(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0174941
(43) 공개일자 2024년12월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F24F 11/65 (2018.01) *F24F 11/52* (2018.01)
F24F 11/56 (2018.01) *F24F 110/10* (2018.01)
F24F 110/20 (2018.01) *F24F 110/64* (2018.01)
F24F 110/66 (2018.01) *F24F 110/70* (2018.01)
F24F 120/10 (2018.01) *F24F 3/14* (2006.01)
F24F 7/003 (2021.01)
(52) CPC특허분류
F24F 11/65 (2023.05)
F24F 11/52 (2018.01)
(21) 출원번호 10-2023-0074066
(22) 출원일자 2023년06월09일
심사청구일자 2023년06월09일

(71) 출원인
한국재료연구원
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
(72) 발명자
이승훈
경상남도 창원시 성산구 원이대로878번길 9(가음동, 창원 가음 한화 꿈에그린) 103동 205호
정성훈
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동, 한국재료연구소)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이지

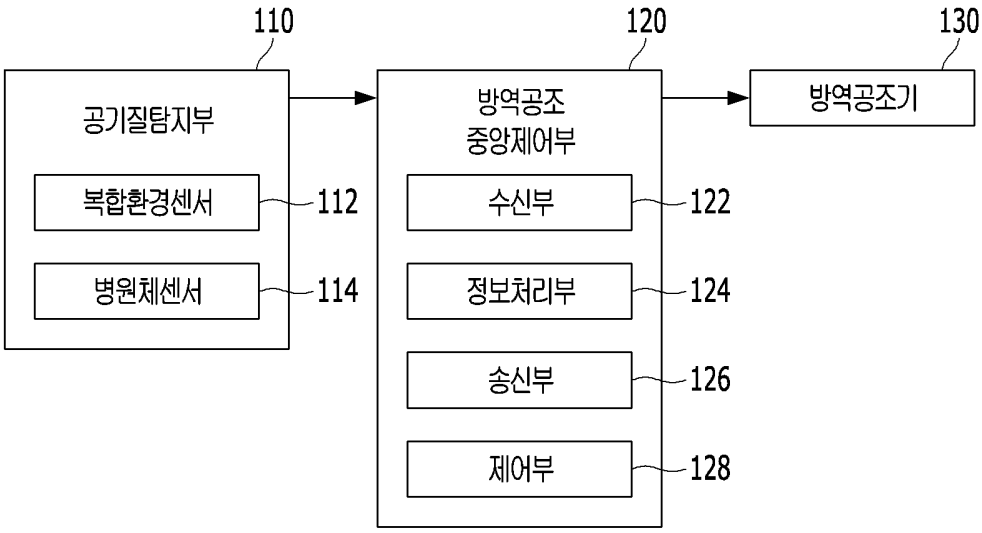
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템**

(57) 요 약

본원은 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템에 관한 것이다. 더욱 상세하게, 본원은 공기매개 감염병에 감염될 위험도를 정확하게 예측하여 공기매개 감염병 확산을 효율적으로 방지하는 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템 및 이를 이용한 공기매개 감염병 확산 방지 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
F24F 11/56 (2018.01)
F24F 3/14 (2021.01)
F24F 7/003 (2023.08)
F24F 2110/10 (2018.01)
F24F 2110/20 (2018.01)
F24F 2110/64 (2018.01)
F24F 2110/66 (2018.01)
F24F 2110/70 (2018.01)
F24F 2120/10 (2018.01)
(72) 발명자
박주영
경상남도 창원시 성산구 창이대로 737 (사파동, 사파동성아파트)
변은연
경상남도 창원시 성산구 원이대로878번길 9 (가음동, 창원 가음 한화 꿈에그린) 106동 2705호
김도근
서울특별시 송파구 위례성대로6길 44 (방이동, 방이타운) 403호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711161781
과제번호	PNCC750
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	바이오의료기술개발
연구과제명	디지털트윈 기반 바이러스 정밀 탐지 및 지능형 방역 공조 시스템 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국재료연구원
연구기간	2022.04.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1465039518
과제번호	PGL0300
부처명	보건복지부
과제관리(전문)기관명	한국보건산업진흥원
연구사업명	감염병의료안전강화기술개발사업
연구과제명	의료현장 감염병 안정성 강화를 위한 디지털·환경데이터 기반 AI 방역공조 시스템 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국재료연구원
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

방역공조 대상 공간의 공기질을 탐지하는 공기질탐지부;

상기 공기질탐지부에서 탐지된 공기질 정보를 기반으로 공기매개 감염병 감염위험도를 산출하여 방역 대책 명령을 내리는, 방역공조 중앙제어부; 및

상기 방역공조 중앙제어부에서 내린 명령에 따라 작동하는 방역공조부;를 포함하고,

상기 공기질탐지부는,

온도, 습도, 이산화탄소, 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세입자(PM) 및 재실자 정보를 탐지하는 복합환경센서; 및

공기매개 감염 병원체를 탐지하는 병원체센서;를 포함하는, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 병원체센서는, 실내 공기 중 부유 병원균 또는 바이러스를 탐지하고, 탐지된 결과를 상기 방역공조 중앙제어부로 송신하는, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 공기질탐지부는 방역공조 대상 공간에 1개 이상 배치되고, 설정된 시간 간격으로 공기질 정보를 수집하여 상기 방역공조 중앙제어 시스템으로 송신하는 것인, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 방역공조 중앙제어부는, 상기 복합환경센서 및 병원체센서로부터 탐지된 공기질 정보를 기반으로 공기매개 감염병별 감염위험도를 산출하는 정보처리부를 포함하는, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 공기매개 감염병 감염위험도는 하기 식 1에 의해 산출되는 공기매개 감염병 감염확률에 기반하는 것인, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템:

[식 1]

$$P = 1 - e^{-N} = 1 - e^{-IR \times n(t) \times t}$$

상기 식 1에서 P는 감염확률(1이 100%를 의미), N은 총 1인이 흡입한 감염성 입자(Quanta) 총량, IR은 감염된 재실자의 시간당 기체 호흡량(m^3/h), n(t)는 Quanta 농도(m^{-3}), t는 체류시간(h)이고,

상기 식 1에서 Quanta 농도는 하기 식 2에 의해 산출되고,

[식 2]

$$n(t) = n_0 e^{-\Sigma\lambda \times t} + \frac{S}{V \times \sum \lambda} \times \left(1 - e^{-\Sigma\lambda \times t}\right)$$

상기 식 2에서 n_0는 초기 Quanta 농도, S는 Quanta 발생량(h^{-1}), V는 실내공간의 부피 (m^3)이고, $\Sigma\lambda$는 하기 식 3에 의해 산출된 병원체의 시간당 감쇠 총량이며,

[식 3]

$$\sum\lambda = \lambda_{vent} + \lambda_{RH} + \lambda_{dep} + \lambda_{PAC} + \lambda_{rec} \left[\frac{1}{h}\right]$$

상기 식 3에서, λ_{vent}는 환기에 의한 감염성 입자 배출량, λ_{RH}는 상대습도에 의한 자연적 병원체 불활성화량, λ_{dep}는 중력에 의한 병원체 낙하량, λ_{PAC}는 실내 방역공조기에 의한 병원체 제거량, λ_{rec}는 건물순환공조기에 의한 병원체 제거량임.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 공기매개 감염병 감염위험도는 하기 식 3에 의해 산출된 병원체 감쇠 총량에 기반하는 것인, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템:

[식 3]

$$\sum\lambda = \lambda_{vent} + \lambda_{RH} + \lambda_{dep} + \lambda_{PAC} + \lambda_{rec} \left[\frac{1}{h}\right]$$

상기 식 3에서, λ_{vent}는 환기에 의한 감염성 입자 배출량, λ_{RH}는 상대습도에 의한 자연적 병원체 불활성화량, λ_{dep}는 중력에 의한 병원체 낙하량, λ_{PAC}는 실내 방역공조기에 의한 병원체 제거량, λ_{rec}는 건물순환공조기에 의한 병원체 제거량임.

청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서, 상기 병원체는 바이러스, 세균 및 진균 중 1종 이상인, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 방역공조 중앙제어부는, 상기 공기질탐지부의 복합환경센서 및 병원체센서로 탐지된 공기질 정보를 받는 수신부를 포함하는, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 방역공조 중앙제어부는, 공기매개 감염병의 감염위험도가 소정의 기준이상이면, 상기 방역공조부에 방역공조 강화 운전을 명령하도록 설계된 제어부를 포함하는, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 방역공조부는 상기 방역공조 중앙제어부의 명령을 받아, 감염성 입자포집; 포집입자 비활성화; 제습; 및 온도제어 중 하나 이상을 실행하는 것인, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 방역공조부는 고정형 또는 이동형이고, 상기 공기질탐지부를 포함하는, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 방역공조부는 건물에 기 설치된 공조설비에 의한 건물 공조 조건에서 확산되는 입자 분포와 잔류 시간을 분석하여 실내에 설치된 것인, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 방역공조 중앙제어부는 방역 현황 알림이 실시간으로 표시되는 것인, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템.

