A Study on the Spatial Vulnerability of Spreading the Sources of Infection in the Inpatient Units of General Hospitals

Seo Yeong Kim[1], Jihoon Kweon[2*]

[1]Department of Architecture, Graduate School, Keimyung University, Daegu, Korea

[2]Department of Architecture, Keimyung University, Daegu, Korea

Abstract

Background The background of this study is to analyze the different types of infection that are spread from the inpatient units of general hospitals. The goal is to present architectural solutions for medical planning by taking into consideration the possibility of infection spread within the corridors of inpatient floors.

Methods Architectural elements were investigated by reviewing precedent literatures. The floor plans of hospitals were analyzed for extracting accessible spaces. This study distinguished user groups into infectious user groups and non-infectious user groups. The rules for the spatial range spreading infectious sources and walking speed were controlled for simulation. This study also analyzed the spreading patterns of infections by using multi-agent-based simulation.

Results The hybrid type showed the largest difference in measured distance. Considering the area calculation, the disparity shape of hospital B was the largest one. Average infectious contact frequency appeared more in the order of looped double corridor type, hybrid type and double-loaded type. All three hospitals showed high frequencies of exposure to infection in the vertical circulation spaces, the common toilets, and the waiting rooms.

Conclusions The most uniform arrangement appears in the form of a looped double corridor. It shows that the distance and time required for users' movement is short, which means that infectious agents' movement is also rapid. The mixed type showed low infectivity exposure in the global space. Hybrid corridor types are considered to be the most appropriate form among the three types of corridor types, considering the study results.

Keywords Hospital Architecture, Multi-Agent-Based Simulation, Hospital Infection

*Corresponding author: Jihoon Kweon (jkweon@kmu.ac.kr)

This research was supported by Individual Basic Science & Engineering Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2015R1D1A1A01060240).

Citation: Kim, S. Y., & Kweon, J. (2018). A Study on the Spatial Vulnerability of Spreading the Sources of Infection in the Inpatient Units of General Hospitals. *Archives of Design Research, 31*(2), 133-153.

http://dx.doi.org/10.15187/adr.2018.05.31.2.133

Received : Nov. 29. 2017 **; Reviewed :** Feb. 05. 2018; **Accepted :** Feb. 06. 2018
pISSN 1226-8046 **eISSN** 2288-2987

Copyright : This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

1. 서론

1. 1. 연구의 배경 및 목적

메르스(MERS) 사태는 186명의 감염 피해자와 38명의 사망자를 발생시켰으며 병원 내 감염을 사회적 화두로 등장시켰다. 메르스의 감염 경로는 사람이 사람에게 전파하는 밀접 접촉에 의한 감염으로 대부분 병원 내 감염과 가족 간 감염으로 보고되었다. 또한, 감염 장소로 의료기관이 96%의 비중을 차지하였고 확진자 중에서는 환자가 44.1%, 간병인이 32.8%로 가장 많은 비중을 차지하였다 (Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2016). 최근 3년간 내과와 외과 중환자실에서 발생한 병원 내 감염의 건수가 7,975건에 이르는 것으로 나타났으며 이는 의료기관 내에서 이용자 간의 감염이 주요한 원인이 된다는 것을 알 수 있다 (Park, 2017).

병원 내 감염 문제에 대응하여 정부에서는 〈2016년 간호간병 통합 서비스 표준운영지침〉을 발간하였고 2017년 의료기관의 시설 규격에 대한 시행규칙을 개정하였다. 메르스 감염 전파의 주된 원인으로 병문안을 위한 방문객이 꼽혔던 만큼 보건복지부가 상급종합병원 평가 규정에서 병문안을 위한 방문객 통제에 대한 항목에 가산점을 주면서 대형 병원에서도 면회 시간과 방문객을 제한하는 등 많은 조치가 취해졌다.

이현진과 주연옥 (Lee & Ju, 2017)은 개정된 의료법에 따른 종합병원 병실의 모듈 기준과 공간 구성 모델을 제시하였고 한석범과 박재승 (Han & Park, 2017)은 간호·간병통합서비스 측면에서 간호사의 효율적인 동선을 중점으로 병동부 공간을 분석하였다. 하지만 감염에 대응하기 위한 병원의 건축 계획적 측면에 대한 기존 연구로는 공기 감염을 위주로 한 설비적 측면의 연구가 다수를 차지하고 있으며 건축 계획 분야에서의 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구는 종합병원 내 병동부를 대상으로 도면 분석과 다중 행위자 기반의 시뮬레이션을 통해 사람에 의한 감염원 전파 양상을 알아보고 감염 가능성을 고려한 병동의 복도 형태를 제시함을 목적으로 한다.

1. 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 300병상 이상의 국내 종합병원 내 입원실 층을 대상으로 공간적 특성이 다른 3개소를 선정하여 1개 층을 공간적 범위로 하였다.
여기서 입원실 층이란 병실과 간호접수대가 있는 층을 말한다. 국내외 문헌 조사를 통해 병원 내 감염의 주요 감염 경로와 감염 범위에 대해 파악하여 기존의 선행 연구를 통해 병동의 건축 계획적 요소를 도출하고 대상 병원에 적용하여 도면 분석을 수행하였다. 마지막으로 행위자 그룹을 감염자와 비감염자로 나누고 분석 조건과 규칙을 설정하여 다중 행위자 기반 시뮬레이션을 수행하였으며 도출 결과를 비교 분석하였다. 시뮬레이션의 분석 조건에 있어서 이용자의 행태 범위는 보행으로 한정하였다.

분석 공간으로 병동 내 입원실의 병상은 고려하지 않았다. 병상은 행위자가 보행할 수는 없지만 재채기나 기침 등으로 인해 병원체가 통과할 수 있는 가구이기에 병실 내 복도로 사용되는 부분까지를 분석 공간으로 포함하였다. 조사 대상 병원 3개 중 한 곳은 중환자부가 일부 포함되어 있지만 병문안을 위한 방문객 접근이 제한되어 있기에 내부 공간은 분석 범위에서 제외하였다.

연구의 방법으로는 다음과 같은 절차를 따른다.
(1) 문헌과 선행 연구 동향을 통해 종합병원 병동의 건축적 계획 요소를 도출하고 분석 모델인 다중 행위자 기반 모델에 대해 고찰한다.
(2) 도출한 건축적 계획 요소를 조사 대상 병원에 적용하여 공간별 면적, 복도 형태, 간호접수대 형태, 간호접수대에서 병실까지의 거리를 조사하고 비교 분석한다.

(3) 병원별 공간적 특성에 따라 감염자가 비감염자에게 전파하는 감염 양상을 알아보기 위해 행위자와 환경, 행위자 간의 관계, 행위자와 환경 간의 관계를 설정한다.
(4) 다중 행위자 기반의 시뮬레이션을 수행하여 행위자 간 감염원 전파 양상에 대해 비교 분석한다.
(5) 도면 분석과 시뮬레이션 분석 내용을 바탕으로 감염원 전파 가능성을 고려한 병동의 복도 형태를 제안한다.

2. 이론 고찰

2. 1. 원내 감염과 감염 전파

세계보건기구(World Health Organization, WHO)와 미국 질병관리본부(Center for Disease Control and Prevention, CDC), 한국 질병관리본부(Korea Centers for Disease Control and Prevention, KCDC) 그리고 대한의료관련감염관리학회(Korea Society for Healthcare-associated Infection Control, KSHIC)에서는 감염에 대한 발병 공간과 사용자, 감염원 등을 원내감염의 주요원인으로 보고, 발병은 되지 않았지만 잠재적 감염원을 갖고 외부에서 유입된 감염자 혹은 병원 내부에서 발생한 감염에 의한 감염자가 병원을 포함한 의료시설이라는 공간 내에서 비감염자에게 질병을 전파하는 것을 원내감염으로 정의한다. 따라서 의료시설 내의 환자, 의료진, 관리 직원 등 모든 사용자를 대상으로 하며 환자가 입원 한 지 48시간 이내에 발생한 감염 모두 원내감염으로 볼 수 있다.

Table 1 Definition of hospital infection

Organization	Common feature	
세계보건기구 미국질병관리본부 한국질병관리본부 대한의료관련감염관리학회	공간	병원을 포함한 모든 의료 시설
	사용자	환자, 의료진, 관리 직원
	감염원	병원 내에서 발생한 감염 외부에서 감염원을 보유한 채 병원 내로 들어와 발생한 감염
	감염 시간	입원 후 48시간 이내 발생한 감염

병동의 입원 환자는 대체로 일반인에 비해 면역력이 저하 된 상태이며, 치료 과정에서 사용하는 항균제로 인해 약제 내성균이 존재한다. 이로 인해 질병이 발병 한 이후에 회복하기 어렵고 일반적 감염뿐만 아니라 기회감염의 가능성이 크다. 여기서 기회감염이란 감염력이 약한 병원체가 건강한 사람에게는 감염증을 일으키지 않으나 면역력이 저하 된 사람에게는 쉽게 감염을 일으키는 것을 가리킨다. 따라서 환자는 원내 감염의 발생과 확대에 있어서 더욱 취약하다. 원내감염의 감염경로는 공기감염, 비말감염, 접촉감염으로 나눌 수 있다. 공기감염은 비말의 수분이 증발한 비말핵과 먼지와 같이 공기 중에 부유하는 크기가 작은 병원체를 흡입하여 감염된다. 비말감염은 사람들 간의 대화 도중 재채기, 기침과 같이 발생하는 물방울에 병원체가 붙어서 감염되는 것이다. 접촉감염은 직접적으로 감염자나 감염원에 접촉되어 감염된다 (Jungdam, 2016).
세 가지 감염경로 모두, 병원체를 보유하고 있는 보균자가 타인에게 감염시키는 경우다. 이는 원내감염이 병원을 사용하는 사용자 즉, 행위자에 의한 것임을 알 수 있다.

