



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월16일

(11) 등록번호 10-2467746

(24) 등록일자 2022년11월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G16H 50/80 (2018.01) G16H 50/20 (2018.01)

G16H 50/50 (2018.01) G16H 50/70 (2018.01)

(52) CPC특허분류

G16H 50/80 (2018.01)

G16H 50/20 (2018.01)

(21) 출원번호 10-2020-0189391

(22) 출원일자 2020년12월31일

심사청구일자 2020년12월31일

(65) 공개번호 10-2022-0096706

(43) 공개일자 2022년07월07일

(56) 선행기술조사문헌

CN103793619 A*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

한국기술교육대학교 산학협력단

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)

(72) 발명자

서경민

경기도 과천시 관문로 106, 115동 1404호(중앙동, 과천 푸르지오 써밋)

장미

경기도 고양시 덕양구 호국로 859, 120동 1701호 (성사동, 대림e편한세상아파트)

박희문

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 한국기술교육대학교

(74) 대리인

특허법인오암

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 김진률

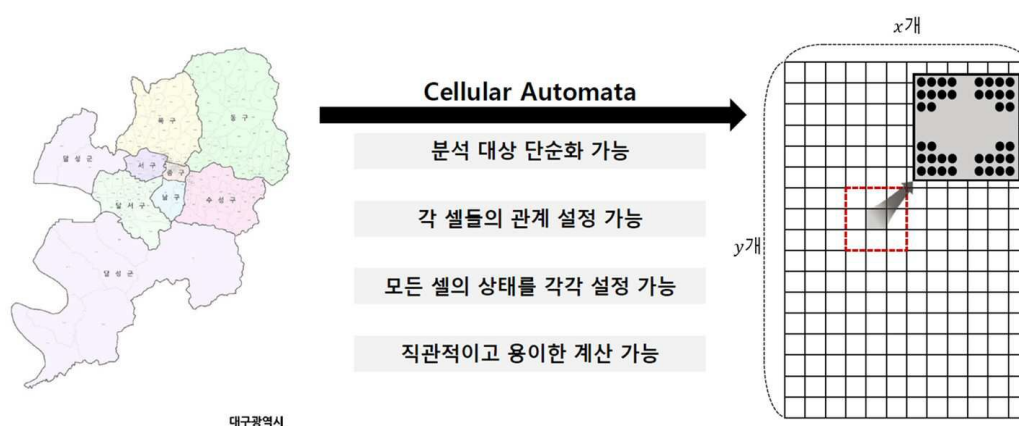
(54) 발명의 명칭 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치 및 방법에 관한 것이다.

보다 상세하게 살펴보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치는 하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 적어도 하나 이상의 프로그램을 저장하는 실행메모리를 포함하고, 상기 적어도 하나 이상의 프로그램은, 복수개의 구역을 포함하는 대상지역을 셀룰러 오토마타에 기반하여 상기 복수개의 구역에 대응하도록 셀 단위로 분할하고, 상기 셀마다 상응하는 구역의 인구수를 할당하고, 전체 셀 중에 임의의 제1 셀에 한 명의 감염자를 발생시키고, 상기 감염자가 상기 제1 셀에 포함된 인구를 감염시키는 내부감염과 상기 제1 셀과 인접한 복수개의 제2 셀에 포함된 인구를 감염시키는 외부감염을 구분하고, 상기 대상지역의 실제 감염 데이터를 입력으로 시뮬레이션 모델을 학습시킬 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G16H 50/50 (2018.01)

G16H 50/70 (2018.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR101960504 B1

KR1020110056800 A

KR101733652 B1

JP2015038708 A

KR101583979 B1

KR1020190108428 A

KR1020200132225 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345323366

과제번호 LINCPLUS-2020-45

부처명 교육부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 사회맞춤형산학협력선도대학육성(LINC+)

연구과제명 군집 Cell 기반 바이러스 확산 시뮬레이션 SW 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 한국기술교육대학교 산학협력단

연구기간 2020.06.01 ~ 2020.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

하나 이상의 프로세서; 및

상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 적어도 하나 이상의 프로그램을 저장하는 실행메모리; 를 포함하고,

상기 적어도 하나 이상의 프로그램은,

복수개의 구역을 포함하는 대상지역을 셀룰러 오토마타에 기반하여 상기 복수개의 구역에 대응하도록 셀 단위로 분할하고, 상기 셀마다 상응하는 구역의 인구수를 할당하고, 전체 셀 중에 임의의 제1 셀에 한 명의 감염자를 발생시키고, 상기 감염자가 상기 제1 셀에 포함된 인구를 감염시키는 내부감염과 상기 제1 셀과 인접한 복수개의 제2 셀에 포함된 인구를 감염시키는 외부감염을 구분하고, 상기 대상지역의 실제 감염 데이터를 입력으로 시뮬레이션 모델을 학습시키고,

상기 실제 감염 데이터는,

상기 대상지역에 실제 발생한 일별 감염자 수에 관한 것이고,

상기 적어도 하나 이상의 프로그램은,

감염자 발생일로부터 일별 감염자 수가 최대인 기준일까지를 확산구간으로 설정하고, 상기 기준일부터 기설정된 진정일까지를 진정구간으로 설정하고, 상기 확산구간에 대응하는 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 진정구간에 대응하는 제2 시뮬레이션 모델을 구분하여 학습시키는 것을 특징으로 하는 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 셀은,

가로 x개와 세로 y개의 2차원 평면에서 (x, y)의 좌표를 가지도록 설정되고,

상기 제1 시뮬레이션 모델은,

$$0 < \alpha, \beta \leq 1$$

$$\Delta N_{p,x,y} \leq M_{x,y}$$

$$N_{p,tot} \leq M_{tot}$$

위 조건에 기반하여

$$\begin{aligned}
 \Delta N_{p,x,y} = & f_{i,in} \left(\sum N_{p-1,x,y}, \alpha \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x-1),(y-1)}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x-1),y}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x-1),(y+1)}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,x,(y-1)}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,x,(y+1)}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x+1),(y-1)}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x+1),y}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x+1),(y+1)}, \beta \right) \\
 N_{p,tot} = & \sum_{x=1} \sum_{y=1} (\Delta N_{p,x,y})
 \end{aligned}$$

