체는 N 도로로 전파되는 양상을 보인다. 따라서, A 도로의 속도가 감소하는 시점으로부터 일정 시간 간격을 두고 N 도로의 속도가 감소하기 시작한다. 프로세서(220)는 A 도로의 속도와 N 도로의 속도 사이의 시간 간격을 인과관계를 기반으로 예측하여 각 유입 도로의 정체가 시작되는 시점을 추정하여 최적 경로 탐색 등에 활용하고자 한다.

[0082] 프로세서(220)는 1분부터 25분까지 임의로 정한 특정 시차(Time Lag)에 대해 X에서 Y로 가는 방향의 전송 엔트

로피를 계산한 후 가장 높은 엔트로피 값을 가지는 시간 간격 $\hat{u}$ 를 구한다. 일례로, 프로세서(220)는 적은 샘플로 인한 오차를 줄이기 위해 기본 전송 엔트로피가 아닌 유효 전송 엔트로피(Effective Transfer Entropy)를 사용한다. 이를 위해서는 연속적인 속도 데이터를 이산 데이터로 인코딩하는 과정이 필요하다. 일례로, 프로세서(220)는 속도 데이터의 분포에 대해 5%, 95% 분위 수를 기준으로 3단계로 인코딩을 진행한다. 인코딩된 속도 데이터는 값에 따라 0, 1, 또는 2로 나타낸 시계열 데이터가 될 것이다. 이렇게 인코딩된 X와 Y를 각각 J와 I

로 표현하고, 수학적식 5를 통해 데이터 간의 시간 간격 $\hat{u}$ 를 구한다.

[수학적식 5]

$$\hat{u} = \underset{u \in \mathbb{N}}{\operatorname{argmax}} ETE_{J \rightarrow I}^{(k,l)}(t, u), \quad \mathbb{N} = \{1, 2, \dots, 25\}$$

$ETE_{J \rightarrow I}^{(k,l)}(t, u)$ 는 단계(S420)의 전처리 과정을 거친 속도 데이터 J와 I가 있을 때, J에서 I 방향으로의 인과관계가 얼마나 큰지 유효 전송 엔트로피를 이용하여 구하는 수식을 나타낸다. 여기서, u를 1분부터 25분까지 변화

시키며 $ETE_{J \rightarrow I}$ 를 구하게 되고 이때, ETE 값이 가장 큰 u를 $\hat{u}$ 이라 한다. $\hat{u}$ 가 단계(S430)의 결과값이 되며, A

도로에서 N 도로로 정체가 전파될 때 $\hat{u}$ 분의 간격을 두고 정체 전파가 발생했다고 해석할 수 있다.

단계(S440)에서 프로세서(220)는 경로에 포함된 두 도로에 대해 생성된 복수 개의 샘플 데이터 쌍을 대상으로 시간 간격에 대한 통계적 추론을 통해 두 도로 사이의 정체 전파 지연 시간을 추정할 수 있다.

프로세서(220)는 샘플링을 통해 생성된 B개의 시계열 데이터 쌍에 대해서 전송 엔트로피를 이용한 예측 과정을

수행함으로써 B개의 예측값 $\{\hat{u}^{(1)}, \dots, \hat{u}^{(B)}\}$ 를 생성할 수 있다. 단계(S410)에서 B 개의 샘플 데이터를 생성함에

따라 각각 데이터 쌍에 대해 전송 엔트로피를 이용한 예측 과정을 거치면 예측 값 $\hat{u}^{(b)}$ 을 샘플 데이터 쌍의 개수

만큼(B개) 얻을 수 있다. 각 $\hat{u}^{(i)}$ 는 1분~25분 사이의 값을 가지게 되고 이 예측값들을 정체 전파 지연 시간에

대한 분포로 나타낼 수 있다. 그 후 통계적 추론을 이용하여 해당 샘플 데이터의 평균 $\hat{\mu}_B$ 과 분산 $\hat{\sigma}_B^2$ 을 구할 수 있다.