청구항 14

제1항에 기재된 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템을 이용한 방역공조 방법에 있어서,

i) 복합환경센서 및 병원체센서를 작동하는 단계;

ii) 상기 복합환경센서에서 탐지된 공기질 정보를 방역공조 중앙제어부에서 분석하는 단계;

iii) 상기 병원체센서에서 탐지된 병원체 탐지 결과를 방역공조 중앙제어부에서 분석하는 단계;

iv) 상기 단계 ii) 및 iii) 분석 결과에 기반하여 방역공조 중앙제어부에서 공기매개 감염병 감염위험도를 산출하는 단계;

v) 상기 산출된 공기매개 감염병 감염위험도가 소정의 기준 이상이면, 방역공조 중앙제어부에서 방역공조부에 강화운전을 명령하는 단계; 및

vi) 방역공조 중앙제어부에서 공기매개 감염병 감염위험도를 알람하는 단계;를 포함하는, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 공기매개 감염병 감염위험도는 하기 식 1에 의해 산출되는 공기매개 감염병 감염확률에 기반하는 것인, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 방법;

[식 1]

$$P = 1 - e^{-N} = 1 - e^{-IR \times n(t) \times t}$$

상기 식 1에서 P는 감염확률(1이 100%를 의미), N은 총 1인이 흡입한 감염성 입자(Quanta) 총량, IR은 감염된 재실자의 시간당 기체 호흡량(m^3/h), n(t)는 Quanta 농도(m^{-3}), t는 체류시간(h)이고,

상기 식 1에서 Quanta 농도는 하기 식 2에 의해 산출되고,

[식 2]

$$n(t) = n_0 e^{-\Sigma\lambda \times t} + \frac{S}{V \times \Sigma\lambda} \times \left(1 - e^{-\Sigma\lambda \times t}\right)$$

상기 식 2에서 n_0는 초기 Quanta 농도, S는 Quanta 발생량(h^{-1}), V는 실내공간의 부피 (m^3)이고, $\Sigma\lambda$는 하기 식 3에 의해 산출된 병원체의 시간당 감쇠 총량이며,

[식 3]

$$\sum\lambda = \lambda_{vent} + \lambda_{RH} + \lambda_{dep} + \lambda_{PAC} + \lambda_{rec} \left[\frac{1}{h}\right]$$

상기 식 3에서, λ_{vent}는 환기에 의한 감염성 입자 배출량, λ_{RH}는 상대습도에 의한 자연적 병원체 불활성화량, λ_{dep}는 중력에 의한 병원체 낙하량, λ_{PAC}는 실내 방역공조기에 의한 병원체 제거량, λ_{rec}는 건물순환공조기에 의한 병원체 제거량임.

청구항 16

방역공조 대상 공간의 공기질을 탐지하는 공기질탐지부; 및

상기 공기질탐지부에서 탐지된 공기질 정보와 기입력된 과거 공기질 정보를 기반으로 공기매개 감염병 감염위험도를 예측하는, 방역공조 중앙제어부;를 포함하고,

상기 공기질탐지부는,

온도, 습도, 이산화탄소, 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세입자(PM) 및 감염된 재실자 정보를 탐지하는 복합환경센서; 및

공기매개 감염 병원체를 탐지하는 병원체센서;를 포함하고,

상기 방역공조 중앙제어부는 시계열 분석에 기반한 실내공기질 예측 알고리즘에 의해 공기매개 감염병 감염위험도를 예측하는, 공기매개 감염병 감염예측 시스템.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 실내공기질 예측 알고리즘은 ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average)에 기반한 것인, 공기매개 감염병 감염예측 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본원은 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템에 관한 것이다. 더욱 상세하게, 본원은 공기매개 감염병에 감염될 위험도를 정확하게 예측하여 공기매개 감염병 확산을 효율적으로 방지하는 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템 및 이를 이용한 공기매개 감염병 확산 방지 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 공기매개 감염은 호흡기계 전염병의 가장 보편적인 감염양식이다. 즉, 공기매개 감염은 환자가 기침을 하거나 대화 도중에 방출되는 비말에 균 또는 바이러스(이하, 병원체)가 방출되어 그것이 공기와 함께 호흡기로 흡입됨으로써 감염되는 것을 말한다.

[0003] 대표적인 공기매개 감염병인 2002년 유행했던 사스-코로나바이러스(SARS coronavirus; SARS CoV)는 774명의 사망자를 발생시켰고, 2009년 발병한 신종인플루엔자 바이러스(nowel swine-origin influenza A; H1N1)는 사스-

코로나바이러스에 비해 더 많은 사망자(16,713명, WHO Pandemic (H1N1) 2009 - update 91)를 발생시켰으며, 2012년에 발병하여 한국에서는 2015년에 유행하였던 중동 호흡기 증후군(MERS)으로 최소 850건의 사망이 발생하였다. 최근 발병한 코로나19(COVID-19)는 이전 바이러스보다 더 긴 기간 동안 유행하였고, 2023년 4월 5일 기준으로 약 629만 명의 사망자를 발생시키고 있다.

[0004] 이처럼 공기매개 감염병은 계속해서 유행하고 있으며 앞으로도 더욱 다양한 종류의 바이러스 및 변이종이 발생할 가능성을 배제할 수 없어, 새로운 종류의 바이러스에 대처할 방안에 대한 지속적인 연구가 필요한 실정이다. 또한, 마스크로 공기감염을 100% 막는 데에 한계가 있기 때문에, 실내에서 바이러스가 발견되었을 때, 공기 내에 부유 중인 바이러스를 감지하고 바로 대응할 수 있는 공기매개 감염병 확산 방지용 방역 공조 시스템에 관한 연구가 필요하다.

[0005] 특히, 코로나19의 대유행 이후 실내 공기 중 부유하는 고위험 바이러스를 탐지한 후 바이러스 확산의 시공간 정보를 예측하여 재실자에게 위험 수준을 알려주고 신속하게 실내 공기를 정화하는 기술의 수요가 늘어날 것으로 전망된다.

[0006] 그러나, 지금까지 방역 공조 시스템은 기존 시스템에 미세먼지 센서와 네트워크가 더해진 형태로 감염병 확산을 방지하기 위한 목적으로는 문제가 있었다. 또한, 공기매개 바이러스 감염 위험도를 계산하는 경우, 공간 평균화된 결과값으로 실질적이고 직접적인 반영이 어렵고, 바이러스의 종류별 특성을 반영하지 못한다는 문제가 있다.

[0007] 상기와 같은 문제점에 더하여 병원체로부터 안전한 실내환경 조성을 위한 사회적 수요가 증가함에 따라, 상시 탐지가 가능한 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템의 필요성이 더욱 증가하고 있다.

[0008] 본 발명의 배경 기술로 대한민국 공개특허 제10-2022-0145459호에 다중이용시설 방역 공조 시스템 및 방법이 기재되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 공기매개 감염병에 감염될 위험도를 정확하게 예측하여 공기매개 감염병 확산을 효율적으로 방지하는 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 실내 환경과 상호작용하는 공기매개 감염병 원인인 병원체의 특징에 기반하여 공기매개 감염병에 감염될 위험도를 보다 정확하게 예측하여 공기매개 감염병 확산을 효율적으로 방지하는 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 또 다른 목적은 공기매개 감염병에 감염될 위험도를 정확하게 예측하여 공기매개 감염병 확산을 효율적으로 방지하는 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 방법을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명, 청구범위 및 도면에 의해 더욱 명확히 된다.

과제의 해결 수단

[0013] 일 측면에 따르면, 방역공조 대상 공간의 공기질을 탐지하는 공기질탐지부; 상기 공기질탐지부에서 탐지된 공기질 정보를 기반으로 공기매개 감염병 감염위험도를 산출하여 방역공조 운전 명령을 내리는, 방역공조 중앙제어부; 및 상기 방역공조 중앙제어부에서 내린 명령에 따라 작동하는 방역공조부;를 포함하고, 상기 공기질탐지부는, 온도, 습도, 이산화탄소, 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세입자(PM) 및 재실자 정보를 탐지하는 복합환경센서; 및 공기매개 감염 병원체를 탐지하는 병원체센서;를 포함하는, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템이 제공된다.

[0014] 일 실시예에 따르면, 상기 병원체센서는, 실내 공기 중 부유 병원균 또는 바이러스를 탐지하고, 탐지된 결과를 상기 방역공조 중앙제어부로 송신할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따르면, 상기 공기질탐지부는 방역 공조 대상 공간에 1개 이상 배치되고, 설정된 시간 간격으로 공기질 정보를 수집하여 상기 방역공조 중앙제어 시스템으로 송신하는 것일 수 있다.

[0016] 일 실시예에 따르면, 상기 방역공조 중앙제어부는, 상기 복합환경센서 및 병원체센서로부터 탐지된 정보를 기반으로 공기매개 감염병별 감염위험도를 산출하는 정보처리부를 포함할 수 있다.