이준혁 (Lee, 2015)에 의하면 사람 간 감염 전파에 있어서 주된 감염 경로는 비말감염이다. 비말의 전파 거리는 주변 환경에서의 공기 흐름과 농도, 분사 속도에 등으로 인해 달라질 수 있기에 절대적이라고 할 수 없지만 비말의 입자 크기가 5μm 이상이면 공기 중에 부유할 수 없어서 일반적으로 1~2m 내로 분사된다. 보건복지부의 질병관리본부 (KCDC, 2016)에서 발행한 〈2015 메르스 백서〉에 따르면 메르스 발생 당시 역학 조사를 위한 밀접 접촉자의 판정 기준이 신체적 접촉을 했거나 감염 환자와 2m 이내 공간에 함께 머문 사람 그리고 37.5℃ 이상의 발열이 있는 자였다.

Table 2 Route of infection

Route of infection	Explanation	Example
공기감염	병원체의 입자가 미세하여 공기 중에 떠다니다가 흡입하여 발생되는 감염	먼지, 작은 비말 입자
비말감염	비말 입자를 들이마셔서 발생되는 감염	기침, 재채기, 침방울
접촉감염	병원체에 직접적으로 접촉하여 발생되는 감염	침, 가래, 재채기, 배설물, 오염 수

2. 2. 선행 연구 고찰 및 건축적 계획 요소 도출

본 연구의 조사 대상 병원의 건축적 계획 요소를 도출하기 위해 종합병원 병동부를 대상으로 한 기존의 선행 연구들을 고찰하였다.

이현진과 주연옥 (Lee & Ju, 2017)은 병동에서의 병실과 면적, 화장실 유형을 중점적으로 분석하여 권장 모듈과 최소 모듈에 대해 제안하였고 손지혜와 양내원 (Son & Yang, 2017)은 병동부의 공용 공간, 복도 형태, 간호접수대(Nurse Station, NS)로부터 데이룸과 프로그램실, 발코니의 거리에 따른 병원 이용자가 체류하는 빈도에 대해 행태조사를 수행하였다. 한석범과 박재승 (Han & Park, 2017)은 복도 및 간호접수대(Nurse Station)의 형태에 따라 달라지는 간호사의 이동 거리를 알아보기 위해 간호접수대(Nurse Station)에서 병실 간의 거리, 간호접수대(Nurse Station)에서 코어(core) 간의 거리를 측정하고 공간 위계 분석을 시행하였다. 신동희와 강미선 (Shin & Kang, 2016)은 복도의 형태와 간호접수대(Nurse Station)의 형태 간호 동선과 함께 의료진의 가시성을 분석하였다.

변재형과 문창호 (Byun & Moon, 2016)는 공간별, 부분별 면적과 복도의 형태, 수직 동선(Core) 위치, 간호접수대(Nurse Station)부터 병실까지의 거리 등을 조사하여 병동부의 개선 사항들을 제시하였다. 이와 같은 기존의 선행 연구들을 바탕으로 병동부의 공간 분석에 대한 주된 건축 계획적 요소로 공용 면적과 공간별 면적 비, 복도의 형태와 간호접수대(Nurse Station)의 형태, 간호접수대(Nurse Station)로부터 병실까지의 거리를 도출할 수 있었다.

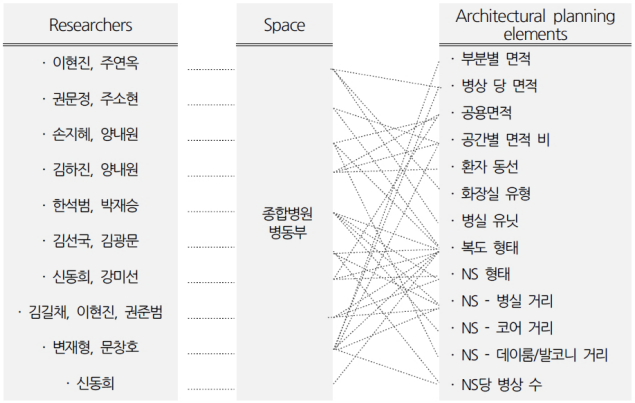


Figure 1 Architectural planning elements in hospital

2. 3. 다중 행위자 기반 모형 (Multi-Agent Based Model, MABM)

다중 행위자 기반 모형(Multi-Agent Based Model, MABM)은 행위자 기반 모형에서 행위자가 복수의 종일 때를 말한다. 윤영수와 채승병 (Youn & Chae, 2005)에 의하면 행위자 기반 모형은 복잡계의 창발 현상(emergence)을 알아보고자 가상 세계의 미시적인 행위자들로 인해 어떻게 거시적인 질서가 발현되는지에 대한 방법론으로 상향식(Bottom up) 접근 방식이다. 복잡계는 양방향으로 상호작용하는 수많은 구성 요소들로 이루어지며 이로 인해 새로운 현상이나 질서를 보이는데 그것을 창발 현상이라고 한다. 행위자 기반 모형의 3요소로는 행위자, 행위자가 위치하고 이동하는 환경, 이들의 상호작용을 위한 관계로 구성된다. 여기에서 행

위자가 2종일 때 다중 행위자라고 할 수 있다. 행위자들은 현상의 행위자가 아닌 현실을 반영한 소프트웨어상의 행위자(Agent)이며 공간 또한 물리적 공간일 필요가 없으며 이를 모사한 가상공간이나 추상적인 공간도 가능하다. 다중 행위자 기반 모형에서 공간 분석을 위해서는 행위자가 이동하는 분석 환경이 설정되어야 한다. 각각의 행위자는 설정된 환경(neighborhood)과 질서에 따라서 이동하기 때문이다. 일반적으로 가장 많이 사용되는 환경은 셀룰러 오토마타(Cellular Automata)의 이론 중 하나인 폰 노이만 인접 환경(Von Neumann neighborhood)과 무어 인접환경(Moore neighborhood) 두 가지이다. 안드레이 (Andrei, 2013)에 의하면 폰 노이만 인접 환경은 정사각형의 5개의 셀(cell)로 구성되어 있으며 중심 셀을 기준으로 수평, 수직 방향으로 4개의 셀이 인접되어 있다. 따라서 행위자는 수평, 수직의 두 가지 방향으로만 이동할 수 있고 대각선으로는 이동할 수 없다. 무어 인접환경(Moore neighborhood)은 정사각형의 아홉 개의 셀들로 구성되고 중심에 위치한 셀을 나머지 8개의 셀이 둘러싸며 접해 있다. 따라서 중심에 위치한 셀이 이동할 수 있는 방향은 8가지다. 이는 컴퓨터상에서 8개의 픽셀(pixel)이 연결된 개념과 유사하며 대부분의 행위자 기반 모델을 이용한 시뮬레이션 프로그램은 무어 인접 환경을 적용한다.

다중 행위자 기반 모형을 통해 공간 분석을 수행한 국내 연구로는 염재홍 (Yom, 2013)의 예측 가능한 구제역 방역을 위한 시뮬레이션 연구로 차량과 농장을 두 가지 행위자 그룹으로 설정하여 지리 공간상에서 구제역 확산의 양상을 알아보는 연구와 유순영 (Yu, 2012)의 국가 재난 시 비상 대피에 대한 시뮬레이션 연구로 연령을 대표하는 행위자를 대피 속도에 따라 네 가지 그룹으로 나눠 대피 성향을 알아본 연구가 있다. 건축 공간 내에서는 이승재 (Lee, 2012)의 행위자 보행에 따른 가시성과 공간의 점유율을 고려한 동적 시각 분석 연구가 있으며 최근 다수의 연구에서 다중 행위자 분석(Multi-Agent Based Model, MABM)이 적용되고 있다.

3. 조사 병원 공간 분석

3. 1. 병동 공간 구성

본 연구의 조사 병원은 3개소로 1980년대 개원 이후 증·개축을 거쳐 현재 300병상 이상을 보유하고 있으며 각기 다른 공간적 특성이 있다. Table 3에서 각 병원의 개원 연도와 조사 대상층의 면적, 1인실과 다인실의 수 그리고 조사 대상층을 포함한 병원 전체의 병상 수를 정리하였다. 2017년도 2월에 개정된 의료법에 따르면 입원실에 설치하는 최대 병상이 4병상이므로 다인실을 4인실 이상으로 보았다.