[수학적식 6]

$$\{\hat{u}^{(1)}, \dots, \hat{u}^{(B)}\} \sim \mathcal{G}$$

[수학적식 7]

$$\hat{\mu}_B = T_{\text{mean}}(\hat{\mathcal{G}}_B) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B u^{*(b)}$$

[0092] [수학식 8]

$$\hat{\sigma}_B^2 = T_{\text{var}}(\hat{\mathcal{G}}_B) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \left(u^{*(b)} \right)^2 - \hat{\mu}_B^2$$

[0093]

[0094] 여기서, $\hat{\mu}_B$ 는 예측값 $\hat{u}^{(1)}, \dots, \hat{u}^{(B)}$ 의 평균을 의미하고 $\hat{\sigma}_B^2$ 는 예측값 $\hat{u}^{(1)}, \dots, \hat{u}^{(B)}$ 의 분산을 의미한다.

[0095] 평균 $\hat{\mu}_B$ 를 A 도로에서 N 도로로의 정체 전파 지연 시간으로 추정한다. 또한, 분산 $\hat{\sigma}_B^2$ 은 예측에 대한 신뢰도로

정의한다. 만약 부트스트랩 분포의 분산이 작은 경우는 대부분의 부트스트랩 샘플에서 $\hat{\mu}_B$ 의 엔트로피 값이 매우 높게 나왔다는 것을 의미하고, 이 값은 신뢰할 수 있다. 한편, 분산이 매우 큰 경우에는 모든 시간 간격에 대해 엔트로피 값이 비슷하게 나왔기 때문에 A 도로와 N 도로 사이의 인과관계가 낮은 것으로 해석할 수 있다.

[0096] 따라서, 프로세서(220)는 주어진 시계열 데이터 쌍으로부터 샘플링을 통해 많은 수의 유사 데이터 쌍을 만든 후 정규화와 인코딩을 통해 이산 데이터로 변환할 수 있고, 유사 데이터 쌍에 대해 전송 엔트로피를 계산하여 전송 엔트로피 값이 가장 높은 시간 간격을 정체 전파 지연 시간으로 추정할 수 있다.

[0097] 요컨대, 프로세서(220)는 정보 이론의 하나인 전송 엔트로피를 응용하여 두 도로 사이의 인과관계를 분석하고 도로 네트워크에서의 정체 전파 패턴을 파악할 수 있다. 또한, 프로세서(220)는 시간 간격에 대한 전송 엔트로피를 이용하여 정체가 다른 도로로 전파되는데 걸리는 지연 시간을 예측할 수 있고, 예측 결과를 통해 한 도로에서 정체가 시작되었을 때 다른 유입 도로의 정체 시작 시점을 예측할 수 있다. 이때, 프로세서(220)는 데이터 잡음의 영향을 제거하고 정확한 정보 전달을 분석하기 위해서 비선형적인 데이터 정규화 방법을 이용할 수 있으며, 속도 시계열 데이터 특성에 적합한 샘플링 방식(일례로, 부트스트랩 샘플링 등)을 활용하여 지연 시간에 대한 통계적 추정 방법을 적용할 수 있다.

[0098] 도 7 내지 도 9는 본 발명의 일 실시예에 있어서 도로 네트워크에서의 정체 전파 지연 시간을 예측하는 과정을 설명하기 위한 예시 도면이다.

[0099] 도 7을 참조하면, 교통 사고로 인한 정체 상황을 가정하고 사고 도로 A를 기준으로 B부터 I까지 8개의 도로가 존재하고 A 도로로 유입 가능한 4개의 경로가 존재한다고 가정한다.

[0100] 정체가 시작된 A 도로에 대해 K홉까지의 유입 도로를 포함하는 부분 그래프를 만들 수 있다. 각 경로에서 순차적으로 K개의 유입 도로에 대해 A 도로와의 인과관계를 추정할 수 있다.

[0101] 예를 들어, 도 8에 도시한 바와 같이 4개의 유입 경로 중 I, F, D, A 도로를 포함하는 경로(K=3)에서 D 도로, F 도로, I 도로 각각에 대해 전송 엔트로피를 이용하여 A 도로와의 인과관계를 추정할 수 있다.