위 수학적식으로 정의되되, M_{xy} 는 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 인구수이고, M_{tot} 는 전체 셀의 총 인구수이고, α 는 내부감염의 전파율이고, β 는 외부감염의 전파율이고, $f_{i,in}$ 은 상기 확산구간의 내부감염을 나타내는 방정식이고, $f_{i,out}$ 은 상기 확산구간의 외부감염을 나타내는 방정식이고, $N_{p,xy}$ 는 $f_{i,in}$ 과 $f_{i,out}$ 을 통해 산출된 p번째 날의 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 신규 감염자 수를 나타내고, $N_{p,tot}$ 는 p번째 날의 전체 신규 감염자 수를 나타내고, 상기 제2 시뮬레이션 모델은,

$$0 < k \cdot \alpha, t \cdot \beta \leq 1$$

$$\Delta N_{q,x,y} \leq M_{x,y}$$

$$N_{q,tot} \leq M_{tot}$$

위 조건에 기반하여,

$$\begin{aligned}\Delta N_{q,x,y} = & f_{d,in} \left(\sum N_{q-1,x,y}, k \cdot \alpha \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x-1),(y-1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x-1),y}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x-1),(y+1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,x,(y-1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,x,(y+1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x+1),(y-1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x+1),y}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x+1),(y+1)}, t \cdot \beta \right)\end{aligned}$$

$$N_{q,tot} = \sum_x \sum_y (\Delta N_{q,x,y})$$

위 수학적식으로 정의되되, M_{xy} 는 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 인구수이고, M_{tot} 는 전체 셀의 총 인구수이고, k는 기설정된 진정구간의 내부감염계수이고, t는 기설정된 진정구간의 외부감염계수이고, α 는 내부감염의 전파율이고, β 는 외부감염의 전파율이고, $f_{d,in}$ 은 상기 확산구간의 내부감염을 나타내는 방정식이고, $f_{d,out}$ 은 상기 확산구간의 외부감염을 나타내는 방정식이고, $N_{q,xy}$ 는 $f_{d,in}$ 과 $f_{d,out}$ 을 통해 산출된 q번째 날의 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 신규 감염자 수를 나타내고, $N_{q,tot}$ 는 q번째 날의 전체 신규 감염자 수를 나타내는 것을 특징으로 하는 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 프로그램은,

상기 확산구간을 기설정된 비율에 기반하여 제1 식별구간 및 제1 검증구간으로 구분하고, 상기 진정구간을 기설정된 비율에 기반하여 제2 식별구간 및 제2 검증구간으로 구분하고,

상기 제1 시뮬레이션 모델의 수학적식에서, α 와 β 에 임의의 전파율 α_0 와 β_0 을 대입하여, 상기 제1 식별구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는 α_1 과 β_1 을 산출하는 제1 단계 및 상기 α_1 과 β_1 을 상기 제1 시뮬레이션 모델의 수학적식에 대입하여, 상기 제1 검증구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는지 검증하는 제2 단계를 반복하여 상기 제1 시뮬레이션 모델을 학습시키고,

상기 제2 시뮬레이션 모델의 수학적식에 상기 α_1 과 β_1 을 대입하고, k에 임의의 내부감염계수 k_0 와 t에 임의의 외부감염계수 t_0 를 대입하여, 상기 제2 식별구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는 k_1 와 t_1 를 산출하는 제3 단계 및 상기 k_1 와 t_1 를 상기 제2 시뮬레이션 모델의 수학적식에 대입하여, 상기 제2 검증구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는지 검증하는 제4 단계를 반복하여 상기 제2 시뮬레이션 모델을 학습시키는 것을 특징으로 하는

실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 프로그램은,

상기 셀에 인구밀도, 인구이동율, 단체시설 및 집합시설 보유수에 기반하는 변동계수를 할당하고, 상기 변동계수를 상기 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 제2 시뮬레이션 모델에 반영하는 것을 특징으로 하는 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치.

청구항 6

프로세서가 실행메모리에 저장된 프로그램을 실행하여, 복수개의 구역을 포함하는 대상지역을 셀룰러 오토마타에 기반하여 상기 복수개의 구역에 대응하도록 셀 단위로 분할하는 단계;

프로세서가 실행메모리에 저장된 프로그램을 실행하여, 상기 셀마다 상응하는 구역의 인구수를 할당하는 단계;

프로세서가 실행메모리에 저장된 프로그램을 실행하여, 전체 셀 중에 임의의 제1 셀에 한 명의 감염자를 발생시키는 단계; 및

프로세서가 실행메모리에 저장된 프로그램을 실행하여, 상기 감염자가 상기 제1 셀에 포함된 인구를 감염시키는 내부감염과 상기 제1 셀과 인접한 복수개의 제2 셀에 포함된 인구를 감염시키는 외부감염을 구분하고, 상기 대상지역의 실제 감염 데이터를 입력으로 시뮬레이션 모델을 학습시키는 단계; 를 포함하고,

상기 실제 감염 데이터는,

상기 대상지역에 실제 발생한 일별 감염자 수에 관한 것이고,

상기 시뮬레이션 모델을 학습시키는 단계는,

감염자 발생일로부터 일별 감염자 수가 최대인 기준일까지를 확산구간으로 설정하고, 상기 기준일부터 기설정된 진정일까지를 진정구간으로 설정하는 단계; 및

상기 확산구간에 대응하는 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 진정구간에 대응하는 제2 시뮬레이션 모델을 구분하여 학습시키는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 셀은,

가로 x개와 세로 y개의 2차원 평면에서 (x, y)의 좌표를 가지도록 설정되고,

상기 제1 시뮬레이션 모델은,

$$0 < \alpha, \beta \leq 1$$

$$\Delta N_{p,x,y} \leq M_{x,y}$$

$$N_{p,tot} \leq M_{tot}$$

위 조건에 기반하여

$$\begin{aligned}
 \Delta N_{p,x,y} = & f_{i,in} \left(\sum N_{p-1,x,y}, \alpha \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x-1),(y-1)}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x-1),y}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x-1),(y+1)}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,x,(y-1)}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,x,(y+1)}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x+1),(y-1)}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x+1),y}, \beta \right) \\
 & + f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x+1),(y+1)}, \beta \right) \\
 N_{p,tot} = & \sum_{x=1} \sum_{y=1} (\Delta N_{p,x,y})
 \end{aligned}$$

위 수학적식으로 정의되되, M_{xy} 는 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 인구수이고, M_{tot} 는 전체 셀의 총 인구수이고, α 는 내부감염의 전파율이고, β 는 외부감염의 전파율이고, $f_{i,in}$ 은 상기 확산구간의 내부감염을 나타내는 방정식이고, $f_{i,out}$ 은 상기 확산구간의 외부감염을 나타내는 방정식이고, $N_{p,x,y}$ 는 $f_{i,in}$ 과 $f_{i,out}$ 을 통해 산출된 p번째 날의 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 신규 감염자 수를 나타내고, $N_{p,tot}$ 는 p번째 날의 전체 신규 감염자 수를 나타내고, 상기 제2 시뮬레이션 모델은,

$$\begin{aligned}
 0 & < k \cdot \alpha, t \cdot \beta \leq 1 \\
 \Delta N_{q,x,y} & \leq M_{x,y} \\
 N_{q,tot} & \leq M_{tot}
 \end{aligned}$$

위 조건에 기반하여,

$$\begin{aligned}\Delta N_{q,x,y} = & f_{d,in} \left(\sum N_{q-1,x,y}, k \cdot \alpha \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x-1),(y-1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x-1),y}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x-1),(y+1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,x,(y-1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,x,(y+1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x+1),(y-1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x+1),y}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x+1),(y+1)}, t \cdot \beta \right) \\ N_{q,tot} = & \sum_x \sum_y (\Delta N_{q,x,y})\end{aligned}$$