Table 3 Hospital information for analysis

Hospital	year	Area(㎡)	Number of single room	Number of multi patient room	Total number of hospital bed
A	1987	3361.15	7	20	117
B	1983	1304.91	4	11	59
C	1983	1987.27	1	18	117

병동부에서의 공간은 크게 입원실, 중환자실, 공용 공간, 간호사 공간으로 나눌 수 있다. Table 4는 세 병원의 조사 대상 층에 해당하는 공간 구성과 실들을 분류하여 정리한 것이다. 따라서 조사 대상층에서 없는 실이 다른 층에 존재할 수 있다. A병원의 경우 조사 대상층은 3층으로 중환자실이 포함되어있지만 나머지 B병원과 C병원은 조사 대상층에서 포함되어있지 않다. A병원에서의 중환자실은 병동의 병문객 접근이 통제되는 공간이지만 복도나 홀 같은 공용 공간은 공유하고 있으므로 중환자실 내부는 조사 대상 범위에서 제한하고 공용 공간은 포함하였다.

Table 4 Spatial composition of ward department

Hospital	Hospital A	Hospital B	Hospital C
층	3	3	5
입원실	1인실, 2인실, 4인실, 5인실, 6인실	1인실, 5인실	1인실, 2인실, 4인실, 5인실, 6인실
중환자실	중환자실, 격리실, 인공신장실	–	–
공용 공간	자유정원, 복도, 홀, 대기실, 공용화장실, 샤워실, 탕비실	옥상 휴게 공간, 복도, 홀, 공용화장실, 샤워실, 탕비실, 휴게실	복도, 홀, 공용화장실, 샤워실, 휴게실
간호관계제실	간호사실, 처치실, 약품보관실, 갱의실, 린넨실, 세탁실, 오물처리실, 교육실, 회의실	간호사실, 처치실, 린넨실, 세탁실, 오물처리실, 갱의실	간호사실, 약품보관실, 처치실, 오물처리실, 세탁실

A 병원에서는 3인실을 제외하고는 1인실부터 6인실까지 입원실의 범위가 폭넓었고 외부 공간으로 자유 정원이 있었다. 또한, 유일하게 의료진 공간이 있었으며 간호관계제실에서도 가장 많은 종류의 실들이 있었다. B 병원에서 병실은 1인실과 5인실 두 종류뿐이었으며 외부 공간으로 옥상 휴게 공간이 있었다. C 병원에서는 3인실을 제외하고 1인실부터 6인실까지 입원실의 범위가 넓었지만, 외부 공간은 부재하였다. Figure 2, Figure 3, Figure 4는 외부 공간과 복도, 간호 접수대(Nurse Station), 수직 동선인 계단과 엘리베이터를 표시한 평면도이다.

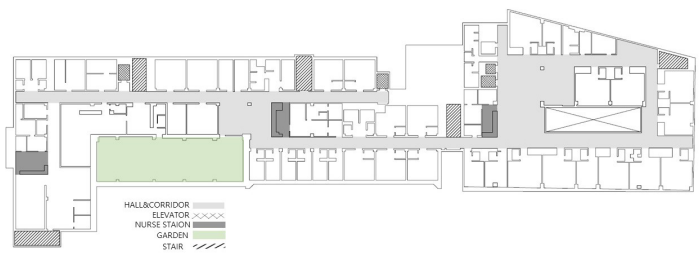


Figure 2 Floor plan of hospital A

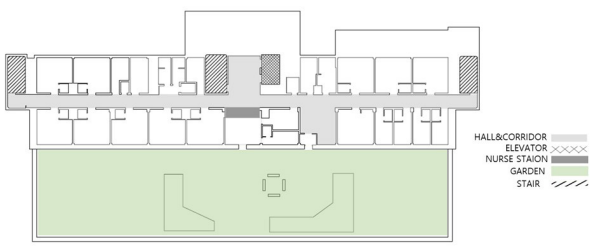


Figure 3 Floor plan of hospital B

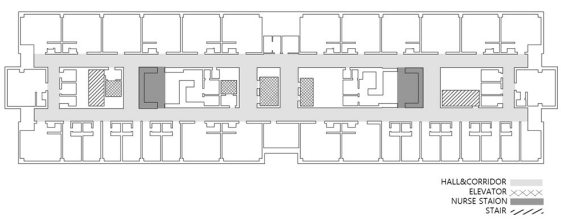


Figure 4 Floor plan of hospital C

3. 2. 복도 형태 및 부문별 면적

Table 5는 병원별 복도 형태와 복도만의 면적, 공용 공간 면적, 수직 동선인 계단과 엘리베이터의 면적, 입원실 면적 그리고 병상 당 입원실의 면적을 조사하여 정리한 것이다. 모든 면적 산정은 벽체 중심선을 기준으로 산정하였으며 기계 및 설비에 관련된 실들은 환자와 방문객, 의료진들의 출입이 드문 곳이므로 면적 산정에서 제외하였다. 공용 공간 면적은 공용 화장실, 샤워실, 대기실, 홀, 복도를 포함한 면적이며 수직 동선인 계단과 엘리베이터는 별도로 분류하였으므로 공용 공간 면적에 포함되지 않는다. 본 연구에서 복도의 형태는 Figure 1의 선행 연구 고찰에 따라 혼합형(Hybrid corridor type)과 중복도 형(Double-loaded corridor type), 이중 복도 형(Looped double corridor type)으로 분류하였다.

Table 5 Corridor shape and sector area

(㎡)	Hospital A	Hospital B	Hospital C
복도 형태			
복도	697.91 ㎡	214.29 ㎡	409.80 ㎡
공용 공간	1,095.24 ㎡	1,285.57 ㎡	502.98 ㎡
계단과 엘리베이터	89.02 ㎡	67.01 ㎡	71.84 ㎡
입원실	1,052.86 ㎡	474.9 ㎡	1,024.62 ㎡
병상 당 입원실 면적	584.92 ㎡	237.45 ㎡	569.23 ㎡
간호관계제실	188.38 ㎡	97.64 ㎡	167.84 ㎡

Figure 5는 Table 5의 조사 내용을 바탕으로 복도, 공용 공간, 계단과 엘리베이터, 입원실, 병상 당 입원실 면적 그리고 간호제실의 면적 비율을 나타낸 것이다. A병원은 중복도와 편복도, 아래층과 시각적으로 연결되어 있는 하부층 개방 형태의 공간을 보이며 복도의 면적 비율이 가장 많았다. B병원은 중복도 형태로 공용 공간의 면적이 가장 많았는데 이는 복도 형태에 따른 것이 아니라 옥상 휴게 공간이 공용 공간의 절반 이상의 비중을 차지했기 때문이다. C병원은 다른 병원들에 비해 외부 휴게 공간이 없었기 때문에 공용공간의 면적이 가장 작았지만 이중 복도 형태로 세 병원 중 입원실의 비율이 가장 컸다. A병원과 C병원은 전체 면적이 1.5배 이상 차이가 나지만 입원실과 간호관계제실 비율은 유사하였다.

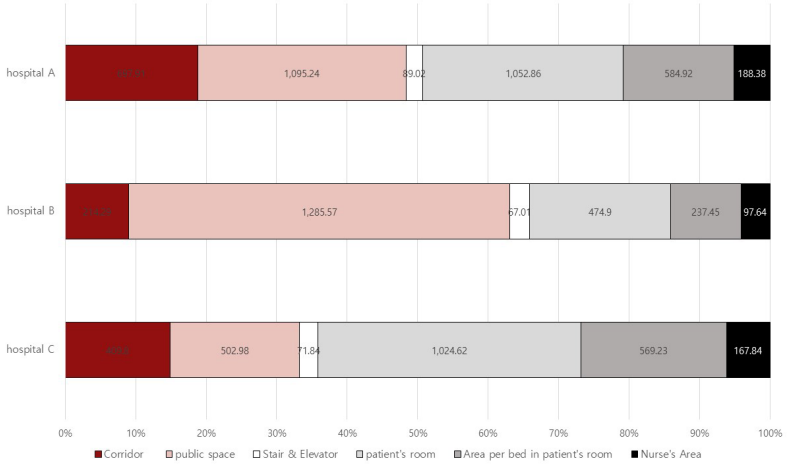


Figure 5 Ratio of sector area

3. 3. 이용자별 사용 공간

입원실 층에서의 이용자는 크게 환자, 간호사, 방문객으로 나눌 수 있으며 외래진료부나 중앙 진료부에 비해 공간 구성이 단순하므로 이용자가 사용하는 공간이 한정적인 편이다. 손지혜와 양내원 (Son & Yang, 2017)은 병동 내에서 환자들의 이동과 체류 공간을 조사하였고 그 결과 대다수 환자들이 휴게실(day room)과 프로그램실,

발코니에서 체류하는 것을 알 수 있었다. 신동희와 강미선 (Sin & Kang, 2016)은 간호사 인터뷰를 통해 간호사의 업무 방식과 병실의 분담 방식을 알아보았다. 이로 인해 간호사의 주된 업무가 입 · 퇴원 관리, 수술 준비, 병동 순회, 물품 및 장비 관리, 약품 관리라는 것을 알 수 있었고 병동 순회 업무에서 다인실보다 1인실과 2인실에서의 업무량이 더 많다는 것을 알 수 있었다. 이는 1인실과 2인실에 주로 감염 환자나 중증 환자가 입원하고 다인실에 자리가 날 때까지 임시로 머무르는 경우가 빈번하여 추가적인 업무가 많은 것이 원인으로 나타났다. 지성혜 (Jee, 2000)는 설문조사를 통해 휴게실이나 면회 장소가 협소하고 없는 병원이 많아 병문안을 오는 대부분 방문객이 병상 옆에서 환자들과 함께 있는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 선행 연구들을 바탕으로 환자와 간호사, 방문객이 주요 사용하는 공간을 Table 6과 같이 도출할 수 있었다.