[0102] 두 도로의 속도 데이터 쌍에 대해 샘플링을 진행하기 때문에 도 9에 도시한 바와 같이 D 도로, F 도로, I 도로 각각에 대해 두 도로의 속도 사이의 시간 간격에 대한 분포를 얻을 수 있다. 이를 통해 예를 들어, D 도로, F 도로, I 도로에 대해 각각 8분, 15분, 20분이라는 정체 전파 지연 시간을 예측할 수 있다. 다시 말해, A 도로의 정체가 D 도로로 전파되기까지 걸리는 시간을 8분, F 도로로 전파되기까지 걸리는 시간을 15분, I 도로로 전파되기까지 걸리는 시간을 20분으로 추정할 수 있다.

[0103] 심각한 교통 혼잡 상황에서 정체의 전파 패턴을 파악하는 것은 경로 이동시간을 예측하고 가능한 우회 경로를 제공하는 데 필요한 매우 핵심적인 문제이다. 하지만 이러한 정체의 패턴을 모델링하는 것은 시간에 따른 변화뿐만 아니라 각 도로의 지리적인 특성과 날씨 등 다양한 변수를 고려해야 하기 때문에 어려운 문제이다. 또한, 한 도로에서 발생한 교통 체증은 인접한 유입 도로로 전파되기 때문에 시간, 공간적 정보를 모두 포함한 정체의 전파 예측 모델이 필요하다. 본 실시예에서는 정체가 다른 도로로 전파되는 패턴을 분석하고 이때 다른 도로의 정체가 시작되는 시점을 예측할 수 있다.

[0104] 정체 전파의 원인이 되는 루트 도로(root road)는 유입 도로(inflow road)와 선형적인 또는 비선형적인 인과관

계가 존재한다는 가정 하에 전송 엔트로피를 이용하여 두 도로의 속도 데이터 간의 인과관계를 정량적으로 표현할 수 있다.

[0105] 두 변수에 특정 시차를 주고 전송 엔트로피를 적용함으로써 정량적으로 계산된 값을 그대로 이용하는 것이 아닌, 인과관계가 가장 크다고 예상되는 지연 시차를 분석할 수 있다.

[0106] 정체 도로를 기준으로 K홉 내의 유입 도로를 포함하는 사고 지역의 네트워크를 생성한 후 모든 K홉 내 유입 도로에 대해 각각 분석하기 때문에 도로 네트워크의 지리적 형태와는 상관없이 모든 도로에 대해 정체 전과 지연 시간을 분석할 수 있다.

[0107] 원본 데이터로부터 생성된 샘플을 이용한 통계적 추정을 통해 지연 시간에 대한 정량적인 예측을 가능하다. 이때, 통계적 추정에 따른 평균은 각 유입 도로로 정체가 전파되는 지연 시각을 예측하는데 사용되고, 분산은 해당 통계적 추정에 대한 신뢰도로 해석할 수 있다. 또한, 속도 시계열 데이터에 전처리 과정으로 정규화를 적용함으로써 더욱 정확한 예측 결과를 얻을 수 있다.

[0108] 본 실시예에서는 기본적인 통계 방법론과 전송 엔트로피를 이용하여 정체 시작점을 기준으로 모든 주변 도로의 정체가 시작되는 시점을 예측할 수 있다. 이를 통해 내비게이션 서비스에서는 보다 정확한 경로 이동시간을 예측할 수 있으며, 적절한 상황에서 최적의 우회 도로를 결정할 수 있다. 또한, 교통사고나 도로 공사 등 불규칙적인 유고 상황에서 사고 정보에 대한 데이터 없이도 각 도로 사이의 인과관계만으로 정체가 전파되는 패턴을 파악할 수 있다.