[0017] 일 실시예에 따르면, 상기 공기매개 감염병 감염위험도는 하기 식 1에 의해 산출되는 공기매개 감염병 감염확률

에 기반하는 것일 수 있다:

[0018] [식 1]

[0019] $$P = 1 - e^{-N} = 1 - e^{-IR \times n(t) \times t}$$

[0020] 상기 식 1에서 P는 감염확률(1이 100%를 의미), N은 총 1인이 흡입한 감염성 입자(Quanta) 총량, IR은 재실자의 시간당 기체 호흡량(m^3/h), n(t)는 시간별 Quanta 농도(m^{-3}), t는 체류시간(h)이고,

[0021] 상기 식 1에서 Quanta 농도는 하기 식 2에 의해 산출되고,

[0022] [식 2]

[0023] $$n(t) = n_0 e^{-\sum \lambda \times t} + \frac{S}{V \times \sum \lambda} \times \left(1 - e^{-\sum \lambda \times t}\right)$$

[0024] 상기 식 2에서 n_0는 초기 Quanta 농도, S는 Quanta 발생량(h^{-1}), V는 실내공간의 부피 (m^3)이고, $\Sigma\lambda$는 하기 식 3에 의해 산출된 병원체의 시간당 감쇠 총량이며,

[0025] [식 3]

[0026] $$\sum \lambda = \lambda_{vent} + \lambda_{RH} + \lambda_{dep} + \lambda_{PAC} + \lambda_{rec} \left[\frac{1}{h}\right]$$

[0027] 상기 식 3에서, λ_{vent}는 환기에 의한 감염성 입자 배출량, λ_{RH}는 상대습도에 의한 자연적 병원체 불활성화량, λ_{dep}는 중력에 의한 병원체 낙하량, λ_{PAC}는 실내 방역공조기에 의한 병원체 제거량, λ_{rec}는 건물순환공조기에 의한 병원체 제거량임.

[0028] 일 실시예에 따르면, 상기 공기매개 감염병 감염위험도는 하기 식 3에 의해 산출된 병원체 감쇠 총량에 기반하는 것일 수 있다.

[0029] [식 3]

[0030] $$\sum \lambda = \lambda_{vent} + \lambda_{RH} + \lambda_{dep} + \lambda_{PAC} + \lambda_{rec} \left[\frac{1}{h}\right]$$

[0031] 상기 식 3에서, λ_{vent}는 환기에 의한 감염성 입자 배출량, λ_{RH}는 상대습도에 의한 자연적 병원체 불활성화량, λ_{dep}는 중력에 의한 병원체 낙하량, λ_{PAC}는 실내 방역공조기에 의한 병원체 제거량, λ_{rec}는 건물순환공조기에 의한 병원체 제거량임.

[0032] 일 실시예에 따르면, 상기 병원체는 바이러스, 세균 및 진균 중 1종 이상일 수 있다.

[0033] 일 실시예에 따르면, 상기 방역공조 중앙제어부는, 상기 공기질탐지부의 복합환경센서 및 병원체센서로 탐지된 공기질 정보를 받는 수신부를 포함할 수 있다.

[0034] 일 실시예에 따르면, 상기 방역공조 중앙제어부는, 공기매개 감염병 감염위험도가 소정의 기준이상이면, 상기 방역공조부에 방역공조 강화 운전을 명령하도록 설계된 제어부를 포함할 수 있다.

[0035] 일 실시예에 따르면, 상기 방역공조부는 상기 방역공조 중앙제어부의 명령을 받아, 감염성 입자포집; 포집입자 비활성화; 제습 및 온도제어 중 하나 이상을 실행하는 것일 수 있다.

[0036] 일 실시예에 따르면, 상기 방역공조부는 고정형 또는 이동형이고, 상기 공기질탐지부를 포함할 수 있다.

[0037] 일 실시예에 따르면, 상기 방역공조부는 건물에 기 설치된 공조설비에 의한 건물 공조 조건에서 확산되는 입자

분포와 잔류 시간을 분석하여 실내에 설치된 것일 수 있다.

[0038] 일 실시예에 따르면, 상기 방역공조 중앙제어부는 방역 현황 알림이 실시간으로 표시되는 것일 수 있다.

[0040] 다른 측면에 따르면, 본원에 기재된 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템을 이용한 방역공조 방법에 있어서, i) 복합환경센서 및 병원체센서를 작동하는 단계; ii) 상기 복합환경센서에서 탐지된 공기질 정보를 방역공조 중앙제어부에서 분석하는 단계; iii) 상기 병원체센서에서 탐지된 병원체 탐지 결과를 방역공조 중앙제어부에서 분석하는 단계; iv) 상기 단계 ii) 및 iii) 분석 결과에 기반하여 방역공조 중앙제어부에서 공기매개 감염병 감염위험도를 산출하는 단계; v) 상기 산출된 공기매개 감염병 감염위험도가 소정의 기준 이상이면, 방역공조 중앙제어부에서 방역공조부에 강화운전을 명령하는 단계; 및 vi) 방역공조 중앙제어부에서 공기매개 감염병 감염위험도를 알람하는 단계;를 포함하는, 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 방법이 제공된다.

[0041] 일 실시예에 따르면, 상기 공기매개 감염병 감염위험도는 하기 식 1에 의해 산출되는 공기매개 감염병 감염확률에 기반하는 것일 수 있다;

[0042] [식 1]

[0043] $$P = 1 - e^{-N} = 1 - e^{-IR \times n(t) \times t}$$

[0044] 상기 식 1에서 P는 감염확률(1이 100%를 의미), N은 총 1인이 흡입한 감염성 입자(Quanta) 총량, IR은 재실자의 시간당 기체 호흡량(m^3/h), n(t)는 시간별 Quanta 농도(m^{-3}), t는 체류시간(h)이고,

[0045] 상기 식 1에서 Quanta의 농도는 하기 식 2에 의해 산출되고,

[0046] [식 2]

[0047] $$n(t) = n_0 e^{-\sum \lambda \times t} + \frac{S}{V \times \sum \lambda} \times \left(1 - e^{-\sum \lambda \times t}\right)$$

[0048] 상기 식 2에서 n_0는 초기 입자(Quanta) 농도, S는 입자(Quanta) 발생량(h^{-1}), V는 실내공간의 부피 (m^3)이고, $\Sigma \lambda$는 하기 식 3에 의해 산출된 병원체의 감쇠 총량이며,

[0049] [식 3]

[0050] $$\sum \lambda = \lambda_{vent} + \lambda_{RH} + \lambda_{dep} + \lambda_{PAC} + \lambda_{rec} \left[\frac{1}{h}\right]$$

[0051] 상기 식 3에서, λ_{vent}는 환기에 의한 감염성 입자 배출량, λ_{RH}는 상대습도에 의한 자연적 병원체 불활성화량, λ_{dep}는 중력에 의한 병원체 낙하량, λ_{PAC}는 실내 방역공조기에 의한 병원체 제거량, λ_{rec}는 건물순환공조기에 의한 병원체 제거량임.

[0053] 또 다른 측면에 따르면, 방역공조 대상 공간의 공기질을 탐지하는 공기질탐지부; 및 상기 공기질탐지부에서 탐지된 공기질 정보와 기입력된 과거 공기질 정보를 기반으로 공기매개 감염병 감염위험도를 예측하는, 방역공조 중앙제어부;를 포함하고, 상기 공기질탐지부는, 온도, 습도, 이산화탄소, 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세입자(PM) 및 재실자 정보를 탐지하는 복합환경센서; 및 공기매개 감염 병원체를 탐지하는 병원체센서;를 포함하고, 상기 방역공조 중앙제어부는 시계열 분석에 기반한 실내공기질 예측 알고리즘에 의해 공기매개 감염병 감염위험도를 예측하는, 공기매개 감염병 감염예측 시스템이 제공된다.

[0054] 일 실시예에 따르면, 상기 실내공기질 예측 알고리즘은 ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average)에 기반한 것일 수 있다.

발명의 효과

[0056] 일 실시예에 의하면, 본원의 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템은 복합환경센서 및 병원체센서를 구비하고 공기매개 감염병의 감염위험도를 정확하게 예측하여, 공기매개 감염병 확산을 효율적으로 방지할 수 있다.

[0057] 일 실시예에 따르면, 본원의 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템은 실내 환경과 상호작용하는 공기매개 감염병의 원인인 병원체의 특징을 종합적으로 반영하여 공기매개 감염병에 감염될 감염위험도를 보다 정확하게 예측할 수 있다.

[0058] 일 실시예에 의하면, 본원의 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 방법은 공기매개 감염병의 감염위험도를 정확하게 예측하여 병원체의 만연을 선제적으로 방지하거나 감염 위험을 공지하여 병원체 만연에 의한 인명 피해를 최소할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0060] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템의 개략적 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시예에 의한 노출시간 및 이동형 방역공조기(PAC)의 유량에 따른 공기매개 감염병 감염확률을 나타내는 그래프이다.

도 3b는 본 발명의 일 실시예에 의한 노출시간 및 환기 유량에 따른 공기매개 감염병 감염확률을 나타내는 그래프이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 의한 이동형 방역공조기(PAC)의 유량과 환기 유량에 따른 공기매개 감염병 감염확률을 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 의해 이동형 방역공조기 설치 최적화를 위한, 실내기류 및 입자확산 거동을 보여주는 도면이다.