Table 6 Most used space by patient, nurse and visitor

사용자	구분	최다 사용 공간
환자	환자 생활공간	병실
	환자 편의 공간	휴게실(day room), 발코니
간호사	환자 생활공간	1인실, 2인실
	간호관계제실	간호접수대, 처치실, 작업실, 약품보관실, 갱의실
방문객	환자 생활 공간	엘리베이터 홀
	공용 공간	병실
	환자 편의 공간	휴게실(day room)

3. 4. 간호접수대 (Nurse Station)와 병실 간의 이동 거리

도면 분석을 통해 병실 문 중심에서 가장 가까운 간호접수대(Nurse Station)의 중심까지의 이동 거리를 산정하였다. 간호접수대가 2개인 병원은 간호접수대 당 최단거리의 병실이 그룹으로 묶여서 나뉘었으며 이에 따른 최소 및 최대 이동 거리의 차이를 알 수 있었다. 예를 들어, 병실에서 두 개의 간호접수대로 가는 이동 거리가 유사하다면 거리가 짧은 간호접수대의 그룹에 속하도록 하였다. 병실 문 중심에서 복도 중심까지는 수직 수평으로만 이동하고 홀에 들어서서 간호접수대가 보이면 대각선으로 연결하여 최단 거리를 산출하도록 하였다.

Figure 6은 A 병원의 병실에서 간호접수대까지의 이동 거리 조사 내용을 도면과 그래프로 나타낸 것이다. A 병원은 편복도와 중복도가 혼합된 형태로 간호접수대가 2개였으며 간호접수대 하나당 16개의 병실이 그룹으로 묶였다.

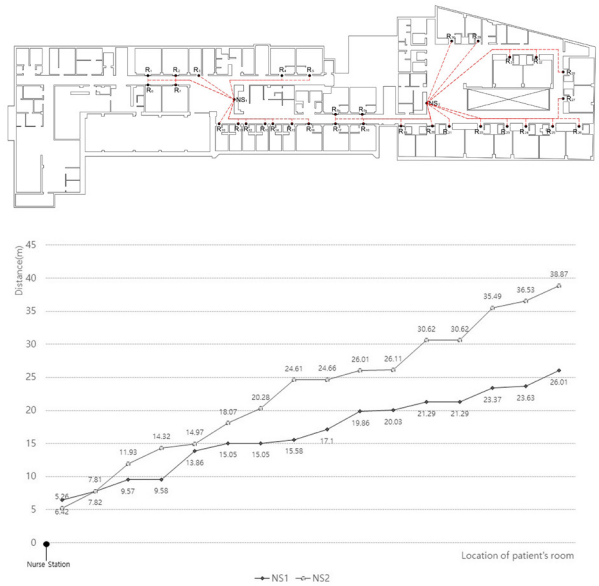


Figure 6 Distance from nurse station to patient's room in hospital A

왼쪽의 간호접수대를 'NS1'으로 표기하고 오른쪽의 간호접수대를 'NS2'로 표기하였다. 두 그룹의 최단 이동 거리 차이는 1.16m로 큰 차이가 없었지만 최대 이동 거리 차이는 12.86m로 약 13m 정도의 차이를 보였다. NS1에서 최소 이동 거리는 6.42m이며 최대 이동 거리는 26.01m로 약 20m의 차이가 나타났다. NS2에서 최소 이동 거리는 5.26m이며 최대 이동 거리는 38.87m로 약 33m의 차이가 나타났다. A 병원이 하나의 간호접수대에서 입원실별 거리 차이는 가장 크게 나타났지만 이는 병원의 규모의 크기가 가장 크기 때문이며 NS1과 NS2의 거리 격차는 세 병원 중 중간 수준이다.

Figure 7은 B 병원에서의 조사 내용을 나타낸 것으로 중복도의 중앙에 간호접수대가 있었다. 간호접수대 하나가 한 층 전체의 15개 입원실을 관리하고 있었으며 최소 이동 거리가 8.1m, 최대 이동 거리가 34.25m로 약 26m 정도 차이를 나타냈다. 이러한 이동 거리 차이가 크다는 것은 환자와 의료진이 병실과 간호접수대 간을 이동하는데 있어 간호접수대별 소요되는 시간과 거리의 차이가 크다는 것이다.

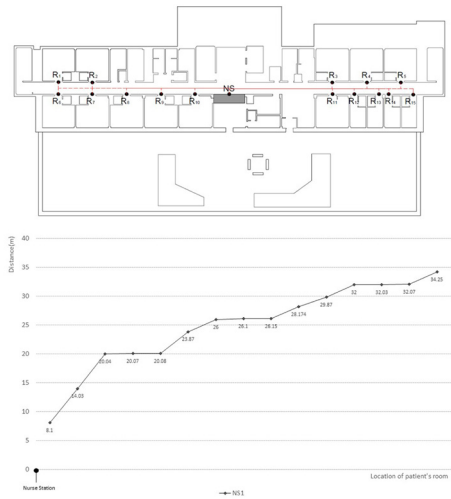


Figure 7 Distance from nurse station to patient's room in hospital B

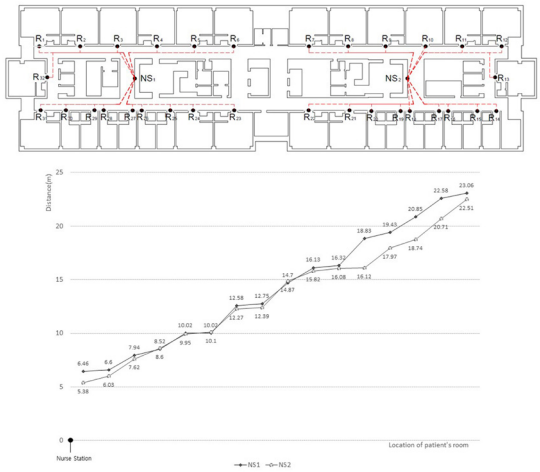


Figure 8 Distance from nurse station to patient's room in hospital C

Figure 8은 C 병원에서의 조사 내용을 나타낸 것으로 이중 복도일 경우에 이동 거리를 보여준다. 이중 복도의 간호접수대는 2개로 왼쪽의 간호접수대를 'NS1'으로 표기하고 오른쪽의 간호접수대를 'NS2'로 표기하였다. 간호 접수대 당 최단 거리 입원실은 16개로 A 병원과 같았다. NS1과 NS2의 이동 거리 그래프를 보면 유사한 수

치를 보여주며 그룹 간 이동 거리도 약 3m 범위를 넘지 않는 근소한 차이가 나타났다. NS1의 최대 이동 거리와 최소 이동 거리 차이는 약 16m이며 NS2에서 최대 이동 거리와 최소 이동 거리 차이는 약 17m로 세 병원 중 이동 거리 차이가 가장 작았다. 이는 이중 복도 형태가 입원실에서 간호접수대까지 거리가 균등하고 효율적인 배치가 될 수 있는 형태임을 보여준다.

4. 다중 행위자 기반 시뮬레이션 (Multi-Agent Based Simulation)

4. 1. 분석 방법 및 설정 조건

분석을 위한 전체적인 순서는 Figure 9와 같이 분석 조건 설정, 행위자 설정, 환경 설정, 관계 설정 그리고 분석 수행, 분석 결과 출력순으로 진행되었다. 분석 조건으로 분석 시간을 15분(900 steps)으로 설정하고 문헌 고찰을 통해 감염원 전파 범위를 2m로 설정하였다.

행위자 그룹을 감염자(Infectee)와 비감염자(None-Infectee) 두 그룹으로 나누었고 그룹별 규모를 설정하기 위해서 분석 대상 병원 평면의 면적 100㎡ 당 행위자 100명으로 반올림하여 계산하였다. 이는 면적별로 행위자 수를 달리 설정하여 좀 더 유의미한 결과를 출력하기 위함이다. 예를 들어, 같은 감염자 10명이라도 면적이 큰 병원일 경우 비감염자에게 감염될 확률이 적고 면적이 작은 병원일 경우 확률이 더 높기에 면적을 고려한 분석 조건을 설정하였다. 소수의 감염자로 인한 전체적인 감염원 전파 양상을 알아보기 위해 감염자를 전체 행위자의 5%로 설정하였다. Table 7은 이와 같은 내용을 정리한 것이다.

