

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2022 년 5 월 19 일 (19.05.2022)



(10) 국제공개번호

WO 2022/103012 A1

(51) 국제특허분류:

G06F 11/10 (2006.01)

G06N 3/08 (2006.01)

G06F 11/16 (2006.01)

덕양구 서삼릉길 345, 201호, Gyeonggi-do (KR). 차채연 (CHA, Chae Yeon); 05770 서울시 송파구 오금로 432, 2동 806호, Seoul (KR).

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2021/014824

(74) 대리인: 특허법인 무한 (MUHANN PATENT & LAW FIRM); 06144 서울시 강남구 언주로 560, 8층 (역삼동, 화물재단빌딩), Seoul (KR).

(22) 국제출원일:

2021 년 10 월 21 일 (21.10.2021)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2020-0152145 2020 년 11 월 13 일 (13.11.2020) KR

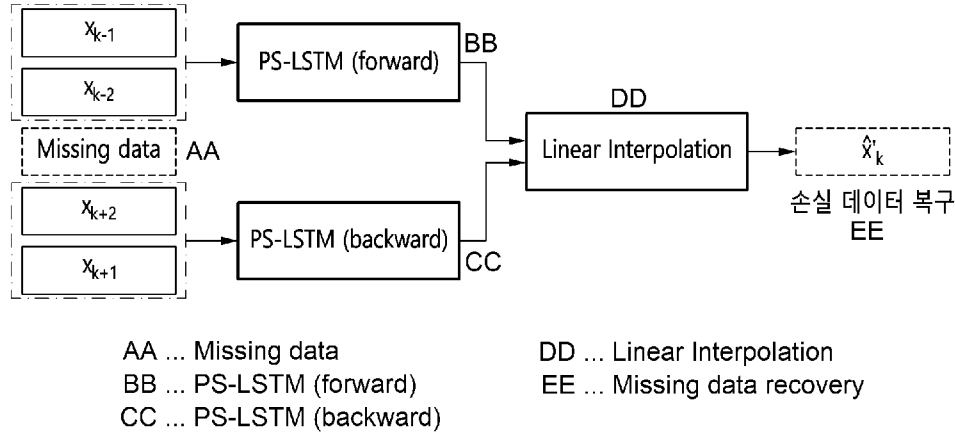
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(71) 출원인: 이화여자대학교 산학협력단 (EWH A UNIVERSITY - INDUSTRY COLLABORATION FOUNDATION) [KR/KR]; 03760 서울시 서대문구 이화여대길 52, Seoul (KR).

(72) 발명자: 박형곤 (PARK, Hyung Gon); 10416 경기도 고양시 일산동구 강송로 156, 216동 1001호, Gyeonggi-do (KR). 권정민 (KWON, Jung Min); 10559 경기도 고양시

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR RECOVERING MISSING DATA BY USING PARAMETER TRANSFER LSTM

(54) 발명의 명칭: 파라미터 전이 LSTM을 이용한 손실 데이터 복구 방법 및 장치



(57) Abstract: Disclosed are a method and a device for recovering missing data by using parameter transfer long short-term memory (LSTM). The method for recovering missing data may comprise the steps of: receiving N number of forward data sets and N number of backward data sets corresponding to an earlier space and a later space for missing data in a specific space; using the N number of forward data sets and the N number of backward data sets to train individual LSTM layers arranged in a spatial order, thereby generating a first trained LSTM layer for the N number of forward data sets and a second trained LSTM layer for the N number of backward data sets; extracting forward prediction data and backward prediction data for the specific space, respectively, by using the generated first trained LSTM layer and second trained LSTM layer; and recovering missing data for the specific space on the basis of the correlation between the forward prediction data and the backward prediction data.

(57) 요약서: 파라미터 전이 LSTM을 이용한 손실 데이터 복구 방법 및 장치가 개시된다. 손실 데이터 복구 방법은 특정 공간의 손실 데이터에 대한 이전 공간 및 이후 공간에 대응하는 N 개의 순방향 데이터 셋들 및 N 개의 역방향 데이터 셋들을 수신하는 단계; 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들 및 N 개의 역방향 데이터 셋들을 이용하여 공간 순서에 따라 배치된 개별 LSTM(Long Short-Term Memory) 레이어들을 학습함으로써 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 훈련 LSTM 레이어 및 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 훈련 LSTM 레이어를 생성하는 단계; 상기 생성된 제1 훈련 LSTM 레이어 및 제2 훈련 LSTM 레이어를 이용하여 상기 특정 공간에 대한 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터를 각각 추출하는 단계; 및 상기 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터의 상관도에 기초하여 상기 특정 공간에 대한 손실 데이터를 복구하는 단계를 포함할 수 있다.



(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 파라미터 전이 LSTM을 이용한 손실 데이터 복구 방법 및 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 파라미터 전이 LSTM(Long Short-Term Memory)을 이용한 손실 데이터 복구 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 클라우드 서버, 로컬 서버, 주변 기지국(Road Side Unit, RSU) 및 차량 단말기(On-Board Unit, OBU)로 구성된 V2I(Vehicle to Infrastructure) 네트워크 환경에서, RSU의 기계적 고장으로 인하여 데이터의 수집이 불가능한 경우, 해당 RSU 구간에 대한 시공간 데이터를 복구하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 지능형 교통 시스템(Intelligent Transport Systems, ITS)은 스마트 시티의 혁신적 발전과 교통 시스템의 효과적인 관리가 가능하여 주목을 받고 있다. ITS 기술은 다양한 소스로부터 다양한 교통 정보를 적극적으로 수집할 수 있으며, 이를 통해 서비스 제공 업체가 차량 및 도로 유지 보수, 장기 및 단기 교통 관리, 도로 안전, 편의 서비스와 같은 데이터 기반 서비스를 제공할 수 있는 기반이 되었다. 서비스 제공 업체의 경우 예기치 않은 네트워크 오작동이 발생하더라도 차량에 원활한 서비스를 지원하는 것이 가장 중요한 목표이다. 이를 위해 이러한 네트워크 오작동 또는 네트워크 장애로 인해 누락된 데이터의 대치는 원활한 데이터 기반 서비스를 제공하는 데 필수적인 역할을 할 수 있다.
- [3] 그러나 동적이고, 복잡하며, 확률적 특성을 가지는 트래픽으로 인해 차량에서 누락된 데이터를 인프라(V2I) 네트워크로 복구하는 것은 어려울 수 있다. RSU에서 수집된 교통 데이터는 시간과 위치(즉, 시공간 영역)에 따라 변하기 때문에 데이터 복구 성능은 환경 변화에 크게 좌우되므로 미리 결정된 모델이나 알고리즘을 사용하기 어려운 문제가 있다.
- [4] 게다가 데이터 복구의 효율성을 고려하면 문제가 더욱 어려워질 수 있다. 일례로, 대용량 데이터를 처리해야 하는 경우 누락된 데이터를 복구하는 데 필요한 시간이 길어 필요할 때 복구된 데이터를 사용하지 못할 수 있다. 따라서 데이터 복구 성능을 저하시키지 않으면서 데이터 복구에 필요한 시간을 줄일 수 있는 효율적인 알고리즘이 요구되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 본 발명은 학습된 LSTM 레이어의 파라미터를 다음 레이어로 전이하여 초기 파라미터 값을 기존에 학습된 데이터의 파라미터로 사용함으로써 전체 데이터를 학습하는데 요구되는 계산량을 감소시키는 손실 데이터 복구 방법 및 장치를 제공한다.

과제 해결 수단

- [6] 본 발명의 일실시예에 따른 손실 데이터 복구 방법은 특정 공간의 손실 데이터에 대한 이전 공간 및 이후 공간에 대응하는 N 개의 순방향 데이터 셋들 및 N 개의 역방향 데이터 셋들을 수신하는 단계; 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들 및 N 개의 역방향 데이터 셋들을 이용하여 공간 순서에 따라 배치된 개별 LSTM(Long Short-Term Memory) 레이어들을 학습함으로써 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 훈련 LSTM 레이어 및 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 훈련 LSTM 레이어를 생성하는 단계; 상기 생성된 제1 훈련 LSTM 레이어 및 제2 훈련 LSTM 레이어를 이용하여 상기 특정 공간에 대한 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터를 각각 추출하는 단계; 및 상기 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터의 상관도에 기초하여 상기 특정 공간에 대한 손실 데이터를 복구하는 단계를 포함할 수 있다.
- [7] 상기 생성하는 단계는 시계열 데이터로 구성된 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들 중 첫번째 순방향 데이터 셋을 이용하여 제1 LSTM 레이어를 시간에 따라 학습하는 단계; 및 상기 첫번째 순방향 데이터 셋 이후의 순방향 데이터 셋들 각각에 대해 이전 LSTM 레이어를 통해 학습된 파라미터를 적용하여 해당 순방향 데이터 셋들 각각에 대응하는 제2 LSTM 레이어들을 차례대로 학습함으로써 상기 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 훈련 LSTM 레이어를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [8] 상기 생성하는 단계는 시계열 데이터로 구성된 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들 중 첫번째 역방향 데이터 셋을 이용하여 제3 LSTM 레이어를 시간에 따라 학습하는 단계; 및 상기 첫번째 역방향 데이터 셋 이후의 역방향 데이터 셋들 각각에 대해 이전 LSTM 레이어를 통해 학습된 파라미터를 적용하여 해당 역방향 데이터 셋들 각각에 대응하는 제4 LSTM 레이어들을 차례대로 학습함으로써 상기 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 훈련 LSTM 레이어를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [9] 상기 추출하는 단계는 상기 생성된 제1 훈련 LSTM 레이어 및 제2 훈련 LSTM 레이어에 상기 특정 공간의 직전 공간에 대응하는 순방향 데이터 셋 및 직후 공간에 대응하는 역방향 데이터 셋을 각각 입력함으로써 상기 특정 공간에 대한 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터를 추출할 수 있다.
- [10] 상기 복구하는 단계는 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 상관 계수 및 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 상관 계수를 이용하여 가중치를 계산하는 단계; 및 상기 계산된 가중치를 상기 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터에 적용함으로써 상기 특정 공간에 대한 손실 데이터를 복구하는 단계를 포함할 수 있다.
- [11] 상기 가중치는 상기 제1 상관 계수 및 제2 상관 계수의 비율을 통해 계산될 수 있다.