위 수학적식으로 정의되되, M_{xy} 는 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 인구수이고, M_{tot} 는 전체 셀의 총 인구수이고, k는 기설정된 진정구간의 내부감염계수이고, t는 기설정된 진정구간의 외부감염계수이고, α 는 내부감염의 전파율이고, β 는 외부감염의 전파율이고, $f_{d,in}$ 은 상기 확산구간의 내부감염을 나타내는 방정식이고, $f_{d,out}$ 은 상기 확산구간의 외부감염을 나타내는 방정식이고, $N_{q,xy}$ 는 $f_{d,in}$ 과 $f_{d,out}$ 을 통해 산출된 q번째 날의 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 신규 감염자 수를 나타내고, $N_{q,tot}$ 는 q번째 날의 전체 신규 감염자 수를 나타내는 것을 특징으로 하는 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 확산구간에 대응하는 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 진정구간에 대응하는 제2 시뮬레이션 모델을 구분하여 학습시키는 단계는,

상기 확산구간을 기설정된 비율에 기반하여 제1 식별구간 및 제1 검증구간으로 구분하고, 상기 진정구간을 기설정된 비율에 기반하여 제2 식별구간 및 제2 검증구간으로 구분하는 단계;

상기 제1 시뮬레이션 모델의 수학적식에서, α 와 β 에 임의의 전파율 α_0 와 β_0 에 을 대입하여, 상기 제1 식별구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는 α_1 과 β_1 을 산출하는 제1 단계 및 상기 α_1 과 β_1 을 상기 제1 시뮬레이션 모델의 수학적식에 대입하여, 상기 제1 검증구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는지 검증하는 제2 단계를 반복하여 상기 제1 시뮬레이션 모델을 학습시키는 단계; 및

상기 제2 시뮬레이션 모델의 수학적식에 상기 α_1 과 β_1 을 대입하고, k에 임의의 내부감염계수 k_0 와 t에 임의의 외부감염계수 t_0 를 대입하여, 상기 제2 식별구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는 k_1 와 t_1 를 산출하는 제3 단계 및 상기 k_1 와 t_1 를 상기 제2 시뮬레이션 모델의 수학적식에 대입하여, 상기 제2 검증구간과 기설정된 오차범위

내의 결과를 갖는지 검증하는 제4 단계를 반복하여 상기 제2 시뮬레이션 모델을 학습시키는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 셀에 인구밀도, 인구이동율, 단체시설 및 집합시설 보유수에 기반하는 변동계수를 할당하는 단계; 를 더 포함하고,

상기 확산구간에 대응하는 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 진정구간에 대응하는 제2 시뮬레이션 모델을 구분하여 학습시키는 단계는,

상기 변동계수를 상기 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 제2 시뮬레이션 모델에 반영하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치 및 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 셀룰러 오토마타에 기반하여 지역에서 감염의 확산을 시뮬레이션 할 수 있는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 명세서에서 달리 표시되지 않는 한, 이 섹션에 설명되는 내용들은 이 출원의 청구항들에 대한 종래 기술이 아니며, 이 섹션에 포함된다고 하여 종래 기술이라고 인정되는 것은 아니다.

[0003] 코로나, 사스, 메르스 등 바이러스성 질병이 전세계적으로 확산되어 많은 인구가 감염되어 왔다. 바이러스성 질병의 확산 예측 및 종결을 위해 시뮬레이션은 필요하다.

[0004] 특히, 코로나의 경우 확산률 및 사망률이 낮을 것으로 예측하였으나, 실제로는 급격한 확산이 이루어졌고, 그로 인하여 대책마련에 다소 어려움이 발생하였다.

[0005] 따라서, 감염의 확산을 정확하게 예측하고 이를 대비할 수 있는 시뮬레이션 기술이 요구되고 있다.

[0006] 이에 등록특허공보 제10-1960504호는 전염병 확산 예측 모델링 장치 및 방법을 개시하고 있다.

[0007] 보다 상세하게는 전염병 확산 예측 모델링 프로그램의 실행에 따라, 임의의 질병에 대해 제한된 구역에 대한 전파 및 확산을 표현하는 유행성 모델 (epidemic model), 및 네트워크를 통한 복수의 구역에 대한 전파 및 확산을 표현하는 확산 모델(spreading model)을 모델링하여 시간에 따른 시뮬레이션 과정을 출력하는 프로세서를 포함하며, 확산 모델은 각 구역 별 인구수, 감염자 수, 네트워크 정보 및 날씨 컨디션 정보에 기초하여 산출된 서로 연결된 구역 간 확산 확률에 따라 모델링되며, 확산 확률이 기설정된 임계값을 초과하면 질병이 확산되도록 모델링하되 확산되는 구역의 유행성 모델 상의 감염자 수를 증가시키는 것을 특징으로 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 등록특허공보 제10-1960504호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 개시된 실시 예는 지역 내 클러스터 감염의 추이를 예측하는 것이다.

[0010] 또한, 개시된 실시 예는 실제 감염 데이터를 기반으로 시뮬레이션 모델의 정확도를 향상시키는 것이다.

[0011] 또한, 개시된 실시 예는 셀룰러 오토마타 기반으로 각 구역을 구분하여 각 구역간의 특성을 반영하여 더욱 현실

적인 시뮬레이션 모델을 구현하는 것이다.

[0012] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 상술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치는 하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 적어도 하나 이상의 프로그램을 저장하는 실행메모리를 포함하고, 상기 적어도 하나 이상의 프로그램은, 복수개의 구역을 포함하는 대상지역을 셀룰러 오토마타에 기반하여 상기 복수개의 구역에 대응하도록 셀 단위로 분할하고, 상기 셀마다 상응하는 구역의 인구수를 할당하고, 전체 셀 중에 임의의 제1 셀에 한 명의 감염자를 발생시키고, 상기 감염자가 상기 제1 셀에 포함된 인구를 감염시키는 내부감염과 상기 제1 셀과 인접한 복수개의 제2 셀에 포함된 인구를 감염시키는 외부감염을 구분하고, 상기 대상지역의 실제 감염 데이터를 입력으로 시뮬레이션 모델을 학습시킬 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 방법은 복수개의 구역을 포함하는 대상지역을 셀룰러 오토마타에 기반하여 상기 복수개의 구역에 대응하도록 셀 단위로 분할하는 단계, 상기 셀마다 상응하는 구역의 인구수를 할당하는 단계, 전체 셀 중에 임의의 제1 셀에 한 명의 감염자를 발생시키는 단계 및 상기 감염자가 상기 제1 셀에 포함된 인구를 감염시키는 내부감염과 상기 제1 셀과 인접한 복수개의 제2 셀에 포함된 인구를 감염시키는 외부감염을 구분하고, 상기 대상지역의 실제 감염 데이터를 입력으로 시뮬레이션 모델을 학습시키는 단계를 포함할 수 있다.