도 6은 경상남도청 민원실의 구역별 시간에 따른 PM 2.5 센서 데이터를 나타낸 그래프이다.

도 7은 경상남도청 민원실의 PM 2.5 센서 데이터의 시계열 분해법(time series decomposition)을 나타내는 그래프이다.

도 8은 경상남도청 민원실의 PM 2.5 센서 데이터에서 시계열 정상성(Auto Correlation Function, ACF)을 확인한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 의한 ARIMA(p,d,q) 모델의 평균 제곱 오차를 나타낸 그래프이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 의한 다양한 환경 및 공기조화기술(HVAC, heating, ventilation, & air conditioning) 매개변수에 따른 공기매개 감염병 감염확률 및 이에 따른 공기매개 감염병 미래 감염확률을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0061] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0062] 본 출원에서, '포함하다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0063] 본 출원에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구

성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서 전체에서, "상에"라 함은 대상 부분의 위 또는 아래에 위치함을 의미하는 것이며, 반드시 중력 방향을 기준으로 상 측에 위치하는 것을 의미하는 것이 아니다.

[0064] 본 명세서에서, "예를 들면" 등에 따르는 설명은 인용된 특성, 변수, 또는 값과 같이 제시한 정보들이 정확하게 일치하지 않을 수 있고, 허용 오차, 측정 오차, 측정 정확도의 한계와 통상적으로 알려진 기타 요인을 비롯한 변형과 같은 효과로 본 발명의 다양한 실시예에 따른 발명의 실시 형태를 한정하지 않아야 할 것이다.

[0065] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

[0066] 본 명세서에서, "공기매개 감염병"이란, 병원체(病原體)가 비말핵(dro-plet nuclei), 먼지 등을 매개로 부유하여 공기 중에 생존하다가 호흡 시 체내 깊숙이 침투하게 되어 전파되는 것을 의미한다.

[0067] 본 명세서에서 "병원체"란 바이러스, 세균, 진균 등 질병을 일으키는 미생물 등을 가리킨다. 일반적으로 질병을 일으킬 수 있는 어떠한 것이라도 포함된다.

[0068] 또한, 본 명세서에서 "시스템"이란, 필요한 기능을 실현하기 위하여 관련 요소를 어떤 법칙에 따라 조합한 집합체를 의미하며, 지정된 정보 처리 기능을 수행하기 위하여 조직화되고 규칙적으로 상호 작용하는 기기의 의미와도 혼용하여 사용된다.

[0070] **[공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템]**

[0071] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템의 개략적 구성도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.

[0073] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본원의 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템은, 방역공조 대상 공간의 공기질을 탐지하는 공기질탐지부(110); 상기 공기질탐지부(110)에서 탐지된 공기질 정보를 기반으로 공기매개 감염병 감염위험도를 산출하여 방역 대책 명령을 내리는, 방역공조 중앙제어부(120); 및 상기 방역공조 중앙제어부(120)에서 내린 명령에 따라 작동하는 방역공조기(130);를 포함한다.

[0075] 상기 공기질탐지부(110)는 복합환경센서(112); 및 병원체센서(114);를 포함할 수 있다.

[0076] 상기 공기질탐지부(110)의 복합환경센서(112)는 공기매개 감염병 감염위험도를 산출하기 위한 정보를 탐지하여 상기 방역공조 중앙제어부(120)로 송신한다.

[0077] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 공기질탐지부(110)의 복합환경센서(112)가 탐지하여 상기 방역공조 중앙제어부(120)로 송신하는 정보는 공기매개 감염병 감염위험도를 산출하는데 도움이 되는 모든 정보를 포함한다.

[0078] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 정보는 온도, 습도, 이산화탄소, 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세입자(PM) 및 재실자 정보를 포함한다.

[0079] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 미세입자는 PM10, PM2.5, 및 100-1000 nm 크기의 입자 중 1종 이상일 수 있다.

[0080] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 휘발성유기화합물은 포름알데히드, 톨루엔, 자일렌, 또는 이들의 조합일 수 있다.

[0081] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 재실자 정보는 재실자의 수, 체류시간 등을 포함할 수 있다.

[0082] 상기 온도, 습도, 이산화탄소, 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세입자(PM) 및 재실자정보는, 공기매개 감염병의 원인 병원체의 생존 및 전파에 영향을 미칠 수 있고, 재실자의 감염성 입자(quanta) 흡입량 및 호흡량에 영향을

미쳐 감염확률에 영향을 미칠 수 있다.

[0083] 상기 온도 및 습도는 정보처리부(124)에 저장된 각종 병원체별 온습도와 시간에 따른 자연 감소율 계산에 활용되며, 식 3의 λ_{RH} 값을 결정하는 데 활용된다.

[0084] 상기 미세입자 농도 정보는 정보처리부(124)에 저장된 미세입자 농도를 통한 Quanta 농도 유추 모델에 활용되어 식 2의 S 값을 도출하는 데 활용된다. 상기 미세입자 농도별 Quata 농도 유추 모델은 복합환경센서(112)의 데이터와 부유 병원체 측정장치인 임팩터 또는 임핀져로 실험을 통해 확보한 실험식을 통해 도출된다.

[0085] 상기 공기질탐지부(110)의 병원체센서(114)는, 실내 공기 중 부유하는 병원체를 탐지하고, 탐지된 결과를 상기 방역공조 중앙제어부(120)로 송신할 수 있다.

[0086] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 병원체는 바이러스, 세균 및 진균 중 1종 이상일 수 있다.

[0087] 상기 병원체센서(114)는 공지의 병원체센서 기술을 이용하여 병원체를 검출하여 병원체의 정성 및 정량 분석이 가능하다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 병원체센서(114)는 다종의 병원체를 검출할 수 있는 측방유동 분석(Lateral Flow Assay)용 카트리지 및 상기 카트리지 상의 병원체 검출 결과를 촬영하여 상기 방역공조 중앙제어부(120)로 송신하는 카메라부를 포함할 수 있다.

[0088] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 병원체센서(114)는 바이러스센서인 것이 적합할 수 있다. 상기 구성에 의하면, 공기매개 확산이 빠르게 진행되고 그로 인한 피해도 막대한 바이러스로 인한 감염병을 신속하고 효율적으로 방역할 수 있다.

[0089] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 병원체센서(114)는 인플루엔자 바이러스, Avian 인플루엔자 바이러스, SARS-CoV-2, Respiratory syncytial virus(RSV) 등을 검출할 수 있다.

[0090] 상기 공기질탐지부(110)는 방역공조 대상 공간에 한 개 이상 배치되고, 설정된 시간 간격으로 공기질 정보를 수집하여 상기 방역공조 중앙제어부(120)로 송신하는 것일 수 있다. 상기한 구성에 의하면, 방역공조 대상 공간 내 모든 구역에 존재하는 공기매개 병원체를 실시간으로 정확하게 탐지하여, 공기매개 감염병 감염위험도를 보다 정확하게 산출할 수 있다.

[0091] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 공기질탐지부(110)는 방역공조 대상 공간에 고정형 또는 이동형으로 설치될 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 공기질탐지부(110)가 이동형인 경우, 방역공조 대상 공간에 설치되는 공기질탐지부(110)의 갯수를 최소화하면서도 방역공조 대상 공간에 존재하는 공기매개 병원체를 실시간으로 정확하게 탐지하여, 공기매개 감염병 감염위험도를 정확하게 산출할 수 있다.

[0092] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 방역공조 중앙제어부(120)는, 수신부(122), 정보처리부(124), 송신부(126), 및 제어부(128)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0093] 상기 수신부(122)는 상기 공기질탐지부(110)의 복합환경센서(112) 및 병원체센서(114)로부터 탐지된 공기질 정보를 수신하여 상기 정보처리부(124)로 전달할 수 있다.

[0094] 상기 정보처리부(124)는 상기 복합환경센서(112) 및 병원체센서(114)로부터 탐지된 공기질 정보를 기반으로 공기매개 감염병별 감염위험도를 산출한다. 상기 공기매개 감염병 감염위험도는 공기매개 감염병별 감염확률에 기반하여 산출될 수 있다.

[0095] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 정보처리부(124)는 상기 복합환경센서(112)로부터 탐지된 온도, 습도, 이산화탄소, 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세입자(PM), 및 재실자 정보에 기반하여 공기매개 감염병별 감염지수 등을 산출할 수 있다. 보다 상세하게는 온도, 습도, 이산화탄소, TVOC 정보는 실내공기 중 부유하는 병원체별 자연 감소량인 식 3의 λ_{RH}를 도출에 사용된다. 미세입자(PM) 농도는 1㎛ 이하 입자, PM2.5, PM10 3종이 측정되며, 각 입자농도와 임팩터 또는 임핀져로 측정된 부유 병원체별 농도와 상관관계를 도출하여 미세입자(PM) 농도로부터 식 2의 n_0를 구하는데 사용된다. 재실자 정보는 재실자가 배출하는 감염성 입자량을 의미하는 S 값을 구하는데 사용된다.