[0109] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 어플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0110] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0111] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 이때, 매체는 컴퓨터로 실행 가능한 프로그램을 계속 저장하거나, 실행 또는 다운로드를 위해 임시 저장하는 것일 수도 있다. 또한, 매체는 단일 또는 수 개의 하드웨어가 결합된 형태의 다양한 기록수단 또는 저장수단일 수 있는데, 어떤 컴퓨터 시스템에 직접 접속되는 매체에 한정되지 않고, 네트워크 상에 분산 존재하는 것일 수도 있다. 매체의 예시로는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical medium), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등을 포함하여 프로그램 명령어가 저장되도록 구성된 것이 있을 수 있다. 또한, 다른 매체의 예시로, 어플리케이션을 유통하는 앱 스토어나 기타 다양한 소프트웨어를 공급 내지 유통하는 사이트, 서버 등에서 관리하는 기록매체 내지 저장매체도 들 수 있다.

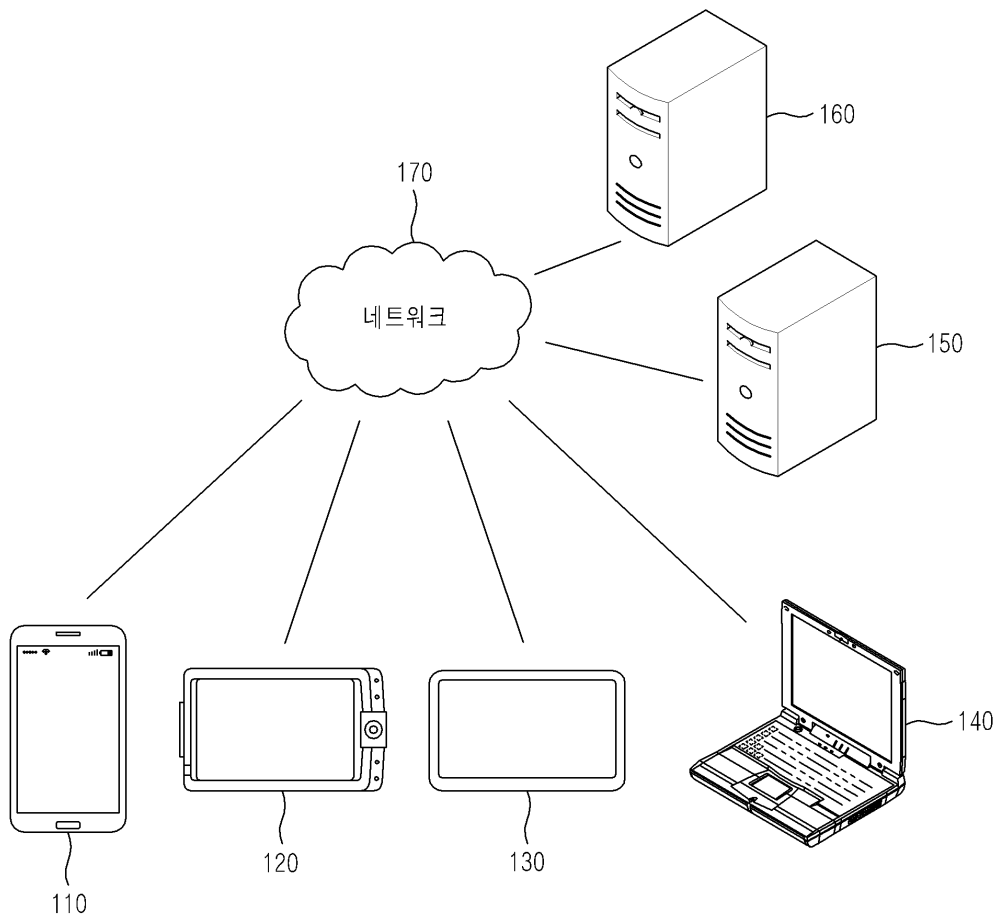
[0112] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태