- [12] 상기 생성하는 단계는 평균 제곱 오차(mean squared error, MSE)에 대응하는 손실함수를 이용하여 상기 개별 LSTM 레이어들 각각의 파라미터를 업데이트 할 수 있다.
- [13] 본 발명의 일실시예에 따른 손실 데이터 복구 장치는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는 특정 공간의 손실 데이터에 대한 이전 공간 및 이후 공간에 대응하는 N 개의 순방향 데이터 셋들 및 N 개의 역방향 데이터 셋들을 수신하고, 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들 및 N 개의 역방향 데이터 셋들을 이용하여 공간 순서에 따라 배치된 개별 LSTM(Long Short-Term Memory) 레이어들을 학습함으로써 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 훈련 LSTM 레이어 및 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 훈련 LSTM 레이어를 생성하며, 상기 생성된 제1 훈련 LSTM 레이어 및 제2 훈련 LSTM 레이어를 이용하여 상기 특정 공간에 대한 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터를 각각 추출하고, 상기 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터의 상관도에 기초하여 결정된 결측 값을 상기 특정 공간에 대한 손실 데이터를 복구할 수 있다.
- [14] 상기 프로세서는 시계열 데이터로 구성된 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들 중 첫번째 순방향 데이터 셋을 이용하여 제1 LSTM 레이어를 시간에 따라 학습하고, 상기 첫번째 순방향 데이터 셋 이후의 순방향 데이터 셋들 각각에 대해 이전 LSTM 레이어를 통해 학습된 파라미터를 적용하여 해당 순방향 데이터 셋들 각각에 대응하는 제2 LSTM 레이어들을 차례대로 학습함으로써 상기 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 훈련 LSTM 레이어를 생성할 수 있다.
- [15] 상기 프로세서는 시계열 데이터로 구성된 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들 중 첫번째 역방향 데이터 셋을 이용하여 제3 LSTM 레이어를 시간에 따라 학습하고, 상기 첫번째 역방향 데이터 셋 이후의 역방향 데이터 셋들 각각에 대해 이전 LSTM 레이어를 통해 학습된 파라미터를 적용하여 해당 역방향 데이터 셋들 각각에 대응하는 제4 LSTM 레이어들을 차례대로 학습함으로써 상기 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 훈련 LSTM 레이어를 생성할 수 있다.
- [16] 상기 프로세서는 상기 생성된 제1 훈련 LSTM 레이어 및 제2 훈련 LSTM 레이어에 상기 특정 공간의 직전 공간에 대응하는 순방향 데이터 셋 및 직후 공간에 대응하는 역방향 데이터 셋을 각각 입력함으로써 상기 특정 공간에 대한 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터를 추출할 수 있다.
- [17] 상기 프로세서는 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 상관 계수 및 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 상관 계수를 이용하여 가중치를 계산하고, 상기 계산된 가중치를 상기 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터에 적용함으로써 상기 특정 공간에 대한 손실 데이터를 복구할 수 있다.
- [18] 상기 가중치는 상기 제1 상관 계수 및 제2 상관 계수의 비율을 통해 계산될 수 있다.
- [19] 상기 프로세서는 평균 제곱 오차(mean squared error, MSE)에 대응하는 손실함수를 이용하여 상기 개별 LSTM 레이어들 각각의 파라미터를 업데이트 할

수 있다.

발명의 효과

- [20] 본 발명은 학습된 LSTM 레이어의 파라미터를 다음 레이어로 전이하여 초기 파라미터 값을 기존에 학습된 데이터의 파라미터로 사용함으로써 전체 데이터를 학습하는데 요구되는 계산량을 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [21] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 V2I 네트워크의 구조를 도시한 도면이다.
 [22] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 RSU 장애 시나리오 및 데이터 복구의 예를 도시한 도면이다.
 [23] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 파라미터 전이 LSTM 네트워크를 이용한 손실 데이터 복구 알고리즘의 전체도를 나타낸 도면이다.
 [24] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 순방향 예측 데이터의 계산 방법을 나타낸 도면이다.
 [25] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 선형 보간 방법을 나타낸 도면이다.
 [26] 도 6a 내지 도 6e는 본 발명의 일실시예에 따른 LSTM 네트워크의 파라미터를 설명한 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [27] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
 [28] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 V2I 네트워크의 구조를 도시한 도면이다.
 [29] 도 1을 참고하면, V2I 네트워크(100)는 클라우드 서버(110), 로컬 서버(120), 주변 기지국(Road Side Unit, RSU)(130) 및 차량 단말기(On-Board Unit, OBU)(140)로 구성될 수 있다. 먼저, RSU(130)는 OBU(140)에서 수집된 교통 데이터를 로컬 서버(120)를 통해 클라우드 서버(110)에 업로드 할 수 있다. 마찬가지로 클라우드 서버(110)는 로컬 서버(120)와 RSU(130)에서 업로드된 교통 데이터를 사용하여 OBU(140)에 V2I 서비스를 제공할 수 있다. 본 발명의 V2I 네트워크(100)는 OBU(140)에서 최근 관측 한 교통 데이터의 일부를 저장할 수 있도록 로컬 서버(120)의 저장 공간이 제한적이라고 가정한다.
 [30] 도 1을 참고하면, 각각의 OBU(140)는 이동할 때 RSU(130)와 동적으로 연결되고, 각 RSU(130)는 로컬 서버(120)에 연결될 수 있다. r_k ($k \in K$)로 표시된 RSU(K 는 RSU의 인덱스 세트)(131)에는 인접한 RSU들($r_{k-N}, \dots, r_{k-1}, r_{k+1}, \dots, r_{k+N}$)이 존재할 수 있다. RSU(131)는 특정 방향으로 이동하는 OBU(140)들의 교통 데이터를 수집할 수 있는데, 이때 수집된 교통 데이터는 $\mathbf{x}_k = [x_k(1), \dots, x_k(L)]$ 로 표시될 수 있으며, OBU(140)들의 평균 교통 속도를 나타낼 수 있다. 이때, $x_k(t) \in \mathbb{R}$ 는

시간 t 에서의 속도 데이터이고, L 은 데이터 길이를 나타낸다. 인접한 RSU들은 고정된 거리에 배치되기 때문에 RSU(131)를 포함하여 인접한 RSU들을 통해 수집된 교통 데이터들($\mathbf{x}_{k-N}, \dots, \mathbf{x}_{k+N}$)은 시간 및 공간적으로 상관 관계가 있을 수 있다.

[31]

[32] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 RSU 장애 시나리오 및 데이터 복구의 예를 도시한 도면이다.

[33] 도 2의 (a)를 참고하면, RSU(131)에 일시적으로 장애가 발생하여 로컬 서버(120)가 장애가 발생한 RSU(131)에서 수집된 OBU(140)들의 교통 데이터를 클라우드 서버(110)에 제공할 수 없는 시나리오를 고려할 수 있다. RSU(131)에서 누락된 교통 데이터는 본 발명에서 제공하는 손실 데이터 복구 방법을 통해 복구될 수 있다. 이러한 손실 데이터 복구 방법은 로컬 서버(120)에 의해 수행될 수 있다.

[34] 먼저, $\mathbf{x}_k$ 를 장애가 발생한 RSU(131)의 손실된 교통 데이터라고 가정하자. RSU(130)들 각각에서 수집된 교통 데이터는 시간적, 공간적으로 상관 관계가 있으므로, RSU(131)에서 손실된 교통 데이터 $\mathbf{x}_k$ 는 인접한 RSU들의 교통 데이터를 사용하여 복구될 수 있다.

[35] 이를 위해 로컬 서버(120)는 도 2의 (b)와 같이 장애가 발생한 RSU(131)의 전후에 위치한 $2N$ 개의 인접 RSU들에서 수집된 교통 데이터 (i.e., $\mathbf{x}_{k-N}, \dots, \mathbf{x}_{k-1}, \mathbf{x}_{k+1}, \dots, \mathbf{x}_{k+N}$)를 이용하여 RSU(131)의 교통 데이터 $\mathbf{x}_k$ 를 복구할 수 있다.

[36] 함수 $f: \mathbb{R}^{2N \times L} \rightarrow \mathbb{R}^{1 \times L}$ 및 $f': \mathbb{R}^{2N \times L} \rightarrow \mathbb{R}^{1 \times L}$ 각각은 일반적인

LSTM 네트워크를 이용한 손실 데이터 복구 알고리즘 및 본 발명에서 제공하는 파라미터 전이 LSTM 네트워크를 이용한 손실 데이터 복구 알고리즘을 나타낸다. 해당 손실 데이터 복구 알고리즘들을 통해 복구된 교통 데이터

$\hat{\mathbf{x}}_k = [\hat{x}_k(1), \dots, \hat{x}_k(L)]$ 및 $\hat{\mathbf{x}}'_k = [\hat{x}'_k(1), \dots, \hat{x}'_k(L)]$ 는 아래의 식 1과 같이 표현될 수 있다.