[0096] 이에 한정되는 것은 아니나, 본원의 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템에서 상기 공기매개 감염병 감염위험도는 하기 식 1에 의해 산출되는 공기매개 감염병 감염확률에 기반한 것일 수 있다:

[0097] [식 1]

[0098] $$P = 1 - e^{-N} = 1 - e^{-IR \times n(t) \times t}$$

[0099] 상기 식 1에서 P는 감염확률(1이 100%를 의미), N은 총 1인이 흡입한 감염성 입자(Quanta) 총량, IR은 감염된 재실자의 시간당 기체 호흡량(m^3/h), n(t)는 Quanta 농도(m^{-3}), t는 체류시간(h)이다.

[0100] 상기와 같이, 공기매개 감염병 감염확률은 총 1인이 흡입한 감염성 입자의 양이 많을수록, 감염된 재실자의 시간당 기체 호흡량이 많을수록, Quanta의 농도가 높을수록, 감명된 재실자의 체류시간이 길수록 높아질 수 있다.

[0101] 상기 식 1에서 Quanta의 농도는 하기 식 2에 의해 산출될 수 있다.

[0102] [식 2]

[0103] $$n(t) = n_0 e^{-\sum \lambda \times t} + \frac{S}{V \times \sum \lambda} \times \left(1 - e^{-\sum \lambda \times t}\right)$$

[0104] 상기 식 2에서 n_0는 초기 Quanta 농도, S는 Quanta 발생량(1/h), V는 실내공간의 부피 (m^3)이고, $\Sigma\lambda$는 하기 식 3에 의해 산출된 병원체의 시간당 감쇠 총량이며,

[0105] 상기와 같이, Quanta의 농도(n(t))는 Quanta 발생량이 적을수록, 실내공간 부피가 클수록, 병원체의 시간당 감쇠 총량이 클수록 작아질 수 있다.

[0106] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 n(t)는 PM 농도와 부유 병원체 농도 간 상관관계 식에 의해 산출될 수 있다. PM 농도와 부유 병원체 농도 간 상관관계는 장소에 따라 다르기 때문에 정확한 예측을 위해서는 장소별 또는 유형별 실험 데이터베이스 구축이 필요하다.

[0107] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 n(t)는 재실자 수와 마스크 착용율 및 여과율에 기초하여 산출될 수 있다.

[0108] [식 3]

[0109] $$\sum\lambda = \lambda_{vent} + \lambda_{RH} + \lambda_{dep} + \lambda_{PAC} + \lambda_{rec} \left[\frac{1}{h}\right]$$

[0110] 상기 식 3에서, λ_{vent}는 환기에 의한 감염성 입자 배출량, λ_{RH}는 상대습도에 의한 자연적 병원체 불활성화량, λ_{dep}는 중력에 의한 병원체 낙하량, λ_{PAC}는 실내 방역공조기에 의한 병원체 제거량, λ_{rec}는 건물순환공조기에 의한 병원균 제거량임.

[0111] 상기와 같이, 병원체 감쇠 총량은 환기량이 많을수록, 상대습도에 의한 자연적 병원체 불활성화량이 많을수록, 중력에 의한 낙하량이 많을수록, 실내 방역공조기 및 건물에 기 설치된 공조설비에 의한 병원체 제거량이 많을수록 커질 수 있다.

[0112] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 의한 노출시간 및 이동형 방역공조기(PAC)의 유량에 따른 공기매개 감염병 감염확률을 나타내는 그래프이고, 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 의한 노출시간 및 환기 유량에 따른 공기매개 감염병 감염확률을 나타내는 그래프이다. 상기 그래프에 나타난 바와 같이, 이동형 방역공조기의 유량 및 환기의 유량이 증가할수록 공기매개 감염병 감염확률이 감소하며, 노출시간이 길어질수록 이러한 감소효과는 현저하게 나타날 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 상기 노출시간은 병원체가 존재하는 공간에서의 체류시간일 수 있다.

[0113] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 의한 이동형 방역공조기(PAC)의 유량과 환기 유량에 따른 공기매개 감염병 감염확률을 나타낸 그래프이다. 도 4에 의하면, 이동형 방역공조기만 작동했을 때 보다, 실내환기를 동시에 진행할 때 공기매개 감염병 감염확률 감소에 더욱 효과적인 것을 알 수 있다.

[0114] 이에 한정되는 것은 아니나, 자연적 병원체 불활성화량은 상대습도 등 환경 조건에 따른 병원체별 반감기 DB를 구축하거나 AI에 의한 딥러닝을 통하여 산출할 수 있다. 또한, 방역대상 공간의 습도 및 온도가 변화할 때, 방

역대상 공간의 습도 및 온도에 따른 병원체의 불활성화 값이 반영되어야 한다.

[0115] 상기한 구성에 의하면, 방역대상 공간의 다양한 변수에 의해 변화할 수 있는 공기매개 병원체에 의한 감염병 감염위험도를 정확하게 산출할 수 있다. 실제 감염 재실자가 있는 공간의 공기질은 비정상적 상태이기 때문에 안정된 공기질을 대상으로 감염지수를 계산하는 것은 현실적이지 못한 문제가 있다. 그러나 상기한 구성의 식을 활용하면 건물별, 공간별 및 공조기별 등 실시간으로 변화하는 공기질 상황에 따른 공기매개 감염병 감염위험도의 산출을 가능하게 하므로, 비정상적인 상황에서도 적용이 가능할 수 있다.

[0116] 상기 송신부(126)는 공기매개 감염병 감염위험도가 소정의 기준 이상이면, 공기질탐지부(110)에 감염위험도가 높은 공간을 추가 파악할 수 있도록 탐지하는 명령을 내릴 수 있다. 상기한 구성에 의하면, 재실자의 이동 등 방역대상 공간 내에서 일어날 수 있는 다양한 변수를 종합적으로 파악할 수 있고, 상기 변수에 의해 변화할 수 있는 공기매개 감염병 감염위험도를 보다 정확하게 산출할 수 있다.

[0117] 상기 제어부(128)는 공기매개 감염병 감염위험도가 소정의 기준 이상이면, 상기 방역공조부(130)에 방역공조 강화 운전을 명령하도록 설계된 것일 수 있다. 상기한 구성에 의하면, 방역공조부(130)를 효율적으로 구동할 수 있고, 원격지에서 공기매개 병원체의 만연을 예측하고 대피 명령 등 위험 정보를 현장에 제공하여 병원체 만연에 의한 인명 피해를 최소화할 수 있다.

[0118] 상기 방역공조 중앙제어부(120)는 방역 현황 알림이 실시간으로 표시되는 현황판을 포함할 수 있다. 상기한 구성에 의하면, 현장에서 탐지된 공기질 정보를 원격지에서 정확하게 제공받아 공기매개 감염병 감염위험도를 원격지에서 지속적으로 모니터링할 수 있다. 따라서, 원격지에서 공기매개 감염병의 만연을 예측하고 대피 명령 등 위험 정보를 현장에 제공하여 공기매개 감염병의 만연에 의한 인명 피해를 최소화할 수 있다

[0119] 상기 방역공조부(130)는 상기 방역공조 중앙제어부(120)의 명령을 받아, 감염성 입자포집; 포집입자 비활성화; 제습; 및 온도제어 중 하나 이상을 실행하는 것일 수 있다. 상기한 구성에 의해, 공기매개 감염병 감염위험도를 낮출 수 있다.

[0120] 상기 방역공조부(130)는 고정형 또는 이동형일 수 있다. 고정형 방역공조부는 건물 내 덕트에 설치된 건물에 기설치된 공조설비를 포함할 수 있다.

[0121] 상기 방역공조부(130)가 이동형인 경우가 다수의 방역공조부(130)를 설치할 필요가 없어 설치 비용을 절감할 수 있다.

[0122] 또한, 방역공조부(130)가 이동형이면서 공기질탐지부(110)를 포함하여 일체화한 경우, 필요에 따라 방역공조부(130)를 특정 구역으로 이동하여 공기질 정보를 보다 정확하게 탐지할 수 있고, 탐지된 구역의 공기매개 감염병 감염위험도가 소정의 기준 이상이면 방역을 즉시 진행하여 방역효율을 보다 개선할 수 있다.

[0123] 상기 방역공조부(130)는 건물에 기 설치된 공조 설비에 의한 건물 공조 조건에서 확산되는 입자 분포와 잔류 시간을 분석하여 설치된 것일 수 있다. 상기 구성에 의하면, 방역공조부(130)의 갯수의 최소화하면서 방역효율을 보다 개선할 수 있다.

[0124] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 의해 이동형 방역공조기 설치 최적화를 위한, 실내기류 및 입자확산 거동을 보여주는 도면이다. 이에 한정하는 것은 아니나, 디지털 트윈을 활용하면 건물 공조 조건에서 확산되는 입자 분포와 잔류 시간을 분석할 수 있어, 공기질탐지부(110)의 이동형 또는 고정형 공조기의 효과적인 설치 위치를 도출할 수 있다.