Table 7 Condition of multi-agent-based simulation

병원	Hospital A	Hospital B	Hospital C
전체 행위자 수	340	130	200
감염자 수	17	7	10
행위자 보행 속도	1.2m/sec		
분석 시간	900s		
감염 전파 범위	2m		

환경 설정을 위해 조사 대상 병원의 평면도를 입력하고 평면도 내에서 균일하게 분석 지점을 배치하였다. 다만, 행위자가 입원실 내부에 진입할 때 환자들의 병상(bed)은 고려하지 않고 입원실 내부에 복도로 사용되는 부분만을 출입하도록 하였다. 병상은 통과하여 보행할 수 없는 장애물과 같은 것이지만 감염원은 병상 너머로 전파될 수 있기 때문이다.

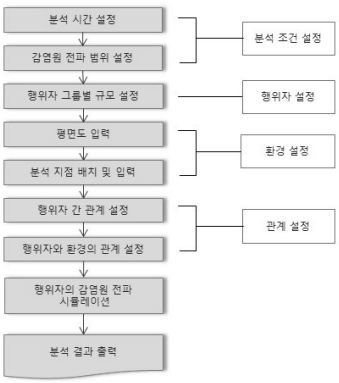


Figure 9 Flow chart for multi-agent-based simulation

관계 설정은 행위자와 행위자 간의 관계와 행위자와 환경과의 관계로 나누어 설정하였다. 감염자 그룹과 비감염자 그룹은 함께 공간 내를 보행하지만 각 행위자가 공간에 나타나는 지점과 순서는 무작위로 선정하였다. 또한 감염자가 2m의 전파 범위를 갖고 보행할 때 비감염자가 범위 내에 속하면 감염원에 대해 노출된다고 가정한다. 따라서 비감염자가 감염원 전파 범위에 노출된 횟수가 기록 되도록 행위자 간 관계를 설정하였다.

전체 행위자 그룹의 보행 속도는 균일하게 설정하였다. 홍해리, 서동구, 하세미유지, 권영진 (Hong, Seo, Hansemi & Kown, 2011)은 고령자의 보행 속도를 알아보기 위해 일반인의 보행 속도와 고령자 체험 기구를 착용한 뒤의 보행 속도를 비교하면서 일반인이 자유 보행했을 때 보행 속도의 범위가 1.24~2.05m/sec를 보인다고 하였다. 김응식, 이정수, 박성민, 유희권 (Kim, Lee, Park & You, 2005)은 병원 피난 연구에서 병원 내에서 환자가 직접 보행하거나 링거를 꽂은 환자가 보행할 경우, 보행 속도가 0.68~1.36m/sec의 범위를 보인다고 하였다. 이 같은 기존의 연구들을 참고하여 행위자의 보행 속도를 1~1.4m/sec 으로 설정하였다. 무어 네트워크 모델(Moore network model)에 따라 기본 단위 공간의 크기를 가로 1m, 세로 1m로 설정하였기 때문에 행위자가 1초 동안 한 지점에서 다른 지점까지 대각선으로 이동한다면 보행 속도는 1~1.4m/sec 으로 볼 수 있다.

행위자와 환경 간의 관계 설정으로는 조사 대상 병원의 공간 내에서 행위자가 보행 중 내벽, 기둥, 간호접수대, 장애물 등과 만났을 때 그것을 통과하여 지나치지 않고 공간 내에서만 선회할 수 있도록 설정하였다.

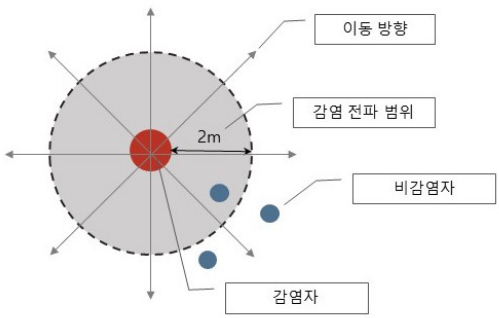


Figure 10 Spatial condition for spreading infectious source

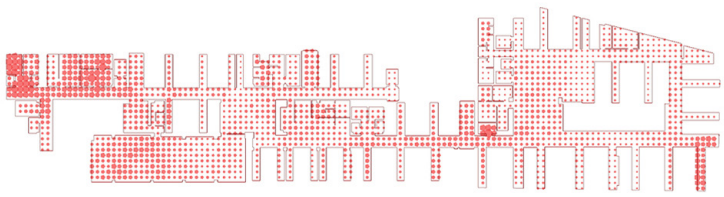
Figure 10은 분석 수행 과정에서 감염자 그룹과 비감염자 그룹을 가시화했을 때 보이는 이미지를 보여주고 있다. 빨간색 점이 감염자이며 비교적 작은 크기의 파란색 점이 비감염자를 나타낸다. 감염자는 감염원 전파 범위로 보이지 않는 2m의 반경을 가진다. 전반적인 행위자의 이동 규칙으로는 에드워드 무어(Edward F. Moore)의 무어 인접 환경(Moore neighborhood)을 사용한다. 안드레이 (Andrei, 2013)의 저서 〈The Big Book of Simulation Modeling〉에 따르면 무어 인접 환경(Moore neighborhood)은 4가지 방향의 유클리디언 환경(Euclidean neighborhood)과 달리 행위자가 45도마다 8가지 방향으로 이동할 수 있다.

4. 2. 다중 행위자 분석 결과

Figure 11, 12, 13은 시뮬레이션(simulation) 중 300 스텝(step)에서의 분석 과정과 최종적으로 900 스텝(step)에서 완료된 분석 결과를 나타내고 있다. 분석 결과는 감염원에 노출된 빈도수를 나타내고 있으며 빨간색의 육각형 크기가 클수록 빈도수가 높다는 것을 의미한다.

병원 A는 조사 병원 중 면적이 가장 크기 때문에 Table 7에서 나타낸 것과 같이 행위자 수와 감염자 수를 그에 비례하여 입력하였다. 즉, 면적과 비례하여 감염자 수가 많기 때문에 감염 노출 빈도의 최댓값이 44로 세 병원 중 가장 크게 나타났다. 하지만 감염 노출 빈도의 평균값은 8.91로 세 병원 중 두 번째로 C 병원 보다는 낮게 나타났다. 다수의 국지적인 공간에 감염 노출 빈도가 몰려있고 이외의 공간에서는 비교적 균등하지만 노출 빈도가 낮다.

Process of simulation, 300 steps

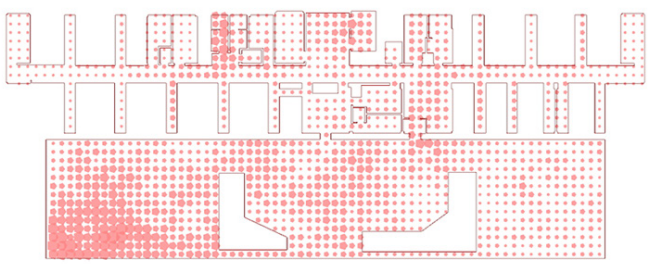


Result of simulation, 900 steps

Figure 11 Multi-agent-based simulation of hospital A

A 병원에서 감염 노출 빈도가 높은 국지적 공간으로는 공용 화장실, 계단, 엘리베이터, 간호관계제실, 대기실 그리고 외부 정원이다. 외부 정원은 대기실을 통해 나갈 수 있는 출입문에서 가까운 왼쪽에 감염 노출 빈도가 편향되어 있었다. 간호접수대 앞의 홀에서 외부 정원으로 나갈 수 있는 출입문 주변에는 비교적 감염 노출 빈도가 높게 나타나지 않았다. 또한 1인실부터 6인실까지 다양한 병상을 보유하고 있지만 병상에 따라 감염 노출 빈

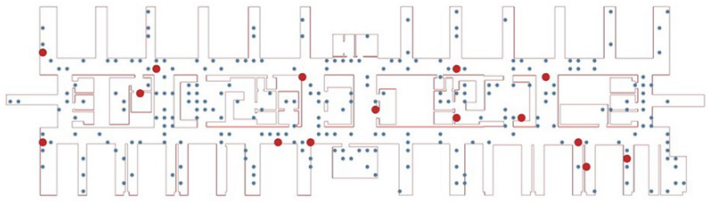
Process of simulation, 300 steps



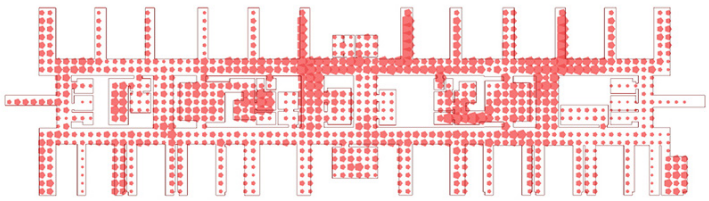
Result of simulation, 900 steps

Figure 12 Multi-agent-based simulation of hospital B

병원 B는 세 병원 중 면적이 가장 작았고 감염 노출 빈도의 최댓값은 23, 평균은 4.61로 가장 낮게 나타났다. 외부 정원에서 대부분의 감염 노출 빈도가 높게 나타났으며 그 이외에 감염 노출 빈도가 높은 국지적 공간으로는 탈의실과 엘리베이터 및 홀, 공용 화장실, 대기실 그리고 외부 정원으로 가는 방풍실로 나타났다. 복도 끝 양쪽에 위치한 계단실은 두 병원에 비해 감염 노출 빈도가 현저히 낮았다. 또한, B 병원은 세 병원 중 간호제실의 감염 노출 빈도가 가장 낮았으며 이는 B 병원의 간호접수대 형태가 가장 폐쇄적인 형태로 복도나 홀과 면한 부분이 가장 적기 때문으로 판단된다. B 병원도 A 병원과 같이 다인실과 1인실에 따른 감염 노출 빈도에 있어서 큰 차이를 보이지 않았다.