[37]

<식 1>

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{x}}_k &= f(\mathbf{x}_{k-N}, \dots, \mathbf{x}_{k-1}, \mathbf{x}_{k+1}, \dots, \mathbf{x}_{k+N}), \\ \hat{\mathbf{x}}'_k &= f'(\mathbf{x}_{k-N}, \dots, \mathbf{x}_{k-1}, \mathbf{x}_{k+1}, \dots, \mathbf{x}_{k+N}).\end{aligned}$$

[38] 본 발명에서 제공하는 파라미터 전이 LSTM 네트워크를 이용한 손실 데이터 복구 알고리즘은 일반적인 LSTM 네트워크를 이용한 손실 데이터 복구 알고리즘에 비해 성능 편차는 적으면서 손실 데이터 복구에 대한 학습 및 대처

시간을 줄이는 방법을 제공할 수 있다. 이때, 성능 측정 파라미터
 $e : \mathbb{R}^{2 \times L} \rightarrow \mathbb{R}$ 와 최대 성능 편차 파라미터 ϵ 가 주어지면 본 발명의

파라미터 전이 LSTM 네트워크를 이용한 손실 데이터 복구 알고리즘은 아래의
 식 2와 같은 제약 조건을 이용함으로써 복구된 교통 데이터 $\hat{\mathbf{x}}'_k$ 를 계산하는 데

필요한 훈련 및 복구 시간 T를 줄일 수 있다.

[39] <식 2>

$$|e(\hat{\mathbf{x}}'_k, \mathbf{x}_k) - e(\hat{\mathbf{x}}_k, \mathbf{x}_k)| \leq \epsilon$$

[40] 본 발명에서는 성능 측정 파라미터 $e(\hat{\mathbf{x}}'_k, \mathbf{x}_k)$ 로 아래의 식 3과 같이 평균

제곱근 편차(Root Mean Square Error, RMSE)를 사용할 수 있다.

[41] <식 3>

$$e(\hat{\mathbf{x}}'_k, \mathbf{x}_k) = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{j=1}^L (\hat{x}'_k(j) - x_k(j))^2}$$

[42] 따라서 본 발명의 로컬 서버(120)는 파라미터 전이 LSTM 네트워크를 이용한
 손실 데이터 복구 알고리즘을 이용하여 장애가 발생한 RSU(131) 구간의 교통
 데이터를 보다 안정적이고 효율적으로 클라우드 서버(110)로 제공할 수 있다.

[43]

[44] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 파라미터 전이 LSTM 네트워크를 이용한
 손실 데이터 복구 알고리즘의 전체도를 나타낸 도면이다.

[45] 도 3을 참고하면, 본 발명의 파라미터 전이 LSTM 네트워크를 이용한 손실
 데이터 복구 알고리즘은 장애가 발생한 RSU(131)에 인접한 RSU들에서 수신된
 2N 개의 데이터 셋들을 이용하여 RSU(131)에 대응하여 누락된 데이터 셋 $\mathbf{x}_k$ 를
 복구하는 방법을 제공할 수 있다.

[46] 먼저, 로컬 서버(120)는 장애가 발생한 RSU(131)의 전후에 위치한 2N 개의 인접
 RSU들에서 수집된 교통 데이터들 중 RSU(131)의 전에 위치한 N 개의 인접
 RSU들에서 수집된 교통 데이터, 즉 순방향 데이터 셋들을 이용하여 파라미터
 전이 LSTM 네트워크를 학습함으로써 RSU(131)에 대응하는 순방향 예측
 데이터를 계산할 수 있다.

[47] 그리고, 로컬 서버(120)는 장애가 발생한 RSU(131)의 전후에 위치한 2N 개의
 인접 RSU들에서 수집된 교통 데이터들 중 RSU(131)의 후에 위치한 N 개의 인접
 RSU들에서 수집된 교통 데이터, 즉 역방향 데이터 셋들을 이용하여 파라미터
 전이 LSTM 네트워크를 학습함으로써 RSU(131)에 대응하는 역방향 예측
 데이터를 계산할 수 있다.

[48] 이후 로컬 서버(120)는 계산된 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터를 이용하여 선형 보간(Linear Interpolation)을 수행함으로써 RSU(131)에 대응하는 교통 데이터 $\hat{\mathbf{x}}'_k$ 를 복구할 수 있다.

[49] 보다 자세한 예측 데이터 계산 방법 및 손실 데이터 복구 방법은 아래의 후속하는 도면을 통해 자세히 설명하도록 한다.

[50]

[51] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 순방향 예측 데이터의 계산 방법을 나타낸 도면이다.

[52] 본 발명에서 제공하는 파라미터 전이 LSTM 네트워크를 이용한 손실 데이터 복구 알고리즘은 연속하는 N 개의 LSTM 레이어를 기반으로 수행되며, 각각의 LSTM 레이어에서 학습된 파라미터는 다음 LSTM 레이어로 전이될 수 있다. 그리고, 각각의 LSTM 레이어는 공간 도메인에서 후속하는 RSU에 대한 교통 데이터를 예측할 수 있다.

[53] 일례로, 로컬 서버(120)는 l 번째 LSTM 레이어에서 순방향 예측 데이터 $\mathbf{x}_{k-(N-l)}$ 를 계산하기 위하여 입력 데이터로 $\mathbf{x}_{k-(N-l+1)}$ 를 사용할 수 있다.

이때, $f_t^{[l]}$, $i_t^{[l]}$, $c_t^{[l]}$, $o_t^{[l]}$ 및 $h_t^{[l]}$ 를 각각 시간 t에서 잊혀진 게이트, 입력

게이트, 셀 상태, 출력 게이트, 순방향 예측 데이터를 계산하기 위한 l 번째 LSTM 레이어의 은닉 상태의 변수로 가정하자. 이때, 도 6a 내지 도 6e를 참고하면, 잊혀진 게이트($f_t^{[l]}$)는 이전 단계의 셀 상태(Cell state) 값을 얼마나 이용할지

또는 버릴지를 결정하는 파라미터이고, 입력 게이트($i_t^{[l]}$)는 입력 값 $\mathbf{x}_k$ 에서

$\tanh$ 를 태워 나온 새로운 특징(Feature)을 얼마나 반영할지를 결정하는 파라미터이다. 그리고, 셀 상태($c_t^{[l]}$)는 기억을 오랫동안 유지하기 위하여

사용되는 파라미터로 기존 특징에 새로운 특징을 계속 추가하는 방식으로 사용될 수 있다. 출력 게이트($o_t^{[l]}$)는 현재 단계의 출력을 이후 단계로 보낼 때

얼마나 반영할지를 결정하는 파라미터이고, 은닉 상태($h_t^{[l]}$)는 현재 단계의

출력이고, 다음 시간 단계로 넘기는 정보로서 다음 단계로 보낼 때 얼마나 반영할지를 결정하는 파라미터이다.

[54] 이를 식으로 나타내면 아래의 식 4와 같을 수 있다.

[55] <식 4>

$$\begin{aligned} f_t^{[l]} &= \sigma(W_f^{[l]} \cdot [h_{t-1}, x_{k-(N-l+1)}(t)] + b_f), \\ i_t^{[l]} &= \sigma(W_i^{[l]} \cdot [h_{t-1}, x_{k-(N-l+1)}(t)] + b_i), \\ c_t^{[l]} &= f_t^{[l]} * c_{t-1}^{[k]} + i_t^{[l]} * \tanh(W_c^{[l]}[h_{t-1}, x_{k-(N-l+1)}(t)] + b_i), \\ o_t^{[l]} &= \sigma(W_o^{[l]} \cdot [h_{t-1}, x_{k-(N-l+1)}(t)] + b_o), \\ h_t^{[l]} &= o_t^{[l]} * \tanh(c_t^{[l]}), \end{aligned}$$

[56] 여기서 $*$ 는 아다마르 곱(Hadamard product), $W_f^{[l]}$, $W_i^{[l]}$, $W_c^{[l]}$ 및 $W_o^{[l]}$ 는 게이트의 가중치 행렬, b_f , b_i 및 b_o 는 바이어스 벡터 파라미터, $\sigma(\cdot)$ 는

시그모이드(Sigmoid) 함수를 나타낸다. 이때, 각 LSTM 레이어에서 평균 제곱 오차(MSE)는 손실 함수로 사용되며 다음의 식 5와 같이 표현될 수 있다.

[57] <식 5>

$$J(\mathbf{x}_{k-(N-l)}, \mathbf{y}_l) = \frac{1}{L} \sum_{t=1}^L (x_{k+l}(t) - y_l(t))^2$$

[58] 여기서 $\mathbf{y}_l = [y_l(1), \dots, y_l(L)]$ 는 시간 t에서 l 번째 LSTM 레이어의

순방향 예측 데이터를 나타낸다. 이와 같은 LSTM 레이어의 학습 절차는 l 번째 역방향 LSTM 레이어에서 입력 데이터 $\mathbf{x}_{k+(N-l+1)}$ 를 이용하여 역방향 예측 데이터 $\mathbf{x}_{k+(N-l)}$ 을 계산하는 방법과 동일할 수 있다.

[59] 그리고, l 번째 LSTM 레이어를 통해 학습된 LSTM 네트워크의 파라미터는 가중치 행렬, 셀 상태 및 은닉 상태가 다음의 식 6과 같이 다음 LSTM 레이어로 전이될 수 있다.