[0126] **[공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 방법]**

[0127] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본원의 다른 측면에 의한 본원에 기재된 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템을 이용한 방역공조 방법은, i) 복합환경센서 및 병원체센서를 작동하는 단계; ii) 상기 복합환경센서에서 탐지된 공기질 정보를 방역공조 중앙제어부에서 분석하는 단계; iii) 상기 병원체센서에서 탐지된 병원체 탐지 결과를 방역공조 중앙제어부에서 분석하는 단계; iv) 상기 단계 ii) 및 iii) 분석 결과에 기반하여 방역공조 중앙제어부에서 공기매개 감염병 감염위험도를 산출하는 단계; v) 상기 산출된 공기매개 감염병 감염위험도가 소정의 기준 이상이면, 방역공조 중앙제어부에서 방역공조부에 강화운전을 명령하는 단계; 및 vi) 방역공조 중앙제어부에서 공기매개 감염병의 감염위험도를 알람하는 단계;를 포함한다.

[0128] 단계 i)는 복합환경센서(112)를 작동하는 단계(S200) 및 병원체센서(114)를 작동하는 단계(S300)을 포함한다.

[0129] 단계 ii)는 상기 복합환경센서(112)에서 탐지된 공기질 정보에 근거하여 방역공조 중앙제어부(120)에서 공기질 정보를 분석하는 단계(S210)이다.

[0130] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 복합환경센서(112)로부터 탐지된 온도, 습도, 이산화탄소, 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세입자(PM), 및 재실자 정보에 기반하여 공기매개 감염병별 감염지수 등을 산출할 수 있다.

[0131] 단계 iii) 상기 병원체센서에서 탐지된 병원체 탐지 결과를 방역공조 중앙제어부에서 분석하는 단계(S310)이다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 병원체센서는 다종의 병원체를 검출할 수 있는 측방유동 분석(Lateral Flow Assay)용 카트리지 상의 병원체 검출 결과를 촬영하여 상기 방역공조 중앙제어부(120)의 수신부(122)로 송신할 수 있다. 이에 근거하여 방역대상 공간에 존재하는 병원체의 존재 및 병원체의 농도 등 정성 및 정량분석을 할 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 복합환경센서(112)에서 탐지하여 수신된 온도, 습도, 이산화탄소, 총휘발성유기화합물 및 미세입자 등의 공기질 정보를 기반으로 탐지된 병원체별 감쇠 계수(k) 등을 산출할 수 있다.

[0132] 단계 iv)는 상기 단계 ii) 및 iii) 분석 결과에 기반하여 방역공조 중앙제어부(120)의 정보처리부(124)에서 공기매개 감염병 감염위험도를 산출하는 단계(S400)이다.

[0133] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 방법에서 상기 공기매개 감염병 감염위험도는 하기 식 1에 의해 산출되는 공기매개 감염병 감염확률에 기반하는 것일 수 있다:

[0134] [식 1]

[0135] $$P = 1 - e^{-N} = 1 - e^{-IR \times n(t) \times t}$$

[0136] 상기 식 1에서 P는 감염확률(1이 100%를 의미), N은 총 1인이 흡입한 감염성 입자(Quanta) 총량, IR은 감염된 재실자의 시간당 기체 호흡량(m^3/h), n(t)는 Quanta 농도(m^{-3}), t는 체류시간(h)이고,

[0137] 상기 식 1에서 Quanta 농도는 하기 식 2에 의해 산출되고,

[0138] [식 2]

[0139] $$n(t) = n_0 e^{-\sum \lambda \times t} + \frac{S}{V \times \sum \lambda} \times \left(1 - e^{-\sum \lambda \times t}\right)$$

[0140] 상기 식 2에서 n_0는 초기 Quanta 농도, S는 Quanta 발생량(1/h), V는 실내공간의 부피 (m^3)이고, $\Sigma\lambda$는 하기 식 3에 의해 산출된 병원체의 시간당 감쇠 총량이며,

[0141] [식 3]

[0142] $$\sum \lambda = \lambda_{vent} + \lambda_{RH} + \lambda_{dep} + \lambda_{PAC} + \lambda_{rec} \left[\frac{1}{h}\right]$$

[0143] 상기 식 3에서, λ_{vent}는 환기에 의한 감염성 입자 배출량, λ_{RH}는 상대습도에 의한 자연적 병원체 불활성화량, λ_{dep}는 중력에 의한 병원체 낙하량, λ_{PAC}는 실내 방역공조기에 의한 병원체 제거량, λ_{rec}는 건물순환공조기에 의한 병원체 제거량임.

[0144] 상기한 구성에 의하면, 방역대상 공간의 다양한 변수에 의해 변화할 수 있는 공기매개 감염병 감염위험도를 정확하게 산출할 수 있다. 상기한 구성의 식을 활용하면 건물별, 공간별 및 공조기별 등에 따라 실시간으로 변화하는 공기질 상황에 따른 계산을 가능하게 하므로, 비정상적인 상황에서도 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조에 적용이 가능한 방법을 제공할 수 있다.

[0145] 단계 v)는 상기 산출된 공기매개 감염병 감염위험도가 소정의 기준 이상이면, 방역공조 중앙제어부(120)에서 방역공조부(130)에 강화운전을 명령하는 단계(S410)이다.

[0146] 만약, 상기 산출된 공기매개 감염병 감염위험도가 소정의 기준 미만이면, 방역공조 중앙제어부(120)에서 방역공

조부(130)에 일반운전을 명령하는 단계(S420)를 포함할 수 있다.

[0147] 단계 vi)는 방역공조 중앙제어부(120)에서 공기매개 감염병 감염위험도를 알람하는 단계(S430)이다.

[0148] 상기한 구성에 의하면, 현장에서 탐지된 공기질 정보를 원격지에서 정확하게 제공받아 공기매개 감염병 감염위험도를 원격지에서 지속적으로 모니터링할 수 있다. 따라서, 원격지에서 공기매개 감염병 만연을 예측하고 대피 명령 등 위험 정보를 현장에 제공하여 공기매개 감염병 만연에 의한 인명 피해를 최소화할 수 있다

[0150] **[공기매개 감염병 감염예측 시스템]**

[0151] 상술한 공기매개 감염병 확산 방지용 방역공조 시스템과 동일 내지 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 도면부호를 부여하고, 상세한 설명을 생략한다.

[0152] 도 1을 참조하면, 본원의 또 다른 측면에 의한 공기매개 감염병 감염예측 시스템은, 방역공조 대상 공간의 공기질을 탐지하는 공기질탐지부(110); 및 상기 공기질탐지부(110)에서 탐지된 공기질 정보와 기입력된 과거 공기질 정보를 기반으로 공기매개 감염병 감염위험도를 예측하는, 방역공조 중앙제어부(120);를 포함하여 구성될 수 있다.

[0153] 상기 공기질탐지부(110)는 복합환경센서(112); 및 병원체센서(114);를 포함할 수 있다.

[0154] 상기 공기질탐지부(110)의 복합환경센서(112)는 공기매개 감염병 감염위험도를 산출하기 위한 정보를 탐지하여 상기 방역공조 중앙제어부(120)로 송신한다.

[0155] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 공기질탐지부(110)의 복합환경센서(112)가 탐지하여 상기 방역공조 중앙제어부(120)로 송신하는 정보는 공기매개 감염병 감염위험도를 예측하는데 도움이 되는 모든 정보를 포함한다.

[0156] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 정보는 온도, 습도, 이산화탄소, 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세입자(PM) 및 재실자 정보를 포함한다.

[0157] 상기 온도, 습도, 이산화탄소, 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세입자(PM) 및 재실자 정보는, 공기매개 감염병의 원인 병원체의 생존 및 전파에 영향을 미칠 수 있고, 재실자의 감염성 입자(quanta) 흡입량 및 호흡량에 영향을 미쳐, 감염확률에 영향을 미칠 수 있다.

[0158] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 방역공조 중앙제어부는 시계열 분석에 기반한 실내공기질 예측 알고리즘에 의해 공기매개 감염병 감염위험도를 예측할 수 있다.

[0159] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 실내공기질 예측 알고리즘은 ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average)에 기반한 것일 수 있다.

[0161] **[실시예]**

[0162] **<u>실시예. ARIMA 모델을 활용한 PM 2.5 농도 예측 모델 개발</u>**

[0163] 2022년 8월 3일부터 2023년 3월까지 경상남도청에 5개의 복합환경센서를 부착하여, PM 2.5 자료를 모니터링하여 그 결과를 도 6 내지 도 10에 나타내었다.

[0164] 즉, 도 6은 경상남도청 민원실의 구역별 시간에 따른 PM 2.5 센서 데이터를 나타낸 그래프이다.

[0165] 도 6을 참조하면, 데이터가 측정된 장소는 5 곳으로, 고객대기실 2 곳, 중앙부 상담창구 2 곳, 우측 사무공간 1 곳의 데이터를 참조하여 분석하였다.

[0166] 도 7은 경상남도청 민원실의 PM 2.5 센서 데이터의 시계열 분해법(time series decomposition)을 나타내는 그래프이다.

[0167] 공기매개 감염 병원체의 농도와 관련이 높을 것으로 예상되는 PM 2.5 센서 데이터의 시계열 분해법을 실시한 결과, 도 7을 참조하면, PM 2.5의 추세(Trend), 계절변동성(Seasonal), 불규칙 요소(Residual)를 확인할 수 있다.