프로세서가 실행메모리에 저장된 프로그램을 실행하여, 복수개의 구역을 포함하는 대상지역을 셀룰러 오토마타에 기반하여 상기 복수개의 구역에 대응하도록 셀 단위로 분할하는 단계; 프로세서가 실행메모리에 저장된 프로그램을 실행하여, 상기 셀마다 상응하는 구역의 인구수를 할당하는 단계; 프로세서가 실행메모리에 저장된 프로그램을 실행하여, 전체 셀 중에 임의의 제1 셀에 한 명의 감염자를 발생시키는 단계; 및 프로세서가 실행메모리에 저장된 프로그램을 실행하여, 상기 감염자가 상기 제1 셀에 포함된 인구를 감염시키는 내부감염과 상기 제1 셀과 인접한 복수개의 제2 셀에 포함된 인구를 감염시키는 외부감염을 구분하고, 상기 대상지역의 실제 감염 데이터를 입력으로 시뮬레이션 모델을 학습시키는 단계; 를 포함하고, 상기 실제 감염 데이터는, 상기 대상지역에 실제 발생한 일별 감염자 수에 관한 것이고, 상기 시뮬레이션 모델을 학습시키는 단계는, 감염자 발생일로부터 일별 감염자 수가 최대인 기준일까지를 확산구간으로 설정하고, 상기 기준일부터 기설정된 진정일까지를 진정구간으로 설정하는 단계; 및 상기 확산구간에 대응하는 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 진정구간에 대응하는 제2 시뮬레이션 모델을 구분하여 학습시키는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0015] 개시된 실시 예에 따르면, 지역 내 클러스터 감염의 추이를 예측할 수 있다.

[0016] 또한, 개시된 실시 예에 따르면, 실제 감염 데이터를 기반으로 시뮬레이션 모델의 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0017] 또한, 개시된 실시 예에 따르면, 셀룰러 오토마타 기반으로 각 구역을 구분하여 각 구역간의 특성을 반영하여 더욱 현실적인 시뮬레이션 모델을 구현할 수 있다.

[0018] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0019] 본 발명의 특징한 바람직한 실시예들의 상기에서 설명한 바와 같은 또한 다른 측면들과, 특징들 및 이득들은 첨부 도면들과 함께 처리되는 하기의 설명으로부터 보다 명백하게 될 것이다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라, 대상지역을 셀룰러 오토마타에 기반하여 셀 단위로 분할하는 예시도.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라, 실제 감염 데이터 일별 감염자 수 그래프.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라, 셀룰러 오토마타를 이용한 해당지역 및 복수개의 구역별 인구 및 감염을 나타내는 예시도.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델의 학습 과정을 나타내는 개념도.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 식별구간을 통해 전파율 및 감염계수를 산출하는 개념도.

상기 도면들을 통해, 유사 참조 번호들은 동일한 혹은 유사한 엘리먼트들과, 특징들 및 구조들을 도시하기 위해 사용된다는 것에 유의해야만 한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 도면부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0021] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들을 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0022] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0023] 이때, 처리 흐름도 도면들의 각 블록과 흐름도 도면들의 조합들은 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들에 의해 수행될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 범용 컴퓨터, 특수용 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서에 탑재될 수 있으므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서를 통해 수행되는 그 인스트럭션들이 흐름도 블록(들)에서 설명된 기능들을 수행하는 수단을 생성하게 된다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 특정 방식으로 기능을 구현하기 위해 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 지향할 수 있는 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장되는 것도 가능하므로, 그 컴퓨터 이용가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장된 인스트럭션들은 흐름도 블록(들)에서 설명된 기능을 수행하는 인스트럭션 수단을 내포하는 제조 품목을 생산하는 것도 가능하다. 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에 탑재되는 것도 가능하므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에서 일련의 동작 단계들이 수행되어 컴퓨터로 실행되는 프로세스를 생성해서 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 수행하는 인스트럭션들은 흐름도 블록(들)에서 설명된 기능들을 실행하기 위한 단계들을 제공하는 것도 가능하다.
- [0024] 또한, 각 블록은 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 인스트럭션들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 실행 예들에서는 블록들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 블록들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.
- [0025] 이 때, 본 실시예에서 사용되는 '~부'라는 용어는 소프트웨어 또는 FPGA(field-Programmable Gate Array) 또는 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, '~부'는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태

스크 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.

- [0026] 본 발명의 실시예들을 구체적으로 설명함에 있어서, 특정 시스템의 예를 주된 대상으로 할 것이지만, 본 명세서에서 청구하고자 하는 주요한 요지는 유사한 기술적 배경을 가지는 여타의 통신 시스템 및 서비스에도 본 명세서에 개시된 범위를 크게 벗어나지 아니하는 범위에서 적용 가능하며, 이는 당해 기술분야에서 숙련된 기술적 지식을 가진 자의 판단으로 가능할 것이다.
- [0028] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치에 대해 상세하게 설명한다.
- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라, 대상지역을 셀룰러 오토마타에 기반하여 셀 단위로 분할하는 예시도이다.
- [0030] 대상지역에 거주하는 모든 구성원을 하나의 모델로 간주하는 경우, 모델의 개수가 매우 많아져 구현하는데 한계가 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예는 대상지역을 구성하는 하나 이상의 구역을 하나의 모델로 설정하여 시뮬레이션을 구현하고자 한다.
- [0031] 도 1을 참조하면, 셀룰러 오토마타(Cellular Automata; CA)는 개체 수준의 국지적 상호작용을 통해서 거시적인 패턴이 형성되고 변화되는 과정을 모델링할 수 있는 모델이다.
- [0032] 일반적인 표준 CA 모델은 셀 공간(Cellular space), 상태(State), 이웃(Neighborhood), 전이규칙(Transition rule) 등으로 구성된다. 셀 공간은 모델링하고자 하는 대상이 속해있는 공간 프레임워크로, 통상 정규 격자형의 셀들로 이루어진 2차원의 평면 구조가 이용된다. 셀의 상태는 셀이 가질 수 있는 값들의 집합으로 토지 용도, 인구수 및 본 발명에서의 감염된 인구에 관한 정보와 같은 이산적인 변수가 그 대상이 된다. 이웃은 한 셀의 값에 영향을 미치는 셀들의 집합으로 보통 중심 셀과 바로 인접한 셀들로 구성된다. 전이규칙은 자기 자신의 값과 인접 셀들의 값들에 기초하여 그 셀이 다음 단계에서 가지게 될 값을 결정하는 규칙으로, 이는 모든 셀에 대하여 동시적 또는 병렬적으로 적용될 수 있다.
- [0033] 따라서, 본 발명의 일 실시예는 셀룰러 오토마타를 통하여, 분석 대상을 단순화할 수 있고, 각 셀들의 관계 설정이 가능하며, 모든 셀의 상태를 각각 설정할 수 있고, 직관적이고 용이한 계산이 가능할 수 있다.
- [0034] 도 1은 대상지역(ex. 대구)을 셀룰러 오토마타로 표현하기 위하여 1개의 구역을 1개의 셀로 설정하였으며, 각 셀은 (x, y)의 좌표를 가질 수 있다.
- [0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치는 하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 적어도 하나 이상의 프로그램을 저장하는 실행메모리를 포함하고, 상기 적어도 하나 이상의 프로그램은, 복수개의 구역을 포함하는 대상지역을 셀룰러 오토마타(Cellular Automata; CA)에 기반하여 상기 복수개의 구역에 대응하도록 셀 단위로 분할하고, 상기 셀마다 상응하는 구역의 인구수를 할당하고, 전체 셀 중에 임의의 제1 셀에 한 명의 감염자를 발생시키고, 상기 감염자가 상기 제1 셀에 포함된 인구를 감염시키는 내부감염과 상기 제1 셀과 인접한 복수개의 제2 셀에 포함된 인구를 감염시키는 외부감염을 구분하고, 상기 대상지역의 실제 감염 데이터를 입력으로 시뮬레이션 모델을 학습시킬 수 있다.
- [0037] 이 때, 제1 셀은 하나 이상일 수 있으며, 복수개인 경우 복수의 감염자를 동시에 발생시킬 수 있다.
- [0038] 이 때, 상기 셀에 할당되는 인구수는 실제 상기 셀에 상응하는 구역의 인구수를 할당할 수도 있으나, 모든 구역의 인구수를 사전에 조사하고 이를 할당하기에는 다소 시간이 걸릴 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예는 상기 대상지역의 총 인구수를 상기 셀의 개수로 나누어 동일한 인구가 거주중인 것으로 가정하여 할당할 수도 있다. 따라서, 상기 대상지역의 인구수가 M이고, 상기 구역의 수가 D인 경우, 각 셀에 표현되는 인구수는 D/M일 수 있다.
- [0039] 이 때, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 감염자는 상기 감염자가 속한 제1 셀에 포함된 인구를 확률적으로 감염시킬 수 있고, 상기 제1 셀과 인접한 제2 셀(격자형태의 경우, 최소 2개에서 최대 8개)에 포함된 인구를 확률적으로 감염시킬 수 있으며, 도 3을 참조하여 후술하는 바와 같이 전술한 감염을 내부감염으로 정의할 수 있고, 후술한 감염을 외부감염으로 정의할 수 있다.