[60] <식 6>

$$\begin{aligned} W_f^{[l+1]} &\leftarrow W_f^{[l]} \\ W_i^{[l+1]} &\leftarrow W_i^{[l]} \\ W_c^{[l+1]} &\leftarrow W_c^{[l]}, \quad c_0^{[l+1]} \leftarrow c_L^{[l]}, \quad \text{and} \quad h_0^{[l+1]} \leftarrow h_L^{[l]}. \\ W_o^{[l+1]} &\leftarrow W_o^{[l]} \end{aligned}$$

[61] 이와 같이 l 번째 LSTM 레이어에서 학습된 파라미터는 l+1 번째 LSTM 레이어로 전이되어 학습을 위한 초기 파라미터로 사용될 수 있다. 이와 같은 프로세스는 도 4와 같이 N-1 번째 LSTM 레이어까지 반복될 수 있으며,

마지막으로 학습된 N 번째 LSTM 레이어를 이용하여 장애가 발생한 RSU(131)의 순방향 예측 데이터를 계산할 수 있다.

- [62] 이와 같이 본 발명의 파라미터 전이 LSTM 네트워크를 이용한 손실 데이터 복구 알고리즘은 LSTM 레이어의 파라미터를 효율적으로 초기화 할 수 있으므로 시공간 교통 데이터의 일반적인 패턴을 특성화 하는 반복을 생략하여 계산 복잡성을 크게 줄일 수 있다.

[63]

- [64] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 선형 보간 방법을 나타낸 도면이다.

- [65] 도 5를 참고하면, 본 발명의 파라미터 전이 LSTM 네트워크를 이용한 손실 데이터 복구 알고리즘을 통해 각각 계산된 순방향 예측 데이터 $\mathbf{y}_N^-$ 및 역방향 예측 데이터 $\mathbf{y}_N^+$ 가 주어지면, 로컬 서버(120)는 효율적인 손실 데이터 복구를 위한 공간 상관을 이용하여 두 예측 데이터 $\mathbf{y}_N^-$ 및 $\mathbf{y}_N^+$ 간의 선형 보간을 수행할 수 있다. 그리고, 로컬 서버(120)는 이와 같은 선형 보간을 통해 장애가 발생한 RSU(131)의 손실된 교통 데이터 $\mathbf{x}_k$ 를 $\hat{\mathbf{x}}'_k$ 로 복구할 수 있다.

- [66] 이를 위해 로컬 서버(120)는 ρ_- 와 ρ_+ 를 아래의 식 7과 같이 순방향 예측 데이터 셋 및 역방향 예측 데이터 셋의 평균 공간 상관 계수로 지정할 수 있다.

- [67] <식 7>

$$\rho_- = \frac{1}{N-1} \sum_{l=1}^{N-1} \rho(\mathbf{x}_{k-l}, \mathbf{x}_{k-l-1}) \quad \text{and} \quad \rho_+ = \frac{1}{N-1} \sum_{l=1}^{N-1} \rho(\mathbf{x}_{k+l}, \mathbf{x}_{k+l+1})$$

- [68] 여기서

$$\rho(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_{i+1}) = \frac{\sum_{j=1}^L (x_i(j) - \bar{\mathbf{x}}_i)(x_{i+1}(j) - \bar{\mathbf{x}}_{i+1})}{\sqrt{\sum_{j=1}^L (x_i(j) - \bar{\mathbf{x}}_i)^2 \sum_{j=1}^L (x_{i+1}(j) - \bar{\mathbf{x}}_{i+1})^2}}$$

이고, $\bar{\mathbf{x}}_i = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L x_i(j)$ 이다.

- [69] 이후 로컬 서버(120)는 아래의 식 8을 통한 $\mathbf{y}_N^-$ 및 $\mathbf{y}_N^+$ 의 선형 보간을 통해 복구된 교통 데이터 $\hat{\mathbf{x}}'_k$ 를 획득할 수 있다.

[70]

<식 8>

$$\hat{\mathbf{x}}'_k = (1 - \alpha) \mathbf{y}_N^- + \alpha \mathbf{y}_N^+$$

- [71] 이때, 로컬 서버(120)는 평균 공간 상관 계수 ρ_- 및 ρ_+ 에 의해 계산된 가중치

[72] $\alpha = \frac{\rho_-}{\rho_- + \rho_+}$ 을 사용하여 교통 데이터 $\hat{\mathbf{x}}'_k$ 를 복구할 수 있다.

[73]

[74] 한편, 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성되어 마그네틱 저장매체, 광학적 판독매체, 디지털 저장매체 등 다양한 기록 매체로도 구현될 수 있다.

[75] 본 명세서에 설명된 각종 기술들의 구현들은 디지털 전자 회로조직으로, 또는 컴퓨터 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어로, 또는 그들의 조합들로 구현될 수 있다. 구현들은 데이터 처리 장치, 예를 들어 프로그램가능 프로세서, 컴퓨터, 또는 다수의 컴퓨터들의 동작에 의한 처리를 위해, 또는 이 동작을 제어하기 위해, 컴퓨터 프로그램 제품, 즉 정보 캐리어, 예를 들어 기계 판독가능 저장 장치(컴퓨터 판독가능 매체) 또는 전파 신호에서 유형적으로 구체화된 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수 있다. 상술한 컴퓨터 프로그램(들)과 같은 컴퓨터 프로그램은 컴파일된 또는 인터프리트된 언어들에 포함하는 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 기록될 수 있고, 독립형 프로그램으로서 또는 모듈, 구성요소, 서브루틴, 또는 컴퓨팅 환경에서의 사용에 적절한 다른 유닛으로서 포함하는 임의의 형태로 전개될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 하나의 사이트에서 하나의 컴퓨터 또는 다수의 컴퓨터들 상에서 처리되도록 또는 다수의 사이트들에 걸쳐 분배되고 통신 네트워크에 의해 상호 연결되도록 전개될 수 있다.

[76] 컴퓨터 프로그램의 처리에 적절한 프로세서들은 예로서, 범용 및 특수 목적 마이크로프로세서들 둘 다, 및 임의의 종류의 디지털 컴퓨터의 임의의 하나 이상의 프로세서들을 포함한다. 일반적으로, 프로세서는 판독 전용 메모리 또는 랜덤 액세스 메모리 또는 둘 다로부터 명령어들 및 데이터를 수신할 것이다. 컴퓨터의 요소들은 명령어들을 실행하는 적어도 하나의 프로세서 및 명령어들 및 데이터를 저장하는 하나 이상의 메모리 장치들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 컴퓨터는 데이터를 저장하는 하나 이상의 대량 저장 장치들, 예를 들어 자기, 자기-광 디스크들, 또는 광 디스크들을 포함할 수 있거나, 이것들로부터 데이터를 수신하거나 이것들에 데이터를 송신하거나 또는 양쪽으로 되도록 결합될 수도 있다. 컴퓨터 프로그램 명령어들 및 데이터를 구체화하는데 적절한 정보 캐리어들은 예로서 반도체 메모리 장치들, 예를 들어, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic Media), CD-ROM(Compact Disk Read Only Memory), DVD(Digital Video Disk)와 같은 광 기록 매체(Optical Media), 플롭티컬 디스크(Floptical Disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-Optical Media), 롬(ROM, Read Only Memory), 램(RAM, Random Access Memory), 플래시 메모리, EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM) 등을 포함한다. 프로세서 및 메모리는 특수 목적 논리 회로조직에 의해 보충되거나, 이에 포함될 수 있다.