로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

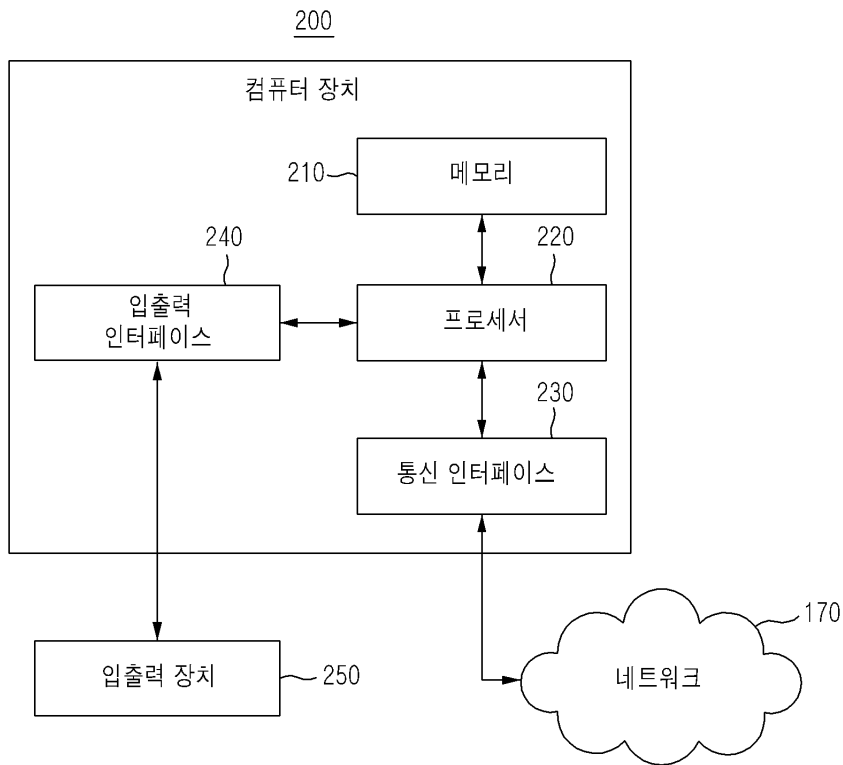
[0113] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