Process of simulation, 300 steps



Result of simulation, 900 steps

Figure 13 Multi-agent-based simulation of hospital C

C 병원은 국지적 공간에 감염 노출 빈도가 편향된 것이 아닌 전역적 공간에서 비교적 균질적으로 높은 빈도를 보였으며 평균 감염 노출 빈도도 9.60으로 세 병원 중 가장 높은 수치를 나타냈다. C 병원의 분석 결과로 특징적인 점은 이중 복도로 인해 복도의 교차 지점이 많고 교차 지점과 밀접한 공간일수록 감염 노출 빈도가 높다는 것이다. C 병원 역시 병상에 따른 감염 노출 빈도는 근소한 차이를 보였다.

Table 8 Exposure frequency of infection

Hospital	Hospital A	Hospital B	Hospital C
평균 감염 노출 빈도	8.91	4.61	9.6
최대 감염 노출 빈도	44	23	28
최소 감염 노출 빈도	0	0	0

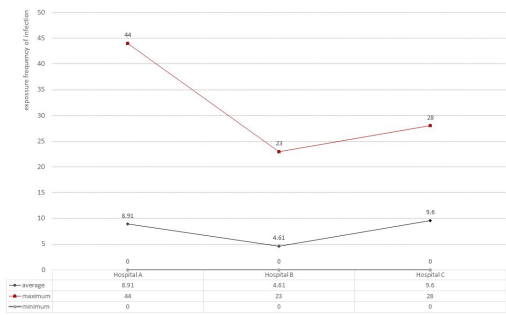
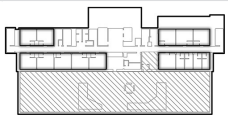
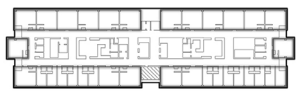
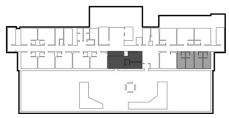
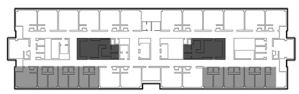
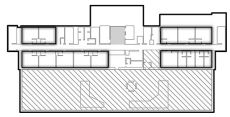
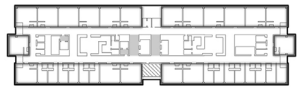


Table 8은 세 병원에 대해 감염원 노출 빈도의 최댓값과 평균값, 최솟값을 나타낸 표와 그래프이다. 감염 노출 빈도의 최댓값은 면적과 비례함을 볼 수 있다. 하지만 평균값은 면적과는 상관없이 Figure 11, Figure 12, Figure 13과 같이 가시적인 분석 결과와 유사하게 나타났다.

4. 3. 이용자별 감염 노출 가능성

Table 9는 선행 연구를 통해 이용자들의 주요 사용 공간을 정리한 Table 6을 바탕으로 이용자별 최다 사용 공간을 병원별로 나타낸 것이다. Table 9의 이용자별 최다 사용 공간과 Figure 11, Figure 12, Figure 13의 시뮬레이션 분석 결과를 비교 분석하여 이용자별 감염 노출 가능성에 대해 알아보았다. 감염 노출 빈도에 따라 거의 없음, 낮음, 보통, 높음, 아주 높음으로 5단계로 나누어 비교 분석하였으며 이에 대한 내용을 Table 10에서 정리하였다. Table 9에서 표시된 환자 편의 공간은 휴게실과 발코니이며 간호관계제실은 간호접수대를 포함하였다.

Table 9 Exposure possibility of infection by users

구분	Hospital A	Hospital B	Hospital C
환자			
간호사			
방문객			

세 병원 중 이중 복도인 병원 C에서 감염 노출 빈도 '아주 높음'이 4곳으로 가장 많이 나타났고 나머지 공간에서는 모두 '높음'으로 나타났다. 중복도인 병원 B는 편복도인 병원 A와 유사한 감염 노출 빈도를 보였다. 세 병원 모두 '거의 없음'과 '낮음'을 나타내는 곳은 없었다. 종합하여 볼 때 발코니, 엘리베이터 홀, 간호관계제실과 간호접수대, 휴게실, 1인실, 병실 순으로 빈도가 높았다. 이로 인해 감염 가능성이 높은 이용자로 방문객, 간호사, 환자 순으로 볼 수 있다. 엘리베이터 홀은 방문객이 입원실에 도착하자마자 마주하는 공간이며 발코니는 외부 공간이면서 휴게실과도 같은 기능을 하므로 병문안을 온 방문객이 환자나 환자의 보호자를 만나는 장소이기 때문이다. 간호접수대는 간호사뿐만 아니라 방문객과 보호자, 환자 모두가 간호사에게 문의할 때 방문하기 때문에 간호사가 대면할 수 있는 이용자 즉, 잠재적 감염자와의 접촉 가능성이 많은 곳이다.

Table 10 Exposure possibility of infection by user space

구분	Hospital A	Hospital B	Hospital C
병실	○	○	◎
1인실	○	○	●
2인실	○	–	◎
엘리베이터 홀	◎	◎	●
휴게실	◎	◎	◎
발코니	●	●	–
간호관계제실	◎	○	●
간호접수대	◎	○	●
거의 없음:× 낮음:□ 보통:○ 높음:◎ 아주 높음:●			

5. 결론

5. 1. 연구의 종합적 결과

병원 내에서 감염의 전파는 사회적 문제로 확장되고 있다. 하지만 감염에 대응하는 건축 계획적인 연구는 미흡한 실정이다. 또한 병원 내 감염은 사람 간에 의한 감염이 주를 이루고 있기에 행위자의 이동을 고려한 감염에 대응하는 병원 건축 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 국내 종합병원 병동부를 대상으로 감염원에 대한 노출 빈도를 도출하여 공간의 특성에 따른 감염 전파 양상을 알아보고 건축 계획적 자료를 제시함을 목적으로 한다. 이를 위해 공간 분석과 다중 행위자 기반 시뮬레이션을 수행하였으며 이에 따라 이용자의 이동 동선 및 시간과 거리의 소요 측면과 이용자 이동에 따른 감염 위험도의 측면으로 나누어 유의미한 결과를 도출할 수 있었다.

이용자의 이동 동선 및 시간과 거리의 소요 측면에서는 첫째, 환자의 최다 사용 공간은 병실, 휴게실, 발코니이며 간호사의 최다 사용 공간은 간호접수대 및 간호관계제실이고 방문객의 최다 사용 공간은 엘리베이터 홀, 병실, 휴게실로 나타났다. 이용자별 최다 사용 공간과 시뮬레이션 결과의 비교 분석을 통해 이용자 중 방문객이 감염에 노출될 가능성이 가장 높고 그다음으로 간호사, 환자 순으로 나타났다. 이는 의료시설에 면회를 온 방문객이 감염되는 것과 방문객으로 인해 의료시설 내의 이용자가 감염되는 모든 경우를 방지하기 위해서라도 방문객의 이동과 사용 공간에 대해 제한이 필요하다고 판단된다.

둘째, 이중 복도 형태의 C 병원은 중복도와 편복도가 혼합된 A 병원보다 전체 면적이 1.5배 이상 차이 나지만 입원실의 면적이 유사할 뿐 아니라 입원실 비율도 가장 높았다. 이는 이중 복도 형태가 병상을 많이 확보할 수 있는 형태라고 볼 수 있다. 또한, 간호접수대와 각 병실까지의 최단거리를 측정하였을 때 이동 거리의 차이가 가장 작게 나타났다. 이는 이중 복도 형태가 입원실과 간호 접수대의 거리가 균등한 형태라고 볼 수 있다.

셋째, 중복도 형태의 B 병원은 면적이 가장 작았음에도 불구하고 간호접수대와 입원실의 거리가 세 병원 중에서 가장 큰 이동 거리 차이를 보였다. 따라서 복도의 형태가 중복도이며 중앙에 간호접수대가 위치한 형태는 의료진이 환자를 치료하고 간호접수대와 병실 간을 이동하는 데 있어 병실에 따라 시간과 거리의 소요 격차가 큰 것으로 볼 수 있다.