- [77] 또한, 컴퓨터 관독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용매체일 수 있고, 컴퓨터 저장매체 및 전송매체를 모두 포함할 수 있다.
- [78] 본 명세서는 다수의 특정한 구현물의 세부사항들을 포함하지만, 이들은 어떠한 발명이나 청구 가능한 것의 범위에 대해서도 제한적인 것으로서 이해되어서는 안되며, 오히려 특정한 발명의 특정한 실시형태에 특유할 수 있는 특징들에 대한 설명으로서 이해되어야 한다. 개별적인 실시형태의 문맥에서 본 명세서에 기술된 특정한 특징들은 단일 실시형태에서 조합하여 구현될 수도 있다. 반대로, 단일 실시형태의 문맥에서 기술한 다양한 특징들 역시 개별적으로 혹은 어떠한 적절한 하위 조합으로도 복수의 실시형태에서 구현 가능하다. 나아가, 특징들이 특정한 조합으로 동작하고 초기에 그와 같이 청구된 바와 같이 묘사될 수 있지만, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 특징들은 일부 경우에 그 조합으로부터 배제될 수 있으며, 그 청구된 조합은 하위 조합이나 하위 조합의 변형물로 변경될 수 있다.
- [79] 마찬가지로, 특정한 순서로 도면에서 동작들을 묘사하고 있지만, 이는 바람직한 결과를 얻기 위하여 도시된 그 특정한 순서나 순차적인 순서대로 그러한 동작들을 수행하여야 한다거나 모든 도시된 동작들이 수행되어야 하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 특정한 경우, 멀티태스킹과 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 또한, 상술한 실시형태의 다양한 장치 컴포넌트의 분리는 그러한 분리를 모든 실시형태에서 요구하는 것으로 이해되어서는 안되며, 설명한 프로그램 컴포넌트와 장치들은 일반적으로 단일의 소프트웨어 제품으로 함께 통합되거나 다중 소프트웨어 제품에 패키징 될 수 있다는 점을 이해하여야 한다.
- [80] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 손실 데이터 복구 방법에 있어서,
 특정 공간의 손실 데이터에 대한 이전 공간 및 이후 공간에 대응하는 N 개의 순방향 데이터 셋들 및 N 개의 역방향 데이터 셋들을 수신하는 단계;
 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들 및 N 개의 역방향 데이터 셋들을 이용하여 공간 순서에 따라 배치된 개별 LSTM(Long Short-Term Memory) 레이어들을 학습함으로써 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 훈련 LSTM 레이어 및 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 훈련 LSTM 레이어를 생성하는 단계;
 상기 생성된 제1 훈련 LSTM 레이어 및 제2 훈련 LSTM 레이어를 이용하여 상기 특정 공간에 대한 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터를 각각 추출하는 단계; 및
 상기 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터의 상관도에 기초하여 상기 특정 공간에 대한 손실 데이터를 복구하는 단계를 포함하는 손실 데이터 복구 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 생성하는 단계는,
 시계열 데이터로 구성된 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들 중 첫번째 순방향 데이터 셋을 이용하여 제1 LSTM 레이어를 시간에 따라 학습하는 단계; 및
 상기 첫번째 순방향 데이터 셋 이후의 순방향 데이터 셋들 각각에 대해 이전 LSTM 레이어를 통해 학습된 파라미터를 적용하여 해당 순방향 데이터 셋들 각각에 대응하는 제2 LSTM 레이어들을 차례대로 학습함으로써 상기 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 훈련 LSTM 레이어를 생성하는 단계를 포함하는 손실 데이터 복구 방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 생성하는 단계는,
 시계열 데이터로 구성된 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들 중 첫번째 역방향 데이터 셋을 이용하여 제3 LSTM 레이어를 시간에 따라 학습하는 단계; 및
 상기 첫번째 역방향 데이터 셋 이후의 역방향 데이터 셋들 각각에 대해 이전 LSTM 레이어를 통해 학습된 파라미터를 적용하여 해당 역방향 데이터 셋들 각각에 대응하는 제4 LSTM 레이어들을 차례대로 학습함으로써 상기 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 훈련 LSTM 레이어를 생성하는 단계를 포함하는 손실 데이터 복구 방법.

- [청구항 4] 제1항에 있어서,
 상기 추출하는 단계는,
 상기 생성된 제1 훈련 LSTM 레이어 및 제2 훈련 LSTM 레이어에 상기 특정 공간의 직전 공간에 대응하는 순방향 데이터 셋 및 직후 공간에 대응하는 역방향 데이터 셋을 각각 입력함으로써 상기 특정 공간에 대한 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터를 추출하는 손실 데이터 복구 방법.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
 상기 복구하는 단계는,
 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 상관 계수 및 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 상관 계수를 이용하여 가중치를 계산하는 단계; 및
 상기 계산된 가중치를 상기 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터에 적용함으로써 상기 특정 공간에 대한 손실 데이터를 복구하는 단계를 포함하는 손실 데이터 복구 방법.
- [청구항 6] 제5항에 있어서,
 상기 가중치는,
 상기 제1 상관 계수 및 제2 상관 계수의 비율을 통해 계산되는 손실 데이터 복구 방법.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
 상기 생성하는 단계는,
 평균 제곱 오차(mean squared error, MSE)에 대응하는 손실함수를 이용하여 상기 개별 LSTM 레이어들 각각의 파라미터를 업데이트 하는 손실 데이터 복구 방법.
- [청구항 8] 손실 데이터 복구 장치에 있어서,
 프로세서를 포함하고,
 상기 프로세서는,
 특정 공간의 손실 데이터에 대한 이전 공간 및 이후 공간에 대응하는 N 개의 순방향 데이터 셋들 및 N 개의 역방향 데이터 셋들을 수신하고,
 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들 및 N 개의 역방향 데이터 셋들을 이용하여 공간 순서에 따라 배치된 개별 LSTM(Long Short-Term Memory) 레이어들을 학습함으로써 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 훈련 LSTM 레이어 및 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 훈련 LSTM 레이어를 생성하며,
 상기 생성된 제1 훈련 LSTM 레이어 및 제2 훈련 LSTM 레이어를 이용하여 상기 특정 공간에 대한 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터를 각각 추출하고,
 상기 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터의 상관도에 기초하여

결정된 결측 값을 상기 특정 공간에 대한 손실 데이터를 복구하는 손실 데이터 복구 장치.

[청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 프로세서는,
시계열 데이터로 구성된 상기 N 개의 순방향 데이터 셋들 중 첫번째 순방향 데이터 셋을 이용하여 제1 LSTM 레이어를 시간에 따라 학습하고, 상기 첫번째 순방향 데이터 셋 이후의 순방향 데이터 셋들 각각에 대해 이전 LSTM 레이어를 통해 학습된 파라미터를 적용하여 해당 순방향 데이터 셋들 각각에 대응하는 제2 LSTM 레이어들을 차례대로 학습함으로써 상기 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 훈련 LSTM 레이어를 생성하는 손실 데이터 복구 장치.

[청구항 10] 제8항에 있어서,
상기 프로세서는,
시계열 데이터로 구성된 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들 중 첫번째 역방향 데이터 셋을 이용하여 제3 LSTM 레이어를 시간에 따라 학습하고, 상기 첫번째 역방향 데이터 셋 이후의 역방향 데이터 셋들 각각에 대해 이전 LSTM 레이어를 통해 학습된 파라미터를 적용하여 해당 역방향 데이터 셋들 각각에 대응하는 제4 LSTM 레이어들을 차례대로 학습함으로써 상기 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 훈련 LSTM 레이어를 생성하는 손실 데이터 복구 장치.

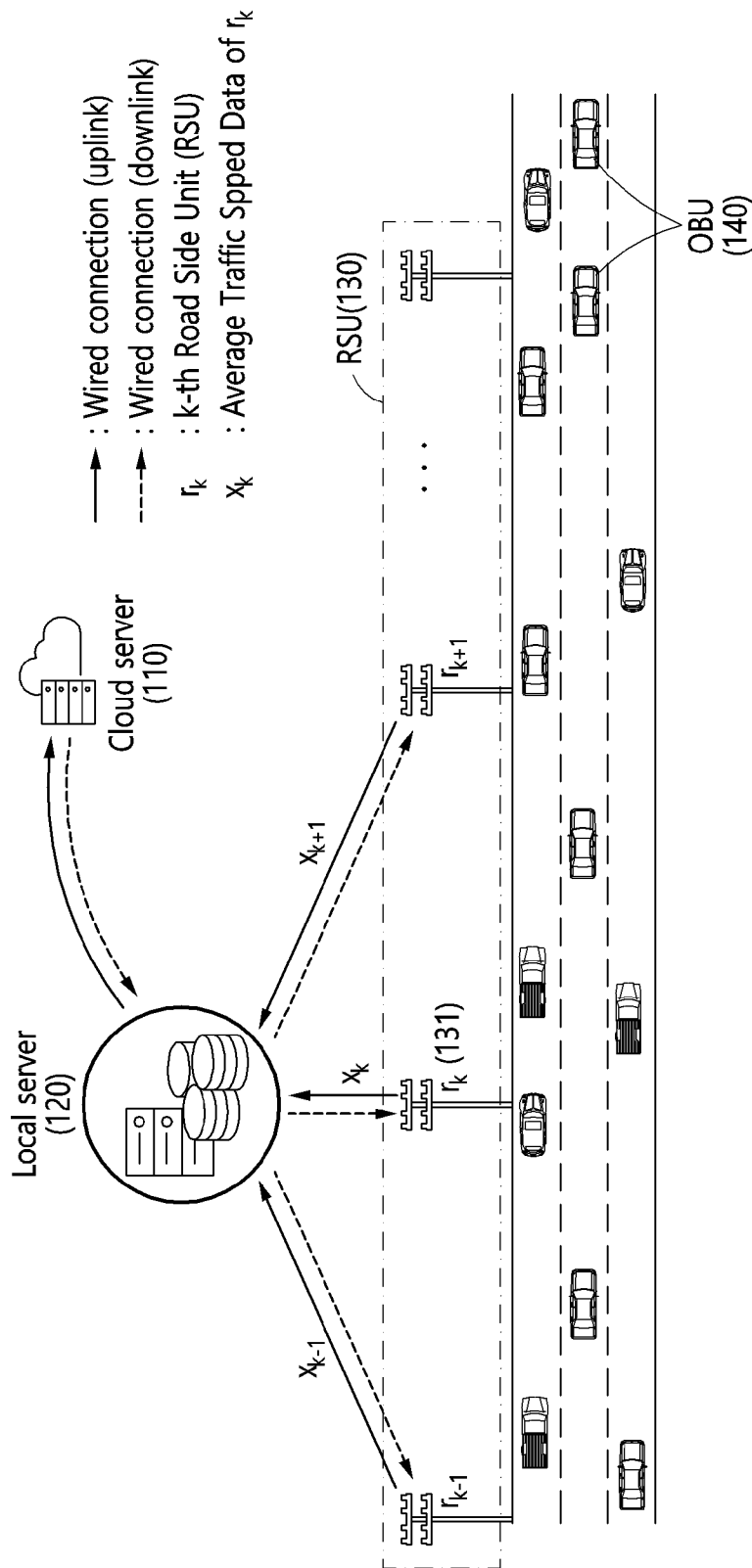
[청구항 11] 제8항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 생성된 제1 훈련 LSTM 레이어 및 제2 훈련 LSTM 레이어에 상기 특정 공간의 직전 공간에 대응하는 순방향 데이터 셋 및 직후 공간에 대응하는 역방향 데이터 셋을 각각 입력함으로써 상기 특정 공간에 대한 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터를 추출하는 손실 데이터 복구 장치.