[0168] 도 8은 경상남도청 민원실의 PM 2.5 센서 데이터에서 시계열 정상성(Auto Correlation Function, ACF)을 확인

한 그래프이다.

[0169] 도 8을 참조하면, PM 2.5 센서 데이터로부터 시계열 정상성(ACF)이 확인이 되어, 알고리즘 계산이 가능한 유효 데이터임을 확인하였다.

[0170] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 의한 ARIMA(p,d,q) 모델의 평균 제곱 오차를 나타낸 그래프이다.

[0171] 도 9를 참조하면, ARIMA(2, 0, 1) Mean Squared Error 29.536에서 최적화된 ARIMA를 확인할 수 있다. 상기 분석에 의해 R^2= 82%에서 유의미한 데이터를 얻어, 환경데이터로 감염 지수 예측 가능하다는 것을 알 수 있다.

[0172] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 의한 다양한 환경 및 HVAC 매개변수에 따른 공기매개 감염병 감염확률 및 이에 따른 공기매개 감염병 미래 감염확률을 나타낸 그래프이다.

[0173] 도 10을 참조하면, P(f(PM2.5), Q, Q_pac, 20%, 30 min)의 조건에서 복합환경 및 HVAC 매개변수에 대한 공기매개 SARS-CoV-2 (B.1.1.7) 감염확률을 예측한 데이터를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다. 도 10의 감염확률 실시간 분석 및 예측은 PM2.5 기반 quanta 예측 실험식(f(PM2.5)), 환기량(Q), 국소방역공조기 공기처리량(Q_pac), 습도 20%, 잔류시간 30분 기준으로 계산된 결과이다.

[0174] 상기와 같은 방법에 의해 PM 2.5로부터 감염확률을 예측할 수 있는데, 매개변수로 PM 2.5 뿐만 아니라 PM 1.0, 온도, 상대습도, 이산화탄소, TVOC, PM10, 병원체 종류, 재실자 정보 등을 사용할 수 있다.