넷째, A 병원은 중복도와 편복도, 하부층 개방 형태가 혼합된 것으로 전체 면적과 비례하여 복도의 면적 비율이 가장 높았다. 또한, 중복도 형태보다 간호접수대와 병실 간의 이동 거리 차이가 작았으며 이중 복도 형태보다 이동 거리 차이가 컸다. 따라서 복도 형태가 혼합된 경우, 중복도처럼 격차가 크지도 않고 이중 복도처럼 격차가 근소하지도 않은 중간 정도의 입원실 배치가 가능한 것으로 볼 수 있다.

이용자 이동에 따른 감염 위험도의 측면에서는 첫째, 중복도 형태의 B 병원은 평균 감염 노출 빈도가 4.61로 가장 낮게 나타났다. 또한, 간호접수대가 복도에 면하는 부분이 적고 폐쇄적인 형태일수록 감염 노출 빈도가 낮게 나타났다. B 병원 내에서 감염 노출 빈도가 높은 국지적 공간으로 탈의실, 엘리베이터, 홀, 공용 화장실, 외부 정원을 향하는 방풍실과 외부 정원 일부가 나타났다. 두 병원과 달리 계단의 감염 노출 빈도가 낮았는데 이는 긴 복도의 양 끝에 떨어져 있기에 감염원이 전파되는데 다소 시간이 걸리는 것으로 판단된다.

둘째, 이중 복도 형태인 C 병원은 평균 감염 노출 빈도가 9.60으로 가장 높은 수치를 나타냈다. 이중 복도는 복도의 교차점이 많은 형태로 그에 밀접한 공간일수록 높은 감염 노출 빈도를 보였다. C 병원 내에서 가장 높은 국지적 공간은 계단, 간호 제실, 대기실, 복도의 교차 지점과 밀접한 병실로 나타났다. 또한, 감염 노출 빈도가 편중되지 않고 전역적인 공간에 비교적 균질적으로 분포되어 나타났다. 이는 의료진이나 환자의 이동 거리가 효율적인 만큼 감염원의 전파 속도도 빠른 것으로 판단된다.

셋째, 복도의 형태가 혼합된 A 병원은 감염 전파 양상에서도 B 병원과 C 병원의 중간 정도의 수준을 보였다. A 병원 내에 높은 감염 노출 빈도를 보인 국지적 공간은 공용 화장실, 계단, 엘리베이터, 간호 제실, 대기실로 나타났다. 이러한 공간 이외에 다른 공간의 감염 노출 빈도는 낮았으며 평균값 또한 8.9로 규모가 큼에도 불구하고 C 병원보다 낮았다. 이는 복도의 혼합 형태인 A 병원이 중복도와 이중 복도 형태보다 간호접수대와 병실 간의 거리가 적정 배치되어있으며 감염원에 대한 노출 빈도에서도 낮은 것으로 볼 수 있다.

본 연구는 사람 간 감염 전파에 대한 양상을 행위자의 이동과 공간에 따라 분석하여 가시화하고 정량적으로 도출하였다는 의의가 있다. 이후 본 연구가 병원의 신축과 증·개축 등 병원 내 감염에 대한 건축 계획적 자료로 활용될 수 있길 기대한다. 본 연구의 분석 모형 활용 단계는 병원 건축 설계의 과정에서 기본 계획과 기획 설계 단계에서 적용될 수 있으며, 기본 계획 후 계획된 공간에 대해 시뮬레이션 분석을 통해 감염 노출 빈도에 대해 평가하고 이에 대한 내용을 기획 설계에 반영할 수 있다. Figure 14에서 나타낸 것처럼 기본 계획과 기획 설계의 순환적인 과정을 거치면서 디자인을 발전시킬 수 있다.

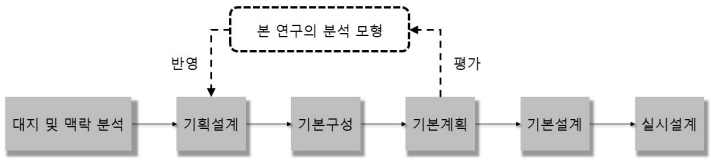


Figure 14 Model application in design process of hospital

5. 2. 병원에서의 감염원 전파 예방을 위한 건축계획적 제언

본 연구에서 도출된 결과를 바탕으로 종합병원 입원실 층에서 이용자 이동에 의한 감염원의 전파를 예방하기 위한 건축 계획적 방안을 다음과 같이 제안한다.

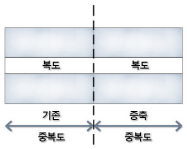
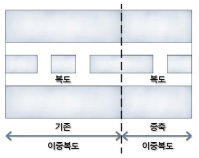
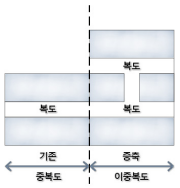
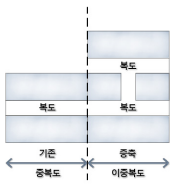
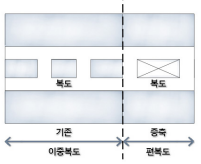
이용자의 이동 동선 및 시간과 거리 소요 측면의 연구 결과에서 이중 복도 형태가 입원실과 간호접수대를 고려했을 때 가장 효율적인 배치를 보였다. 이용자의 효율적 동선을 위한 공간 배치 측면에서는 이중 복도 형태가 우선적으로 고려될 수도 있겠으나 이는 감염원 전파라는 측면에서 함께 검토되어야 한다.

이에 비교해 중복도는 이동 거리의 측면에서 간호접수대에서 가장 가까운 입원실과 가장 먼 입원실의 차이가 크기 때문에 가장 비효율적인 형태로 판단된다. 따라서 중복도 형태만을 종합병원의 건축계획에서 집중적으로 사용하지 않고 다른 복도 형태와 혼합하여 적용할 필요가 있다.

이용자의 이동에 따른 감염 위험도 측면의 연구 결과에서 중복도는 가장 낮은 감염 노출 빈도를 보이는 복도 형태이다. 하지만 의료진이 입원실로 이동하는 데 있어 거리의 격차가 크다는 것은 감염원이 전파되는 시간과 거리도 더욱 소요된다고 볼 수 있다. 이중 복도 형태는 중복도와 상반되어 개별 입원실로 의료진의 접근이 용이한 만큼 감염원 전파 시간이 빠르다. 따라서 감염원 전파에 있어서는 중복도 형태가 우선적으로 고려될 수 있으나 동선의 효율적 측면에서 함께 검토되어야 한다. 고로 이를 혼합하는 복도의 형태가 적절하다.

이와 같은 내용을 고려하여 다음의 공간 배치로의 조정을 제안한다.
혼합된 형태의 복도를 계획하는 것은 Figure 14와 같이 병원의 신축 단계에서도 적용될 수 있지만 증·개축 시에도 적용될 수 있다. 수평적인 증축일 경우에 기존의 복도와 병실을 확장해서 증축하지 않고 기존의 복도 형태와는 다른 형태로 증축하여 적용할 수 있다. 단일적인 복도 형태의 수평적 확장과 혼합형의 수평적 확장의 비교는 Table 11을 통해 알 수 있다. Table 11에서는 편복도, 중복도, 이중 복도일 경우 단일형 증축과 복합형 증축의 예를 나타내었다.

Table 11 Proposal of corridor type

	Single corridor type	Double-loaded corridor type	Looped double corridor type
단일형 증축			
복합형 증축			

중복도 형태의 입원실 층은 Figure 15와 같은 공간 배치를 이루고 있다. 조사 대상 병원의 공간 구성과 같이 계단실과 엘리베이터 사이에 홀이 있고 간호접수대가 홀을 마주하고 있는 형태이다. 방문객은 계단과 엘리베이터를 통해 입원실 층으로 올라오게 되고 홀을 거쳐 병문안을 위해 병실 혹은 근처의 휴게실(day room)로 이동한다. 중복도형은 감염 전파 속도가 느리고 이중 복도에 비해 낮은 감염 빈도를 보였지만 간호사가 병실을 순회하는 데 있어서 거리 격차가 컸다.

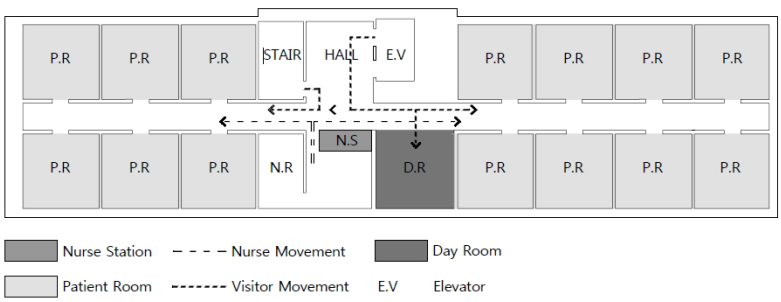


Figure 15 General space arrangement in double-loaded corridor type

이러한 점은 Figure 16과 같은 공간 배치를 통해 완화되는 것을 기대할 수 있다. 간호접수대와 간호관계제실이 있는 공간을 확장하고 간호사의 출입구를 양쪽으로 만들어 간호사의 이동 거리의 격차를 줄일 수 있으며 방문객이 홀과 복도를 거쳐 휴게실로 가지 않고 바로 홀에서 휴게실(day room)로 가도록 개축하여 외부 방문객의 이동을 제한시킬 수 있다.