[청구항 12] 제8항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 N 개의 순방향 데이터 셋들에 대한 제1 상관 계수 및 상기 N 개의 역방향 데이터 셋들에 대한 제2 상관 계수를 이용하여 가중치를 계산하고, 상기 계산된 가중치를 상기 순방향 예측 데이터 및 역방향 예측 데이터에 적용함으로써 상기 특정 공간에 대한 손실 데이터를 복구하는 손실 데이터 복구 장치.

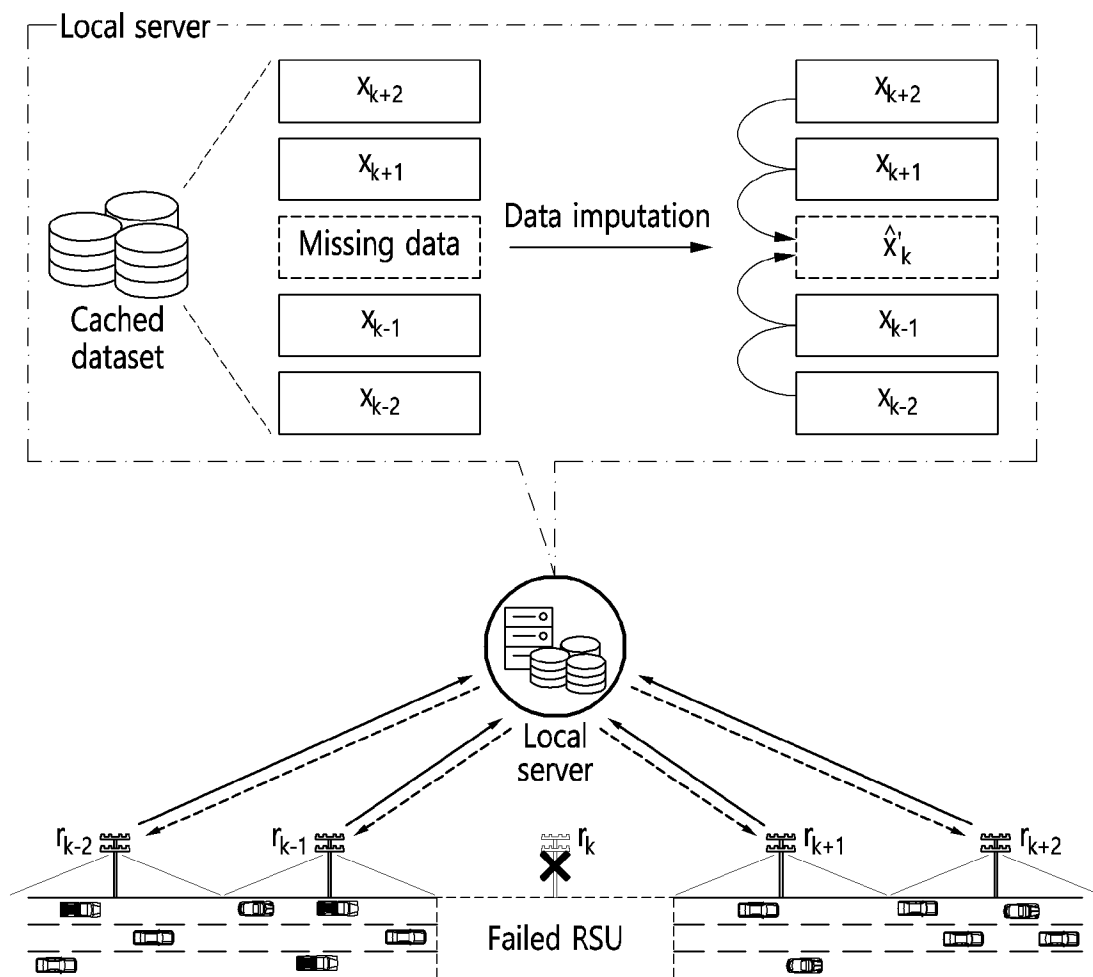
[청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 가중치는,
상기 제1 상관 계수 및 제2 상관 계수의 비율을 통해 계산되는 손실 데이터 복구 장치.

- [청구항 14] 제8항에 있어서,
상기 프로세서는,
평균 제곱 오차(mean squared error, MSE)에 대응하는 손실함수를
이용하여 상기 개별 LSTM 레이어들 각각의 파라미터를 업데이트 하는
손실 데이터 복구 장치.

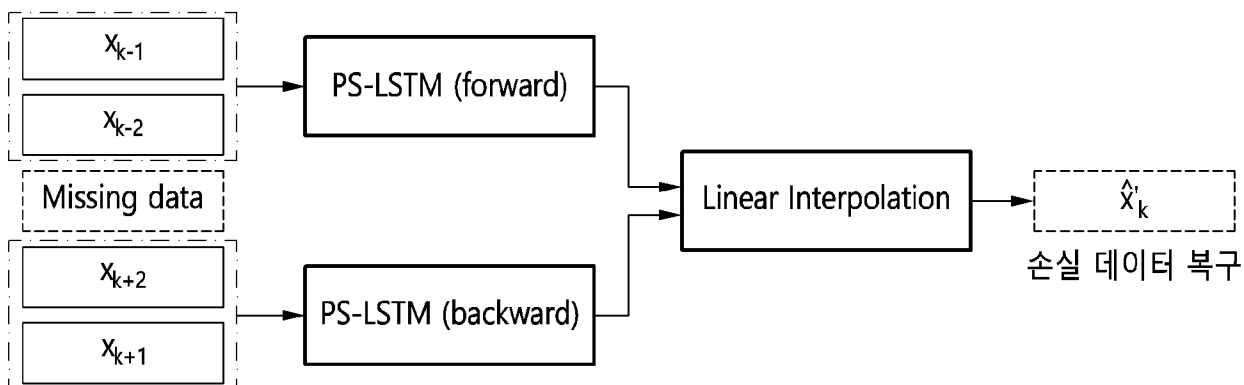
[도1]



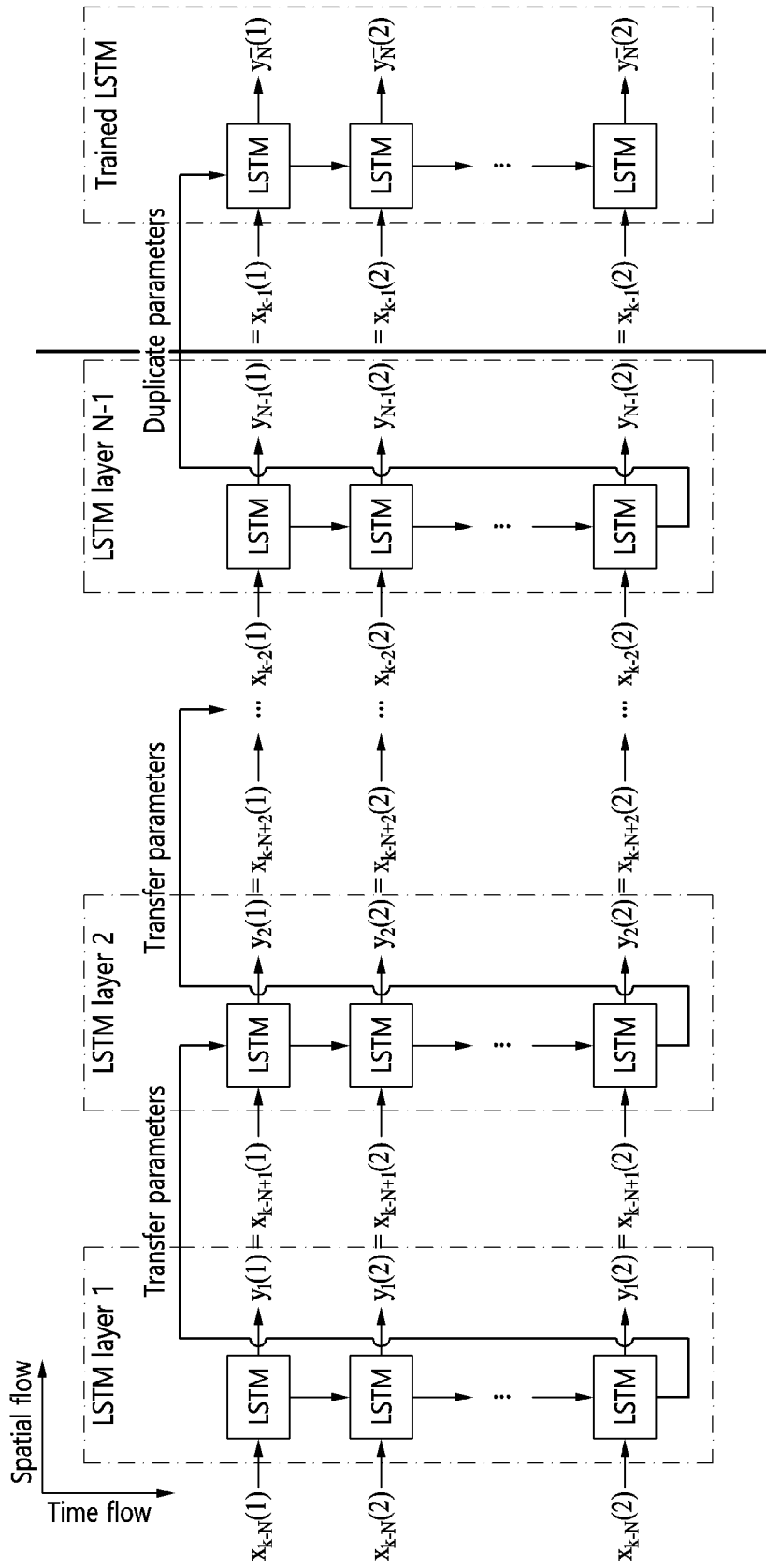
[도2]