- [0041] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라, 실제 감염 데이터 일별 감염자 수 그래프이다.
- [0042] 도 2를 참조하면, 상기 실제 감염 데이터는 상기 대상지역에 실제 발생한 일별 감염자 수에 관한 것일 수 있다.
- [0043] 이 때, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 실제 감염 데이터를 기반으로 일별 감염자의 수가 증가하는 경향을 보이는 구간을 확산구간으로 설정할 수 있고, 일별 감염자의 수가 감소하는 경향을 보이는 구간을 진정구간으로 설정할 수 있다.
- [0044] 다만, 이 때, 일별 감염자의 수는 등락을 반복하는 모습을 보이는 것이 일반적이므로, 본 발명의 일 실시예에 따른 하나 이상의 프로그램은 감염자 발생일로부터 일별 감염자 수가 최대인 기준일까지를 확산구간으로 설정할 수 있고, 상기 기준일부터 기설정된 진정일까지를 진정구간으로 설정할 수 있다.
- [0045] 이 때, 상기 진정일은 일별 감염자의 수가 변동이 적어지는 경향을 보이는 시점으로 설정되거나, 상기 확산구간과 상기 진정구간이 동일하도록 설정될 수도 있다.
- [0046] 또한, 일별 감염자가 증가하는 확산구간과 감소하는 진정구간을 동일한 시뮬레이션 모델로 학습시키는 것을 예측 정확성을 확보하기 위해 바람직하지 않으므로, 본 발명의 일 실시예에 따른 하나 이상의 프로그램은 상기 확산구간에 대응하는 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 진정구간에 대응하는 제2 시뮬레이션 모델을 구분하여 학습시킬 수 있다.
- [0047] 또한, 도 2를 참조하면, 확산구간과 진정구간에 대하여 다시 식별구간과 검증구간으로 구분하고 있는데, 이는 후술하는 바와 같이 시뮬레이션 모델을 최적화하기 위하여 구분하고 있는 것이다. 보다 상세한 것은 도 4 및 도 5를 참조하여 후술하도록 한다.
- [0049] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라, 셀룰러 오토마타를 이용한 해당지역 및 복수개의 구역별 인구 및 감염을 나타내는 예시도이다.
- [0050] 도 3을 참조하면, 상술한 바와 같이, 상기 대상지역은 복수개의 셀을 포함할 수 있고, 각 셀에는 감염자가 발생할 수 있으며, 각 감염자는 동일한 셀 또는 인접한 셀을 감염시킬 수 있다.
- [0051] 이 때, 상기 셀은 가로 x개와 세로 y개의 2차원 평면에서 (x, y)의 좌표를 가지도록 설정될 수 있다.
- [0052] 이 때, 본 발명의 일 실시예에 따른 시뮬레이션 모델은 상기 확산구간에 대응하는 상기 제1 시뮬레이션 모델과 상기 진정구간에 대응하는 상기 제2 시뮬레이션 모델로 구분할 수 있는데, 이 때, 상기 제1 시뮬레이션 모델은,

수학식 1

$$0 < \alpha, \beta \leq 1$$

$$\Delta N_{p,x,y} \leq M_{x,y}$$

$$N_{p,tot} \leq M_{tot}$$

[0053]

- [0054] 상기 수학식 1의 조건에 기반하여(각 셀의 신규 감염자 수는 각 셀의 인구수를 초과할 수 없고, P번째 날 전체 신규 감염자 수는 상기 대상지역의 총 인구수를 초과할 수 없으므로)

수학식 2

$$\begin{aligned}\Delta N_{p,x \cdot y} &= f_{i,in} \left(\sum N_{p-1,x \cdot y}, \alpha \right) \\ &+ f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x-1) \cdot (y-1)}, \beta \right) \\ &+ f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x-1) \cdot y}, \beta \right) \\ &+ f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x-1) \cdot (y+1)}, \beta \right) \\ &+ f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,x \cdot (y-1)}, \beta \right) \\ &+ f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,x \cdot (y+1)}, \beta \right) \\ &+ f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x+1) \cdot (y-1)}, \beta \right) \\ &+ f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x+1) \cdot y}, \beta \right) \\ &+ f_{i,out} \left(\sum N_{p-1,(x+1) \cdot (y+1)}, \beta \right) \\ N_{p,tot} &= \sum_{x=1} \sum_{y=1} (\Delta N_{p,x \cdot y})\end{aligned}$$

[0055]

[0056]

상기 수학식 2로 정의될 수 있다.

[0057]

이 때, $M_{x \cdot y}$ 는 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 인구수이고, M_{tot} 는 전체 셀의 총 인구수이고, α 는 내부감염의 전파율이고, β 는 외부감염의 전파율이고, $f_{i,in}$ 은 상기 확산구간의 내부감염을 나타내는 방정식이고, $f_{i,out}$ 은 상기 확산구간의 외부감염을 나타내는 방정식이고, $N_{p,x \cdot y}$ 는 $f_{i,in}$ 과 $f_{i,out}$ 을 통해 산출된 p번째 날의 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 신규 감염자 수를 나타내고, $N_{p,tot}$ 는 p번째 날의 전체 신규 감염자 수를 나타낼 수 있다.

[0058]

또한, 상기 제2 시뮬레이션 모델은,

수학식 3

$$0 < k \cdot \alpha, t \cdot \beta \leq 1$$

$$\Delta N_{q,x \cdot y} \leq M_{x \cdot y}$$

$$N_{q,tot} \leq M_{tot}$$

[0059]

[0060]

상기 수학식 3의 조건에 기반하여(각 셀의 신규 감염자 수는 각 셀의 인구수를 초과할 수 없고, q번째 날 전체 신규 감염자 수는 상기 대상지역의 총 인구수를 초과할 수 없으므로)

수학식 4

$$\begin{aligned}\Delta N_{q,x,y} = & f_{d,in} \left(\sum N_{q-1,x,y}, k \cdot \alpha \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x-1),(y-1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x-1),y}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x-1),(y+1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,x,(y-1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,x,(y+1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x+1),(y-1)}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x+1),y}, t \cdot \beta \right) \\ & + f_{d,out} \left(\sum N_{q-1,(x+1),(y+1)}, t \cdot \beta \right)\end{aligned}$$

$$N_{q,tot} = \sum_x \sum_y (\Delta N_{q,x,y})$$

[0061]

[0062]

상기 수학식 4로 정의될 수 있다.