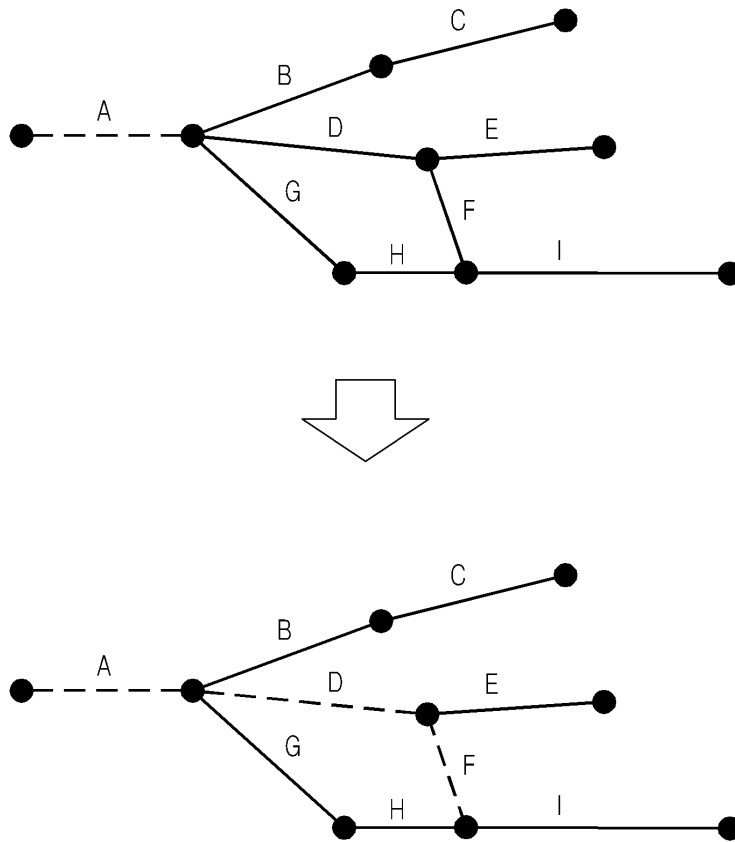
도면1



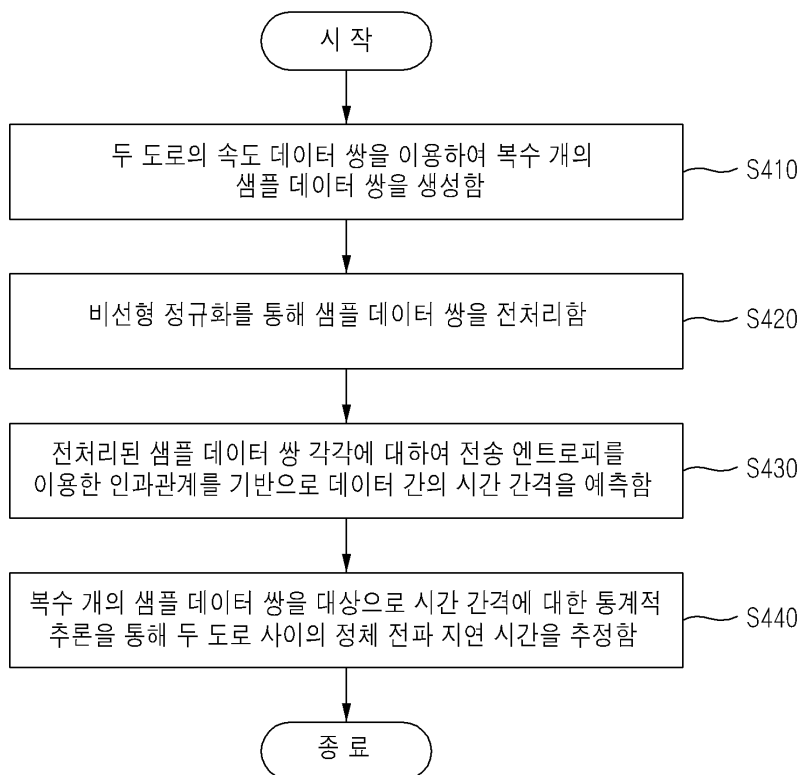
도면2



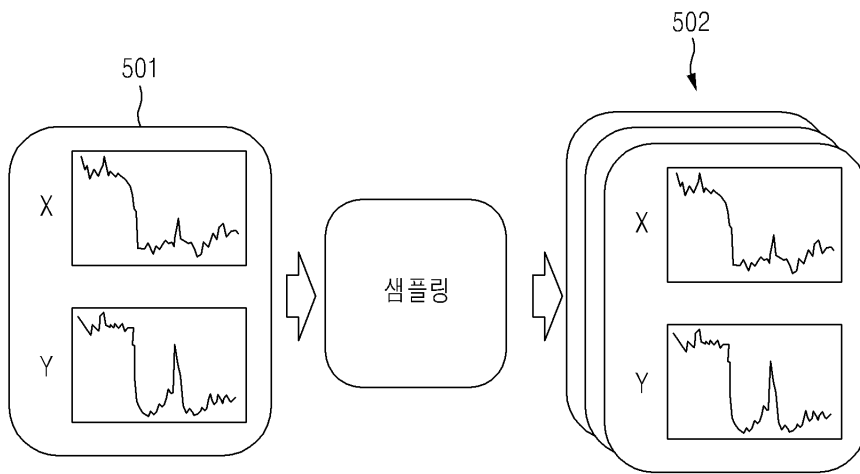
도면3