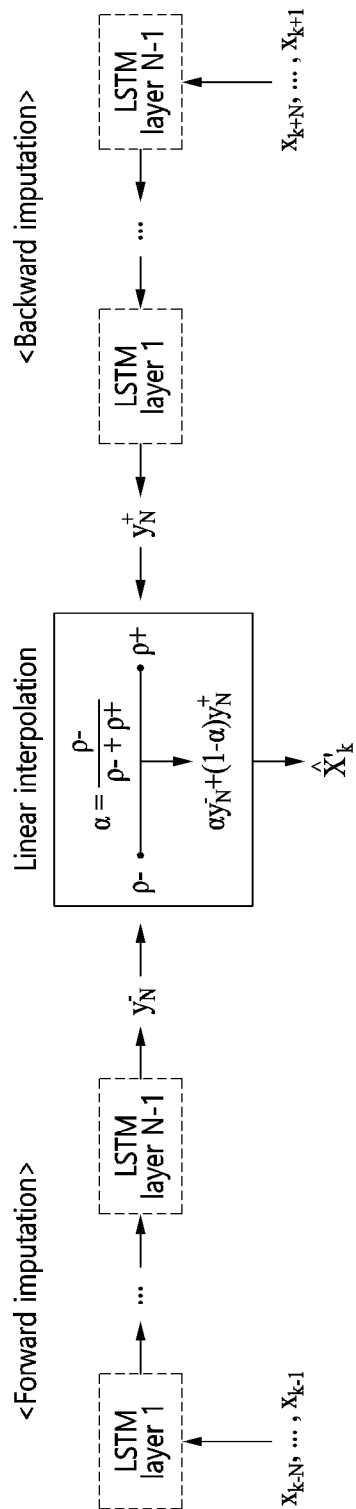
[도3]



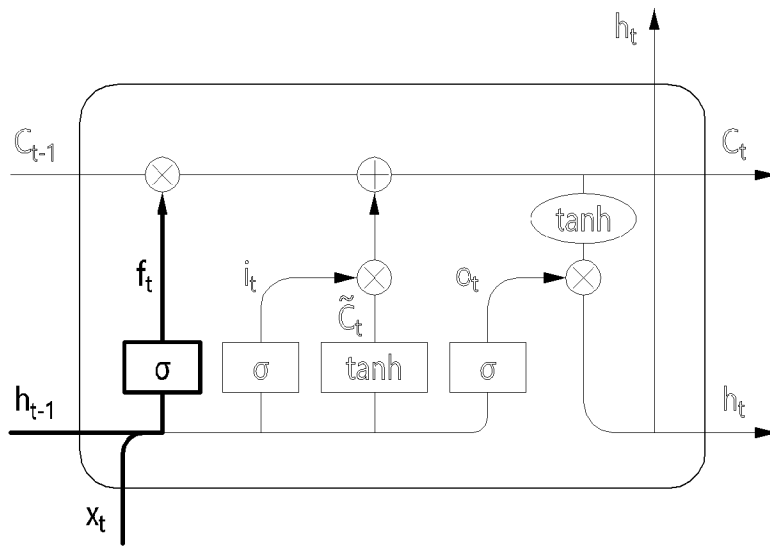
[도4]



[도5]

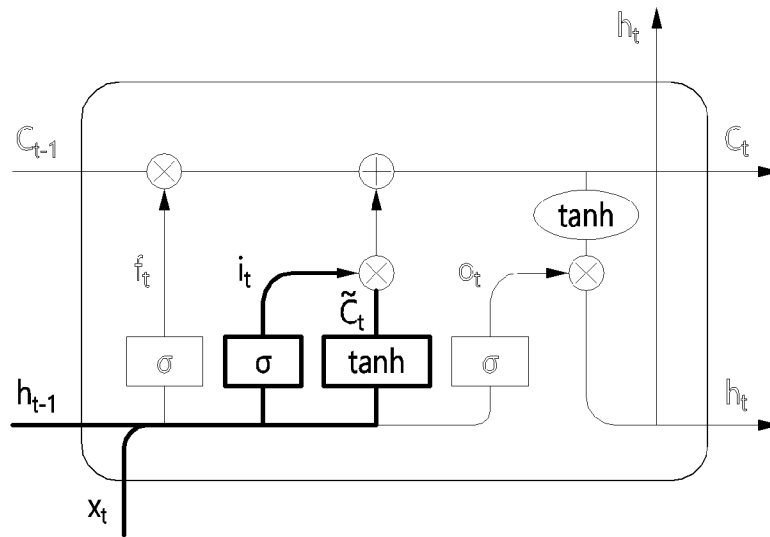


[도6a]



$$f_t = \sigma(W_f[h_{t-1}, x_t] + b_f)$$

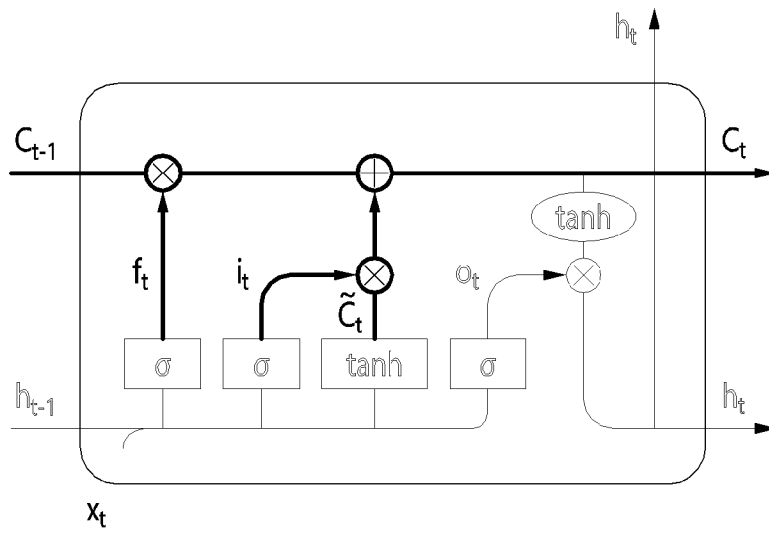
[도6b]



$$i_t = \sigma(W_i[h_{t-1}, x_t] + b_i)$$

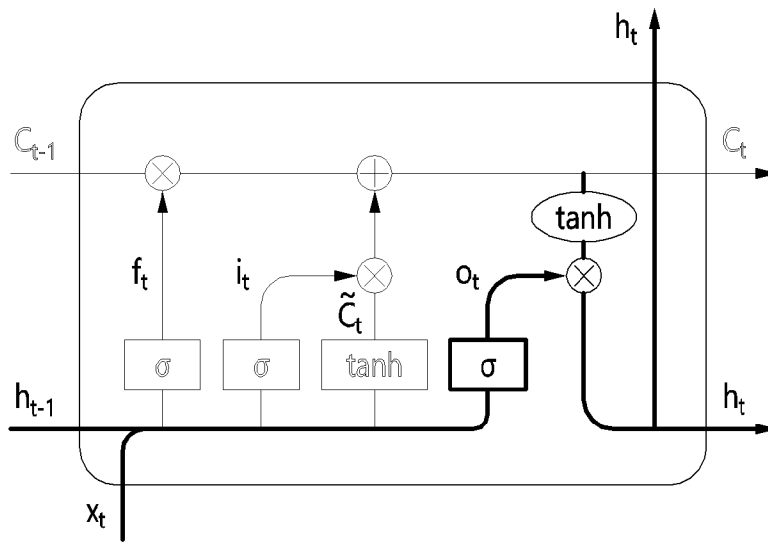
$$\tilde{C}_t = \tanh(W_C[h_{t-1}, x_t] + b_C)$$

[도6c]



$$C_t = f_t * C_{t-1} + i_t * \tilde{C}_t$$

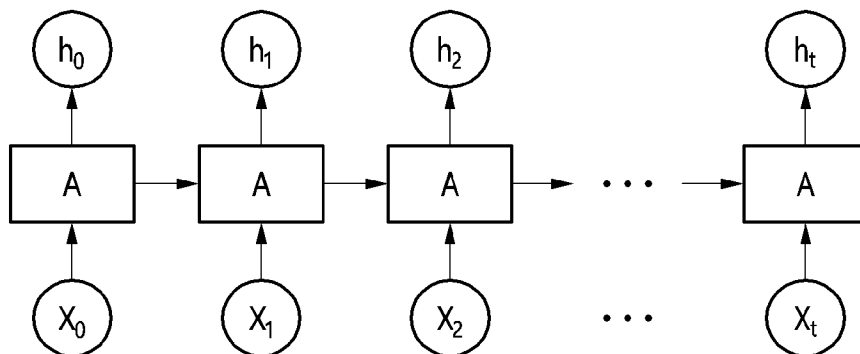
[도6d]