[0063]

이 때, M_{xy} 는 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 인구수이고, M_{tot} 는 전체 셀의 총 인구수이고, k는 기설정된 진정구간의 내부감염계수이고, t는 기설정된 진정구간의 외부감염계수이고, α 는 내부감염의 전파율이고, β 는 외부감염의 전파율이고, $f_{d,in}$ 은 상기 확산구간의 내부감염을 나타내는 방정식이고, $f_{d,out}$ 은 상기 확산구간의 외부감염을 나타내는 방정식이고, $N_{q,xy}$ 는 $f_{d,in}$ 과 $f_{d,out}$ 을 통해 산출된 q번째 날의 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 신규 감염자 수를 나타내고, $N_{q,tot}$ 는 q번째 날의 전체 신규 감염자 수를 나타낼 수 있다.

[0064]

이 때, 진정구간도 확산구간과 마찬가지로 동일한 메커니즘으로 감염이 이루어지므로, 상기 내부감염의 전파율 및 상기 외부감염의 전파율은 그대로 적용하되, 신규 감염자의 수가 감소하는 경향을 반영할 수 있도록 진정구간의 내부감염계수 k를 상기 내부감염의 전파율에 곱하고, 진정구간의 외부감염계수 t를 상기 외부감염의 전파율에 곱하여 적용할 수 있다.

[0066]

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델의 학습 과정을 나타내는 개념도이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 식별구간을 통해 전파율 및 감염계수를 산출하는 개념도이다.

[0067]

도 2에서 상술한 바와 같이, 상기 확산구간에 대응하는 상기 제1 시뮬레이션 모델을 학습하여 최적의 α_1 와 β_1 를 구하기 위한 구간을 제1 식별구간으로 설정할 수 있고, 산출된 α_1 와 β_1 의 타당성을 판단하기 위한 구간을 제1 검증구간으로 설정할 수 있다. 이 때, 상기 제1 식별구간 및 상기 제1 검증구간은 기설정된 비율에 기반하여 구분될 수 있는데, 예를 들어 8 : 2의 비율로 구분될 수 있다.

[0068]

보다 상세하게 살펴보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 하나 이상의 프로그램은 상기 제1 시뮬레이션 모델의 수학적식(수학식 2)에서, α 와 β 에 임의의 전파율 α_0 와 β_0 을 대입하여, 상기 제1 식별구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는 α_1 과 β_1 을 산출하는 제1 단계 및 상기 α_1 과 β_1 을 상기 제1 시뮬레이션 모델의 수학적식(수학식 2)에 대입하여, 상기 제1 검증구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는지 검증하는 제2 단계를 반복하여 상기

제1 시뮬레이션 모델을 학습시킬 수 있다.

- [0069] 이 때, 오차범위는 사용자에게 의하여 기설정될 수 있으며, 오차범위를 작게 설정할수록 시뮬레이션의 예측 정확도를 향상될 수 있다.
- [0070] 또한, 도 2에서 상술한 바와 같이, 상기 진정구간에 대응하는 상기 제2 시뮬레이션 모델을 학습하여 최적의 k_1 와 t_1 를 구하기 위한 구간을 제2 식별구간으로 설정할 수 있고, 산출된 k_1 와 t_1 의 타당성을 판단하기 위한 구간을 제2 검증구간으로 설정할 수 있다. 이 때, 상기 제2 식별구간 및 상기 제2 검증구간은 기설정된 비율에 기반하여 구분될 수 있는데, 예를 들어 8 : 2의 비율로 구분될 수 있다.
- [0071] 이 때, 진정구간도 확산구간과 마찬가지로 동일한 매커니즘으로 감염이 이루어지므로, 상기 내부감염의 전파율 및 상기 외부감염의 전파율은 그대로 적용할 수 있고, 신규 감염자의 수가 감소하는 경향을 반영할 수 있도록 진정구간의 내부감염계수 k 와 외부감염계수 t 를 최적화하는 과정을 수행할 수 있다.
- [0072] 보다 상세하게 살펴보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 하나 이상의 프로그램은 상기 제2 시뮬레이션 모델의 수학적식(수학적식 4)에 상기 α_1 과 β_1 을 대입하고, k 에 임의의 내부감염계수 k_0 와 t 에 임의의 외부감염계수 t_0 를 대입하여, 상기 제2 식별구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는 k_1 와 t_1 를 산출하는 제3 단계 및 상기 k_1 와 t_1 를 상기 제2 시뮬레이션 모델의 수학적식(수학적식 4)에 대입하여, 상기 제2 검증구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는지 검증하는 제4 단계를 반복하여 상기 제2 시뮬레이션 모델을 학습시킬 수 있다.
- [0073] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치는 상술한 바와 같이, 각각의 셀마다 특성을 반영하여 시뮬레이션을 할당할 수 있으므로, 상기 적어도 하나 이상의 프로그램은 상기 셀에 인구밀도, 인구이동율, 단체시설 및 집합시설 보유수에 기반하는 변동계수를 할당하고, 상기 변동계수를 상기 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 제2 시뮬레이션 모델에 반영하여 학습시킬 수 있다.
- [0074] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치는 상술한 바와 같이, 각각의 셀마다 특성을 반영하여 시뮬레이션을 할당할 수 있으므로, 상기 적어도 하나 이상의 프로그램은 상기 셀에 인구밀도, 인구이동율, 단체시설 및 집합시설 보유수에 기반하는 변동계수를 할당하고, 상기 변동계수를 상기 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 제2 시뮬레이션 모델에 반영하여 학습시킬 수 있다.
- [0075] 이 때, 상기 인구밀도는 상기 셀에 대응하는 구역의 면적 대비 인구수의 비율일 수 있고, 상기 인구이동율은 상기 셀과 다른 셀이 연결되는 도로 등의 교통 통행량에 기반하여 산출될 수 있으며, 상기 변동계수는 상기 인구밀도, 상기 인구이동율, 상기 단체시설 및 집합시설 보유수를 정규화한 수치값일 수 있다.
- [0077] 상술한 구성을 통하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 장치는 실제 데이터를 기반으로 시뮬레이션하는 모델이라는 점에서 정확도가 높고, 셀룰러 오토마타를 사용하여 각각의 셀에 대하여 고유한 특성을 입력할 수 있어, 각 셀에 지역적 특성을 반영하여 좀 더 해상도가 높은 시뮬레이션 구현이 가능하다는 효과가 있다.
- [0078] 또한, 상기 변동계수에 인구밀도, 구성원들의 행정 구역 같은 이동, 단체 시설 등 클러스터 감염의 확률을 높일 수 있는 특성들을 반영하여, 폭발적이고 돌발적인 클러스터 감염에 대한 영향력을 미리 예측하고 대비할 수 있다.
- [0079] 또한, 하나의 대상지역뿐만 아니라 복수의 대상지역을 대상을 결합하여 시뮬레이션 모델을 학습시킬 수 있으며, 이를 통해 보다 현실적인 감염경로 및 감염자 수를 예측할 수 있다.
- [0081] 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시예들은 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고 본 발명의 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 즉 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형예들이 실시 가능하다는 것은 본 발명의 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다. 또한 상기 각각의 실시예는 필요에 따라 서로 조합되어 운용할 수 있다.
- [0083] 또한, 본 발명에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다.
- [0084] 보다 상세하게 살펴보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 방법은 복수개의 구역을 포함하는 대상지역을 셀룰러 오토마타에 기반하여 상기 복수개의 구역에 대응하도록 셀 단위로 분할하는 단계, 상기 셀마다 상응하는 구역의 인구수를 할당하는 단계, 전체 셀 중에 임의의 제1 셀에 한