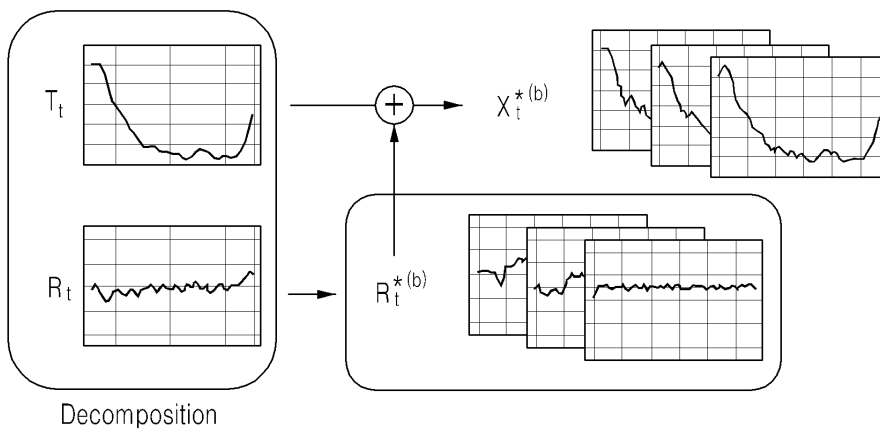
도면4



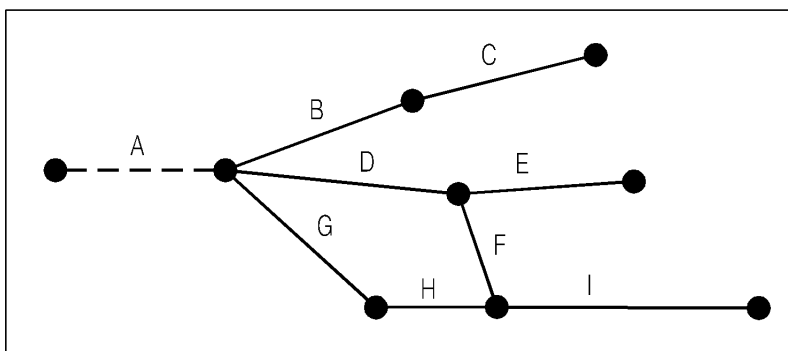
도면5



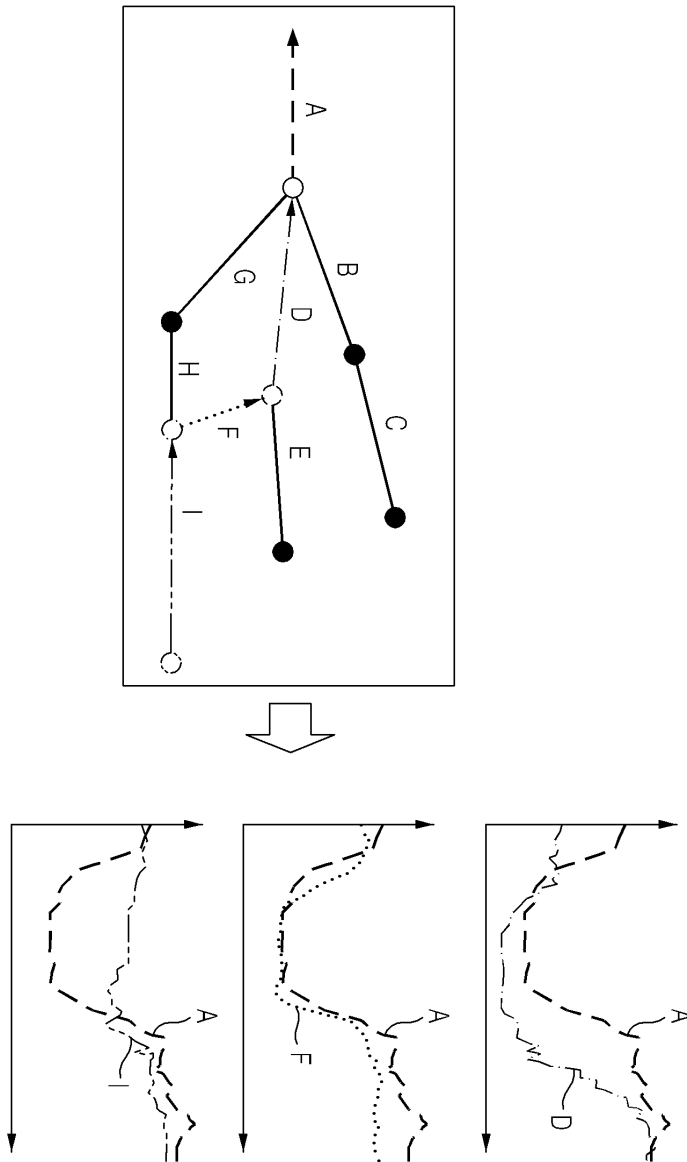
도면6



도면7



도면8



도면9