부호의 설명

[0175] 110 : 공기질탐지부

112 : 복합환경센서

114 : 병원체센서

120 : 방역공조 중앙제어부

122 : 수신부

124 : 정보처리부

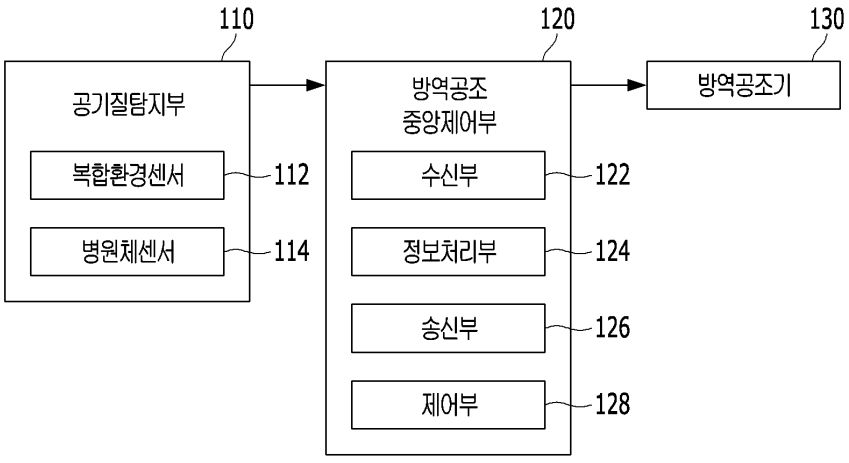
126 : 송신부

128 : 제어부

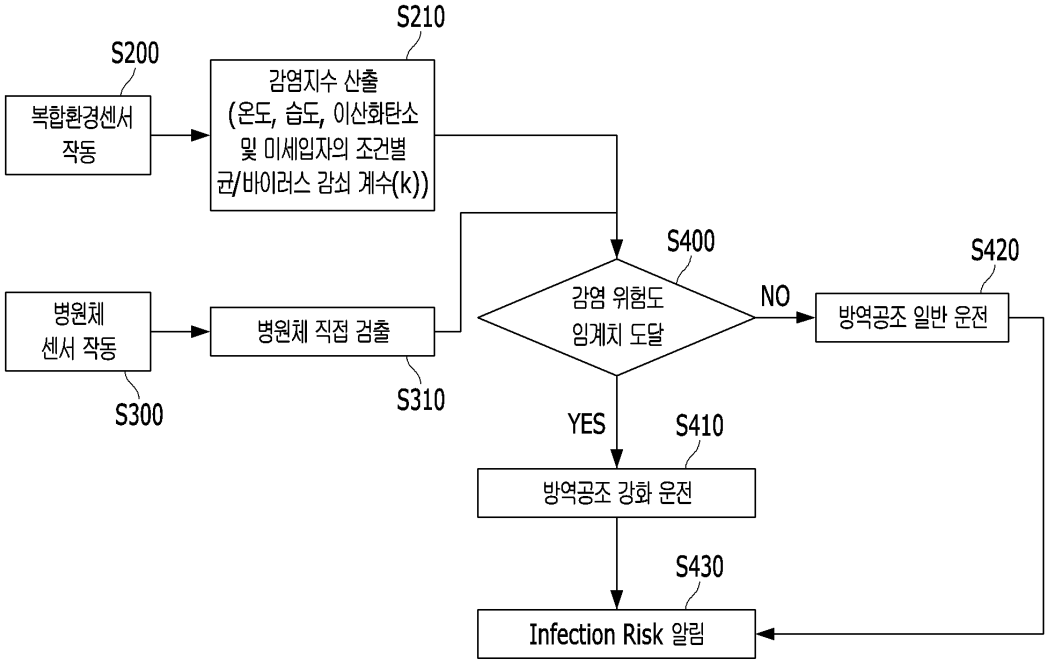
130 : 방역공조부

도면

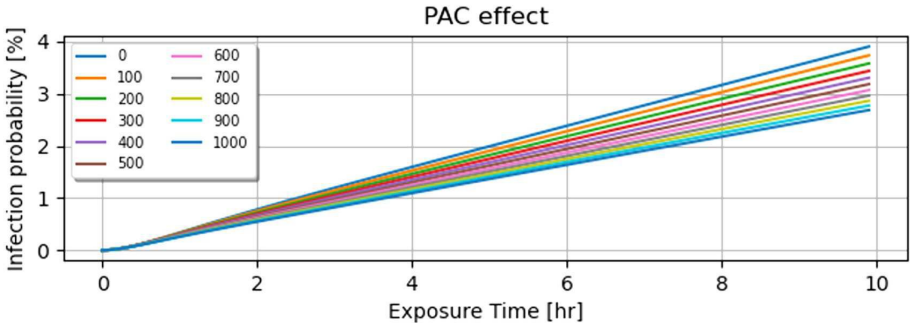
도면1



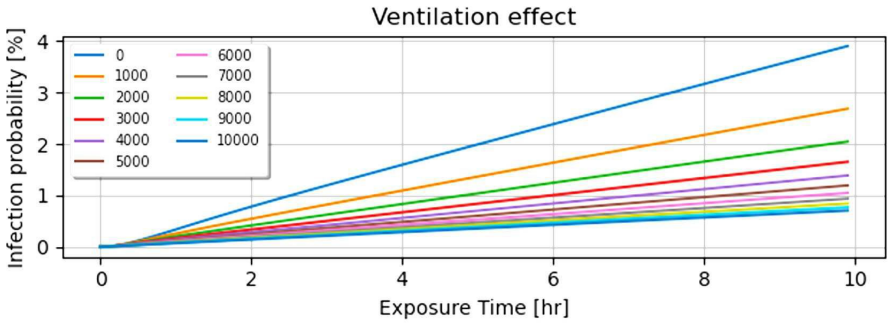
도면2



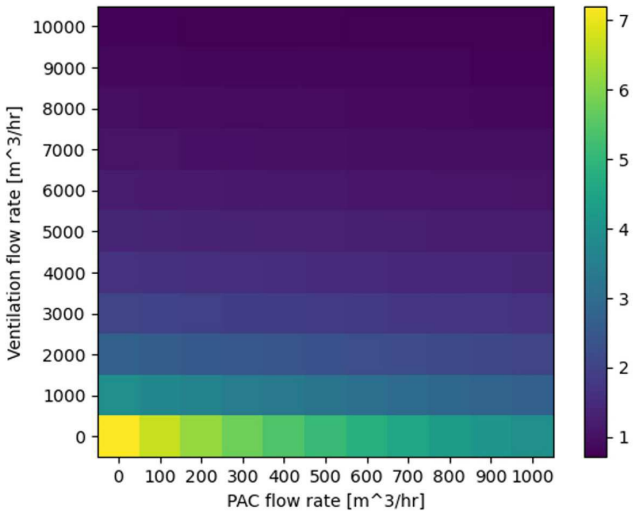
도면3a



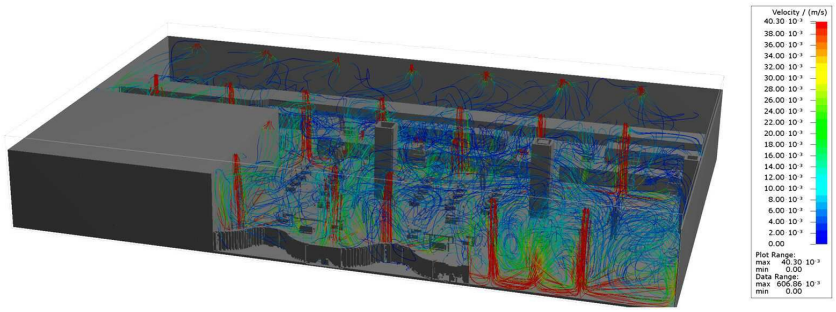
도면3b



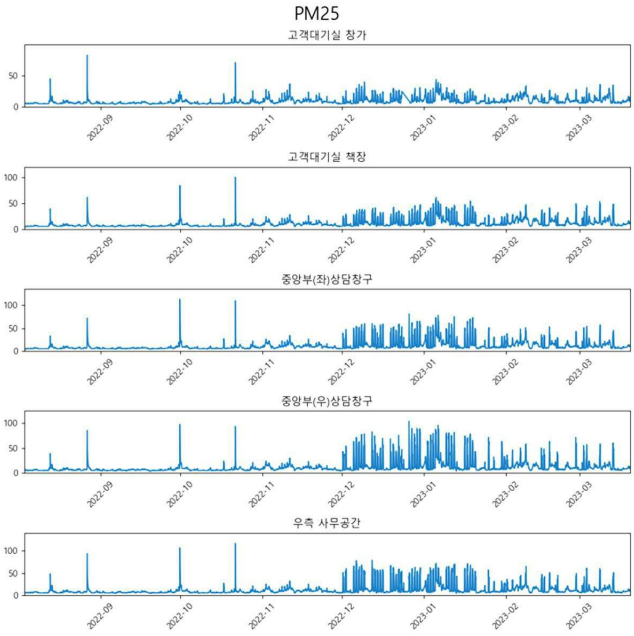
도면4


Ventilation flow rate [m^3/hr]
PAC flow rate [m^3/hr]
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000
7
6
5
4
3
2
1

도면5


Velocity / (m/s)

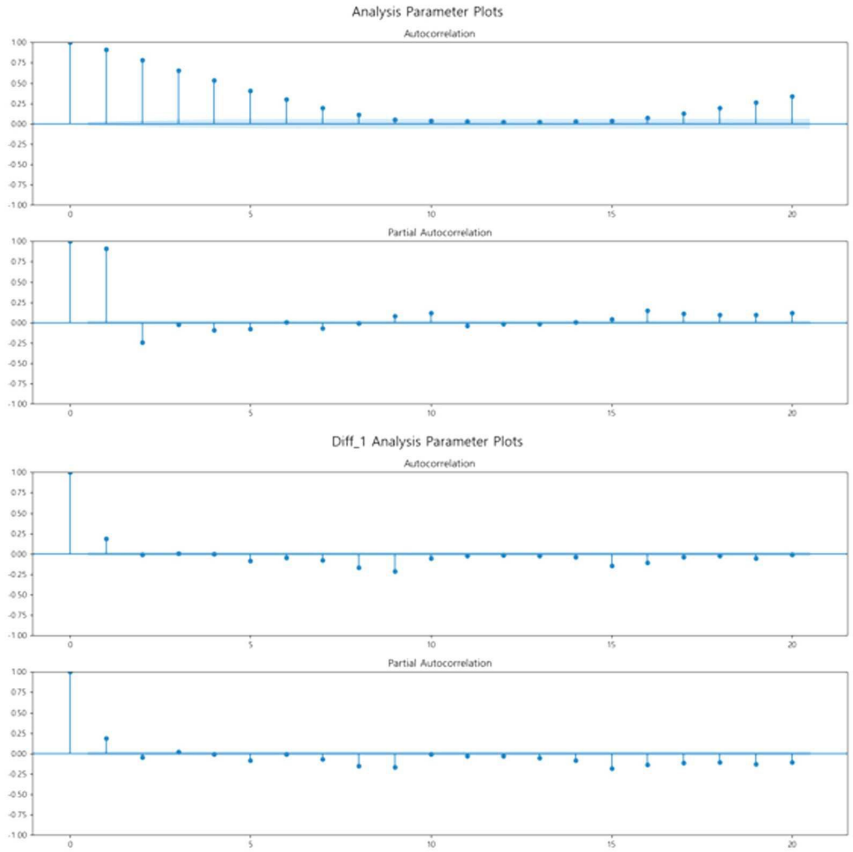
도면6


PM25
고객대기실 창가
고객대기실 책장
중앙부(좌)상담창구
중앙부(우)상담창구
우측 사무공간
2022-09
2022-10
2022-11
2022-12
2023-01
2023-02
2023-03

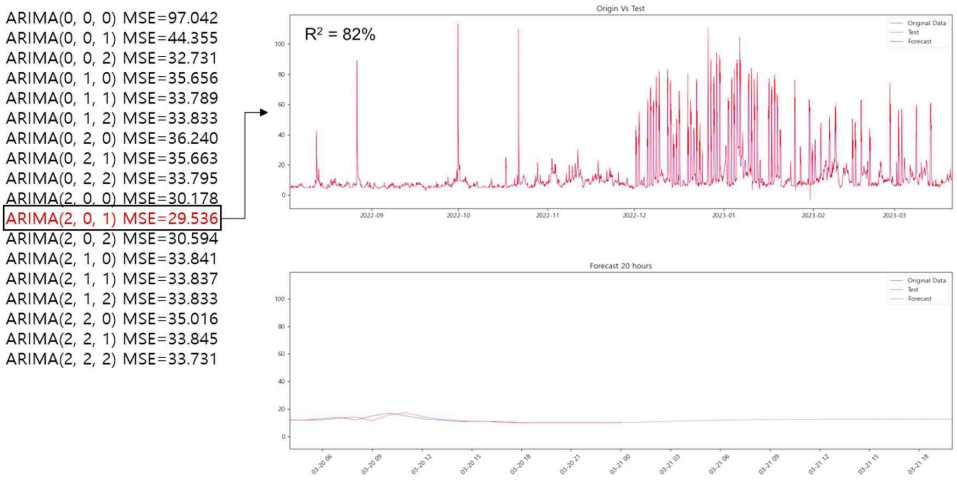
도면7


PM25
Trend
Seasonal
Resid
2022-09
2022-10
2022-11
2022-12
2023-01
2023-02
2023-03

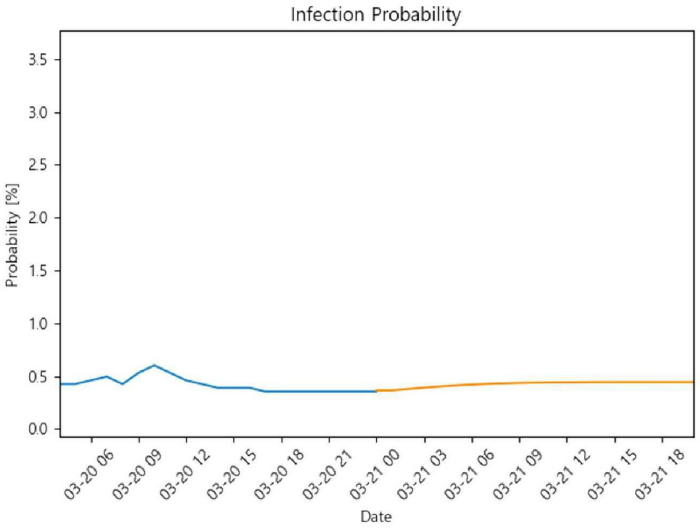
도면8


Analysis Parameter Plots
Autocorrelation
Partial Autocorrelation
Diff_1 Analysis Parameter Plots
Autocorrelation
Partial Autocorrelation

도면9


ARIMA(0, 0, 0) MSE=97.042
ARIMA(0, 0, 1) MSE=44.355
ARIMA(0, 0, 2) MSE=32.731
ARIMA(0, 1, 0) MSE=35.656
ARIMA(0, 1, 1) MSE=33.789
ARIMA(0, 1, 2) MSE=33.833
ARIMA(0, 2, 0) MSE=36.240
ARIMA(0, 2, 1) MSE=35.663
ARIMA(0, 2, 2) MSE=33.795
ARIMA(2, 0, 0) MSE=30.178
ARIMA(2, 0, 1) MSE=29.536
ARIMA(2, 0, 2) MSE=30.594
ARIMA(2, 1, 0) MSE=33.841
ARIMA(2, 1, 1) MSE=33.837
ARIMA(2, 1, 2) MSE=33.833
ARIMA(2, 2, 0) MSE=35.016
ARIMA(2, 2, 1) MSE=33.845
ARIMA(2, 2, 2) MSE=33.731
Origin Vs Test
R² = 82%
Original Data
Test
Forecast
Forecast 20 hours

도면10


Infection Probability
Probability [%]
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
03-20 06
03-20 09
03-20 12
03-20 15
03-20 18
03-20 21
03-21 00
03-21 03
03-21 06
03-21 09
03-21 12
03-21 15
03-21 18
Date