명의 감염자를 발생시키는 단계 및 상기 감염자가 상기 제1 셀에 포함된 인구를 감염시키는 내부감염과 상기 제1 셀과 인접한 복수개의 제2 셀에 포함된 인구를 감염시키는 외부감염을 구분하고, 상기 대상지역의 실제 감염 데이터를 입력으로 시뮬레이션 모델을 학습시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0085] 이 때, 상기 실제 감염 데이터는 상기 대상지역에 실제 발생한 일별 감염자 수에 관한 것일 수 있다.

[0086] 이 때, 상기 시뮬레이션 모델을 학습시키는 단계는 감염자 발생일로부터 일별 감염자 수가 최대인 기준일까지를 확산구간으로 설정하고, 상기 기준일부터 기설정된 진정일까지를 진정구간으로 설정하는 단계 및 상기 확산구간에 대응하는 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 진정구간에 대응하는 제2 시뮬레이션 모델을 구분하여 학습시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0087] 이 때, 상기 셀은 가로 x 개와 세로 y 개의 2차원 평면에서 (x, y) 의 좌표를 가지도록 설정될 수 있고, 상기 제1 시뮬레이션 모델은, 상기 수학식 1의 조건에 기반하여, 상기 수학식 2로 정의되며, $M_{x,y}$ 는 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 인구수이고, M_{tot} 는 전체 셀의 총 인구수이고, α 는 내부감염의 전파율이고, β 는 외부감염의 전파율이고, $f_{i,in}$ 은 상기 확산구간의 내부감염을 나타내는 방정식이고, $f_{i,out}$ 은 상기 확산구간의 외부감염을 나타내는 방정식이고, $N_{p,x,y}$ 는 $f_{i,in}$ 과 $f_{i,out}$ 을 통해 산출된 p 번째 날의 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 신규 감염자 수를 나타내고, $N_{p,tot}$ 는 p 번째 날의 전체 신규 감염자 수를 나타낼 수 있고,

[0088] 상기 제2 시뮬레이션 모델은, 상기 수학식 3의 조건에 기반하여, 상기 수학식 4로 정의되며, $M_{x,y}$ 는 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 인구수이고, M_{tot} 는 전체 셀의 총 인구수이고, k 는 기설정된 진정구간의 내부감염계수이고, t 는 기설정된 진정구간의 외부감염계수이고, α 는 내부감염의 전파율이고, β 는 외부감염의 전파율이고, $f_{d,in}$ 은 상기 확산구간의 내부감염을 나타내는 방정식이고, $f_{d,out}$ 은 상기 확산구간의 외부감염을 나타내는 방정식이고, $N_{q,x,y}$ 는 $f_{d,in}$ 과 $f_{d,out}$ 을 통해 산출된 q 번째 날의 (x, y) 좌표를 갖는 셀의 신규 감염자 수를 나타내고, $N_{q,tot}$ 는 q 번째 날의 전체 신규 감염자 수를 나타낼 수 있다.

[0089] 이 때, 상기 확산구간에 대응하는 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 진정구간에 대응하는 제2 시뮬레이션 모델을 구분하여 학습시키는 단계는 상기 확산구간을 기설정된 비율에 기반하여 제1 식별구간 및 제1 검증구간으로 구분하고, 상기 진정구간을 기설정된 비율에 기반하여 제2 식별구간 및 제2 검증구간으로 구분하는 단계, 상기 제1 시뮬레이션 모델의 수학식에서, α 와 β 에 임의의 전파율 α_0 와 β_0 을 대입하여, 상기 제1 식별구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는 α_1 과 β_1 을 산출하는 제1 단계 및 상기 α_1 과 β_1 을 상기 제1 시뮬레이션 모델의 수학식에 대입하여, 상기 제1 검증구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는지 검증하는 제2 단계를 반복하여 상기 제1 시뮬레이션 모델을 학습시키는 단계 및 상기 제2 시뮬레이션 모델의 수학식에 상기 α_1 과 β_1 을 대입하고, k 에 임의의 내부감염계수 k_0 와 t 에 임의의 외부감염계수 t_0 를 대입하여, 상기 제2 식별구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는 k_1 와 t_1 를 산출하는 제3 단계 및 상기 k_1 와 t_1 를 상기 제2 시뮬레이션 모델의 수학식에 대입하여, 상기 제2 검증구간과 기설정된 오차범위내의 결과를 갖는지 검증하는 제4 단계를 반복하여 상기 제2 시뮬레이션 모델을 학습시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0090] 이 때, 본 발명의 일 실시예에 따른 실제 감염 데이터에 기반하는 시뮬레이션 모델 학습 방법은 상기 셀에 인구 밀도, 인구이동율, 단체시설 및 집합시설 보유수에 기반하는 변동계수를 할당하는 단계를 더 포함할 수 있고,

[0091] 상기 확산구간에 대응하는 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 진정구간에 대응하는 제2 시뮬레이션 모델을 구분하여 학습시키는 단계는 상기 변동계수를 상기 제1 시뮬레이션 모델 및 상기 제2 시뮬레이션 모델에 반영하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0093] 이와 같이, 본 발명의 다양한 실시예들은 특정 관점에서 컴퓨터 리드 가능 기록 매체(computer readable recording medium)에서 컴퓨터 리드 가능 코드(computer readable code)로서 구현될 수 있다. 컴퓨터 리드 가능 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의해 리드될 수 있는 데이터를 저장할 수 있는 임의의 데이터 저장 디바이스이다. 컴퓨터 리드 가능 기록 매체의 예들은 읽기 전용 메모리(read only memory: ROM)와, 랜덤-접속 메모리

(random access memory: RAM)와, 콤팩트 디스크- 리드 온니 메모리(compact disk-read only memory: CD-ROM)들과, 마그네틱 테이프(magnetic tape)들과, 플로피 디스크(floppy disk)들과, 광 데이터 저장 디바이스들, 및 캐리어 웨이브(carrier wave)들(인터넷을 통한 데이터 송신 등)을 포함할 수 있다. 컴퓨터 리드 가능 기록 매체는 또한 네트워크 연결된 컴퓨터 시스템들을 통해 분산될 수 있고, 따라서 컴퓨터 리드 가능 코드는 분산 방식으로 저장 및 실행된다. 또한, 본 발명의 다양한 실시예들을 성취하기 위한 기능적 프로그램들, 코드, 및 코드 세그먼트(segment)들은 본 발명이 적용되는 분야에서 숙련된 프로그래머들에 의해 쉽게 해석될 수 있다.