$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o)$$

$$h_t = o_t * \tanh(C_t)$$

[도6e]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/014824

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G06F 11/10**(2006.01)i; **G06F 11/16**(2006.01)i; **G06N 3/08**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F 11/10(2006.01); G06F 11/14(2006.01); G06F 11/20(2006.01); G06N 3/04(2006.01); G06N 3/08(2006.01);
H04L 12/801(2013.01); H04W 36/04(2009.01); H04W 76/02(2009.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 손실 데이터(loss data), 복구(restoration), 순방향 데이터 셋(forward direction data set), 역방향 데이터 셋(reverse direction data set), LSTM 레이어(long short-term memory layer)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CHI, Zhiyong et al. Stacked Bidirectional an Unidirectional LSTM Recurrent Neural Network for Forecasting Network-wide Traffic State with Missing Values. arXiv:2005.11627v1. pp. 1-24, May 20 20 [Retrieved on 09 February 2022]. Retrieved from <URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Farxiv.org%2Fpdf%2F2005.11627.pdf&clen=4110918&chunk=true>. See pages 5 and 9-10.	1-14
A	KR 10-2020-0052446 A (SAMSUNG SDS CO., LTD.) 15 May 2020 (2020-05-15) See paragraphs [0027]-[0057]; and figures 1-3.	1-14
A	KR 10-2003-0057539 A (DENSO CORPORATION) 04 July 2003 (2003-07-04) See paragraphs [0045]-[0063]; and figures 9-12.	1-14
A	KR 10-2019-0027856 A (SONY INTERACTIVE ENTERTAINMENT LLC) 15 March 2019 (2019-03-15) See paragraphs [0029]-[0035]; and figure 1.	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 February 2022

Date of mailing of the international search report

11 February 2022

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/014824**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-1608623 B1 (IUCF-HYU (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY)) 01 April 2016 (2016-04-01) See paragraphs [0051]-[0070]; and figures 5-7.	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2021/014824

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2020-0052446	A	15 May 2020	US	2020-0134454	A1	30 April 2020
KR	10-2003-0057539	A	04 July 2003	AU	1537602	A	29 April 2002
				AU	1794502	A	11 June 2002
				AU	2002-15376	A1	29 April 2002
				AU	2002-215376	A8	29 April 2002
				AU	2002-236815	A1	30 July 2002
				AU	3662302	A	27 May 2002
				CN	1309262	C	04 April 2007
				CN	1470136	A	21 January 2004
				CN	1507753	A	23 June 2004
				CN	1878336	A	13 December 2006
				CN	1897753	A	17 January 2007
				JP	2004-514344	A	13 May 2004
				JP	2004-518357	A	17 June 2004
				JP	2004-524720	A	12 August 2004
				JP	2004-537181	A	09 December 2004
				JP	2007-267409	A	11 October 2007
				JP	3948403	B2	25 July 2007
				JP	4082215	B2	30 April 2008
				JP	4089432	B2	28 May 2008
				JP	4544269	B2	15 September 2010
				KR	10-0593866	B1	30 June 2006
				KR	10-0613420	B1	17 August 2006
				KR	10-2003-0091943	A	03 December 2003
				US	2002-0045443	A1	18 April 2002
				US	2002-0058528	A1	16 May 2002
				US	2002-0065071	A1	30 May 2002
				US	2002-0137535	A1	26 September 2002
				US	2006-0046767	A1	02 March 2006
				US	2007-0015512	A1	18 January 2007
				US	2007-0123247	A1	31 May 2007
				US	6512927	B2	28 January 2003
				US	7010319	B2	07 March 2006
				US	7133675	B2	07 November 2006
				US	7187930	B2	06 March 2007
				WO	02-033982	A3	15 May 2003
				WO	02-041605	A3	24 October 2002
				WO	02-045386	A3	21 August 2003
				WO	02-058363	A3	10 October 2002
				WO	02-33982	A2	25 April 2002
				WO	02-41605	A2	23 May 2002
				WO	02-41605	A9	24 April 2003
				WO	02-45386	A2	06 June 2002
				WO	02-58363	A2	25 July 2002
KR	10-2019-0027856	A	15 March 2019	CN	109923809	A	21 June 2019
				EP	3491757	A1	05 June 2019
				JP	2020-502832	A	23 January 2020
				JP	6893237	B2	23 June 2021
				KR	10-2295788	B1	31 August 2021
				US	10447430	B2	15 October 2019

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2021/014824

Patent document cited in search report				Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
				US	10979175	B2	13 April 2021		
				US	2018-0034583	A1	01 February 2018		
				US	2020-0044772	A1	06 February 2020		
				US	2021-0234632	A1	29 July 2021		
				WO	2018-026632	A1	08 February 2018		
KR	10-1608623	B1	01 April 2016	KR	10-1663425	B1	07 October 2016		
				KR	10-1676175	B1	14 November 2016		
				KR	10-2017-0002279	A	06 January 2017		
				US	2018-0189144	A1	05 July 2018		
				WO	2016-204529	A1	22 December 2016		

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G06F 11/10(2006.01)i; G06F 11/16(2006.01)i; G06N 3/08(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G06F 11/10(2006.01); G06F 11/14(2006.01); G06F 11/20(2006.01); G06N 3/04(2006.01); G06N 3/08(2006.01); H04L 12/801(2013.01); H04W 36/04(2009.01); H04W 76/02(2009.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 손실 데이터(loss data), 복구(restoration), 순방향 데이터 셋(forward direction data set), 역방향 데이터 셋(reverse direction data set), LSTM 레이어(long short-term memory layer)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	ZHIYONG CHI 등, Stacked Bidirectional an Unidirectional LSTM Recurrent Neural Network for Forecasting Network-wide Traffic State with Missing Values, arXiv:2005.11627v1, pp. 1-24, 2020.05 [검색일: 2022.02.09], 출처: <URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Ffarxiv.org%2Fpdf%2F2005.11627.pdf&clen=4110918&chunk=true> 페이지 5, 9-10	1-14
A	KR 10-2020-0052446 A (삼성에스디에스 주식회사) 2020.05.15 단락 [0027]-[0057]; 및 도면 1-3	1-14
A	KR 10-2003-0057539 A (가부시키가이샤 텐소) 2003.07.04 단락 [0045]-[0063]; 및 도면 9-12	1-14
A	KR 10-2019-0027856 A (소니 인터랙티브 엔터테인먼트 엔엘씨) 2019.03.15 단락 [0029]-[0035]; 및 도면 1	1-14
A	KR 10-1608623 B1 (한양대학교 산학협력단) 2016.04.01 단락 [0051]-[0070]; 및 도면 5-7	1-14
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2022년02월11일(11.02.2022)		국제조사보고서 발송일 2022년02월11일(11.02.2022)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 양정록 전화번호 +82-42-481-5709

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2020-0052446 A	2020/05/15	US 2020-0134454 A1	2020/04/30
KR 10-2003-0057539 A	2003/07/04	AU 1537602 A	2002/04/29
		AU 1794502 A	2002/06/11
		AU 2002-15376 A1	2002/04/29
		AU 2002-215376 A8	2002/04/29
		AU 2002-236815 A1	2002/07/30
		AU 3662302 A	2002/05/27
		CN 1309262 C	2007/04/04
		CN 1470136 A	2004/01/21
		CN 1507753 A	2004/06/23
		CN 1878336 A	2006/12/13
		CN 1897753 A	2007/01/17
		JP 2004-514344 A	2004/05/13
		JP 2004-518357 A	2004/06/17
		JP 2004-524720 A	2004/08/12
		JP 2004-537181 A	2004/12/09
		JP 2007-267409 A	2007/10/11
		JP 3948403 B2	2007/07/25
		JP 4082215 B2	2008/04/30
		JP 4089432 B2	2008/05/28
		JP 4544269 B2	2010/09/15
		KR 10-0593866 B1	2006/06/30
		KR 10-0613420 B1	2006/08/17
		KR 10-2003-0091943 A	2003/12/03
		US 2002-0045443 A1	2002/04/18
		US 2002-0058528 A1	2002/05/16
		US 2002-0065071 A1	2002/05/30
		US 2002-0137535 A1	2002/09/26
		US 2006-0046767 A1	2006/03/02
		US 2007-0015512 A1	2007/01/18
		US 2007-0123247 A1	2007/05/31
		US 6512927 B2	2003/01/28
		US 7010319 B2	2006/03/07
		US 7133675 B2	2006/11/07
		US 7187930 B2	2007/03/06
		WO 02-033982 A3	2003/05/15
		WO 02-041605 A3	2002/10/24
		WO 02-045386 A3	2003/08/21
		WO 02-058363 A3	2002/10/10
		WO 02-33982 A2	2002/04/25
		WO 02-41605 A2	2002/05/23
		WO 02-41605 A9	2003/04/24
		WO 02-45386 A2	2002/06/06
		WO 02-58363 A2	2002/07/25
KR 10-2019-0027856 A	2019/03/15	CN 109923809 A	2019/06/21
		EP 3491757 A1	2019/06/05
		JP 2020-502832 A	2020/01/23
		JP 6893237 B2	2021/06/23
		KR 10-2295788 B1	2021/08/31
		US 10447430 B2	2019/10/15

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
		US 10979175 B2	2021/04/13
		US 2018-0034583 A1	2018/02/01
		US 2020-0044772 A1	2020/02/06
		US 2021-0234632 A1	2021/07/29
		WO 2018-026632 A1	2018/02/08
KR 10-1608623 B1	2016/04/01	KR 10-1663425 B1	2016/10/07
		KR 10-1676175 B1	2016/11/14
		KR 10-2017-0002279 A	2017/01/06
		US 2018-0189144 A1	2018/07/05
		WO 2016-204529 A1	2016/12/22