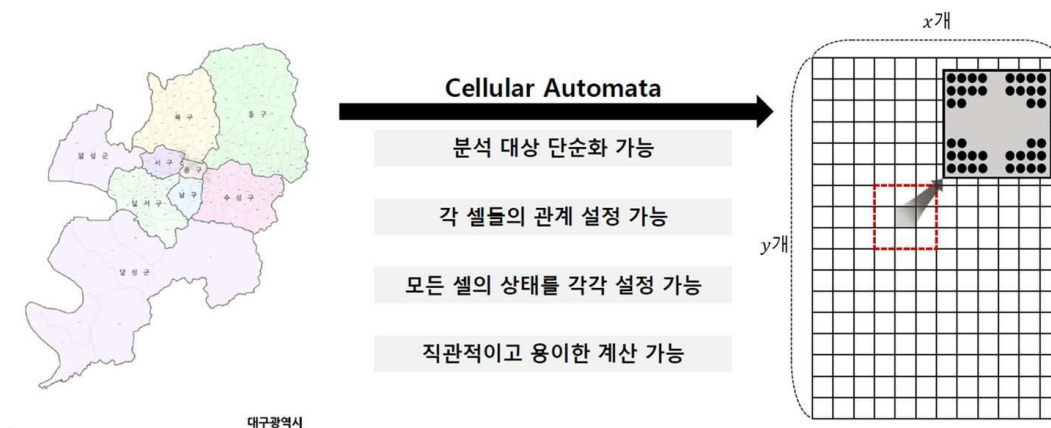
[0094] 또한 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 장치 및 방법은 하드웨어, 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 조합의 형태로 실현 가능하다는 것을 알 수 있을 것이다. 이러한 소프트웨어는 예를 들어, 삭제 가능 또는 재기록 가능 여부와 상관없이, ROM 등의 저장 장치와 같은 휘발성 또는 비휘발성 저장 장치, 또는 예를 들어, RAM, 메모리 칩, 장치 또는 집적 회로와 같은 메모리, 또는 예를 들어 콤팩트 디스크(compact disk: CD), DVD, 자기 디스크 또는 자기 테이프 등과 같은 광학 또는 자기적으로 기록 가능함과 동시에 기계(예를 들어, 컴퓨터)로 읽을 수 있는 저장 매체에 저장될 수 있다. 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 방법은 제어부 및 메모리를 포함하는 컴퓨터 또는 휴대 단말에 의해 구현될 수 있고, 이러한 메모리는 본 발명의 실시예들을 구현하는 명령들을 포함하는 프로그램 또는 프로그램들을 저장하기에 적합한 기계로 읽을 수 있는 저장 매체의 한 예임을 알 수 있을 것이다.

[0095] 따라서, 본 발명은 본 명세서의 청구항에 기재된 장치 또는 방법을 구현하기 위한 코드를 포함하는 프로그램 및 이러한 프로그램을 저장하는 기계(컴퓨터 등)로 읽을 수 있는 저장 매체를 포함한다. 또한, 이러한 프로그램은 유선 또는 무선 연결을 통해 전달되는 통신 신호와 같은 임의의 매체를 통해 전자적으로 이송될 수 있고, 본 발명은 이와 균등한 것을 적절하게 포함한다.

[0096] 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고, 본 발명의 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 또한 앞서 설명된 본 발명에 따른 실시예들은 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 범위의 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 다음의 특허청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

도면

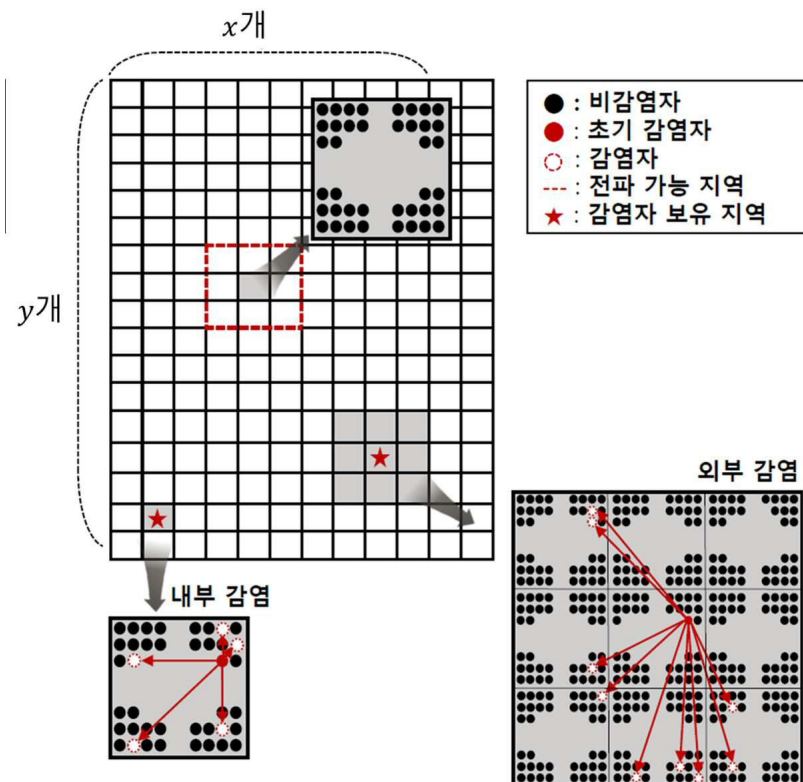
도면1



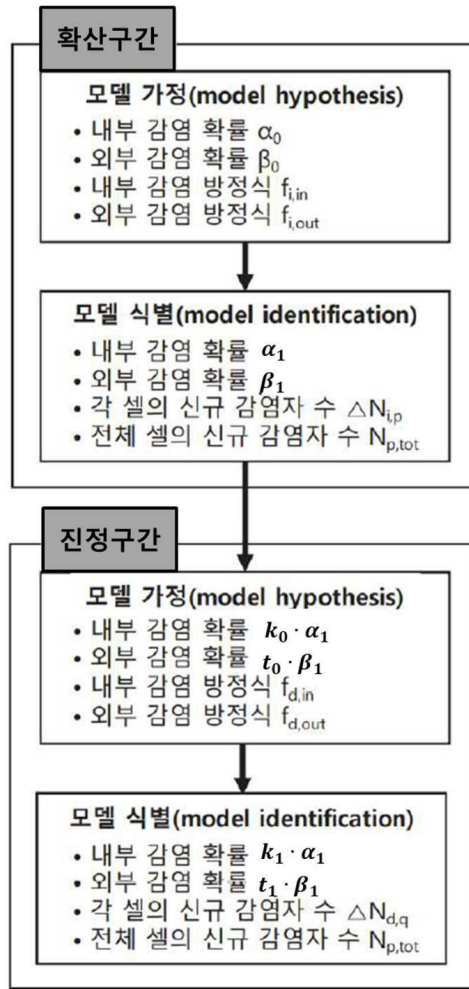
도면2



도면3



도면4



도면5