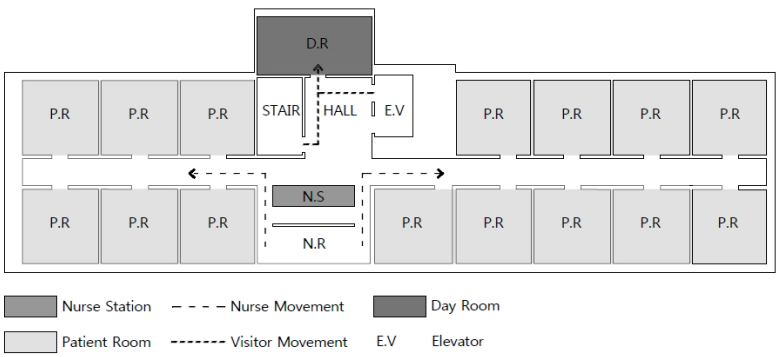


Figure 16 Proposal of space arrangement in double-loaded corridor type

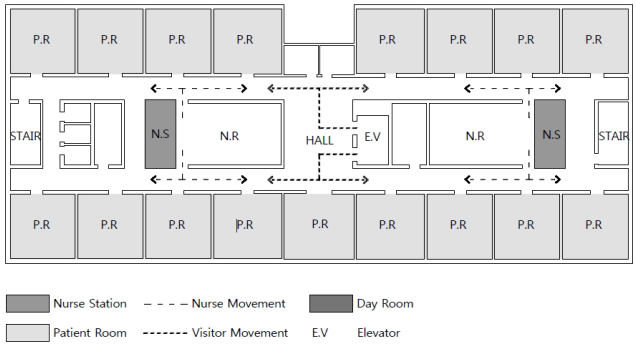


Figure 17 General space arrangement in Looped double corridor type

Figure 17은 일반적인 이중 복도의 공간 구성을 나타낸 것이다. 중앙에 홀과 엘리베이터가 있고 양쪽에 간호접수대와 공용 화장실이나 샤워실 등의 시설들이 배치되어 있다. 방문객은 중앙의 홀을 거쳐 개별 병실로 이동하고 간호사들은 병실 순회를 위해 양쪽의 간호관계제실에서 개별 병실로 이동한다. 그 과정에서 이용자 간의 충돌이나 감염의 가능성이 발생한다. 또한 이중 복도는 이동 거리의 효율은 높지만 그만큼 감염의 전파 속도도 빠른 편이다.

Figure 18은 이러한 점들을 보완하기 위한 공간 배치로 방문객이 복도까지 들어서지 않고 홀에서 바로 휴게실(day room)로 이동하도록 만들어 감염이 전파될 가능성을 저지하는 것이다. 제안된 공간 배치 Figure 16, 18은 입원실 층의 개축에 있어서 참고 자료가 될 수 있으며 공통적으로 개방된 휴게실보다 개별 실로 구획된 공간을 권장하며 면역력이 취약한 환자들이 사용하는 공간 내에서 최소한으로 이동하여 면회하는 것을 기본으로 한다.

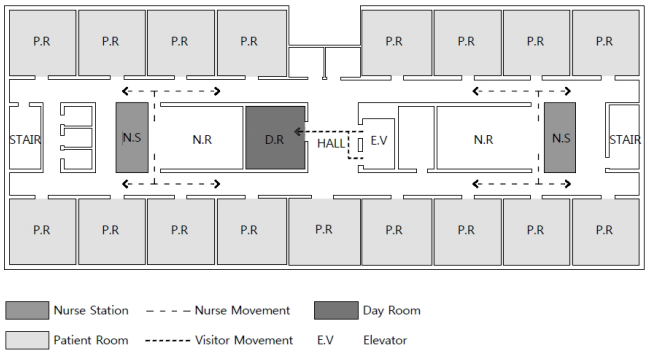


Figure 18 Proposal of space arrangement in Looped double corridor type

본 연구는 조사 대상 병원이 3개소로 개수가 적고 소형, 중형, 대형의 다양한 규모를 고려하지 못했으며 환자 및 간호사, 방문객 등의 대면 접촉과 국지적 공간에서의 업무 지연 등 보행 이외의 다양한 행태를 반영하지 못했다는 점 그리고 입원실 내의 병상 등 가구를 고려하지 못했다는 한계점을 갖고 있다. 이는 향후 연구에서 단계적으로 반영될 것이다. 본 연구의 후속 연구는 분석 공간 내 가구와 병원의 증·개축으로 인한 공간 규모의 변화를 고려하여 수행될 것이다. 이러한 보완을 통해 조사 대상 병원의 개소와 분석 변수를 확장하여 연구가 진행될 예정이다.

References

1. Borshchev, A. (2013). *The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with Anylogic 6*. Chicago: AnyLogic North America.

2. Byun, D., & Moon, C. (2016). 종합병원 병동부 개선을 위한 건축계획 연구 [A Study on the Architectural Planning for the Ward Improvement in General Hospital]. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 18*(6), 85-92.
3. Centers for Disease Control and Prevention. (2003). *Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities*. Retrived Feburary 15, 2017, from https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/.
4. Han, S., & Park, J. (2017). 간호 · 간병통합서비스를 위한 국내 공공병원 병동부에 대한 건축 계획적 연구-국내 지역거점 지방의료원을 중심으로 [A Study on the Architectural Planning for Integrated Nursing Care Service in Ward of Public Hospital - Focused on the Regional Public Hospital in Korea]. *Korean Institute of Interior Design, 26*(3), 121-129.
5. Hong, H., Seo, D., Hansemi, Y., & Kown, Y. (2011) 고령자의 피난안전설계를 위한 군집보행속도에 관한 연구 [A Study on the Walking Speed of Crowd for Safety Evacuation Design of the Elderly]. *Korean Institute of Fire Science & Engineering, 25*(1), 19-26.
6. Jee, S. (2000). *환자중심적 병원 계획에 관한 연구 : 종합병원의 병동부를 중심으로 [A Study on the Architectural Planning of Patient-Centered Hospital-Focused on Wards in General Hospital]* (Doctoral dissertation). Yonsei University of Architectural Engineering, Seoul, the Republic of Korea.
7. Jungdam. (2013). *Steps to Internal Medicine Infection 2*. Seoul: Editorial department Jungdam.
8. Kim, E., Lee, J., Park, S., & You, H. (2005). 병원 피난에 관한 연구 : Part Ⅱ [A Study on Evacuation of Patients in Hospitals : Part Ⅱ]. *Korean Institute of Fire Science & Engineering, 19*(3), 28-36.
9. Korea Centers for Disease Control & Prevention. (2016). *The MERS outbreak in the republic of korea*. Retrived July 29, 2016 from http://repository.kihasa.re.kr:8080/handle/201002/16746.
10. Korean Society for Healthcare-associated infection Control and Prevention. (2017). *Infection Control and Prevention in Healthcare Facilities*. South Korea: hanmibook.
11. Lee, H., & Ju, Y. (2017). 2017 의료법 개정에 따른 병실 모듈변화 연구 [Changes of Ward Modules according to the 2017 Revision of Medical Law]. *Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 17*(1), 55-61.
12. Lee, J. (2015, June 06). When the saliva goes into the mouth and nose, it calls the droplet infection. when the virus floating on the air invades with respiratory system, that is air infection. *Hankyung news*, Retrived from http://news.hankyung.com/article/2015061202931?nv=o.
13. Lee, S. (2012). *행위자 기반 시뮬레이션 모형을 이용한 시각-보행 통합 분석 [An Analysis of Visual Dynamics Using Agent-based Simulation Model]* (Doctoral dissertation). Korea University of Architectural Engineering, Seoul, the Republic of Korea.
14. Park. T. (2017, October 10). Nearly 8,000 infections in intensive care unit in hospital for 3 years. *Edaily new*, Retrived from http://www.edaily.co.kr/news/news_detail.asp?newsId=01636726616089968&mediaCodeNo=257&OutLnkChk=Y.
15. Sin, D., & Kang, M. (2016). 종합병원 병동부의 간호동선 및 의료진 가시성 개선을 위한 연구 [An Analysis of Correlations between Plan Type and Features of Public Space in the Ward and Users' Stay]. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 32*(1), 41-50.
16. Son, J., & Yang, N. (2017). 병동부 공용공간 평면 유형 및 환경 특성과 이용자 체류의 상관관계-근로복지공단 병원 병동부를 중심으로 [An Analysis of Correlations between Plan Type and Features of Public Space in the Ward and Users' Stay - In Case of Chronic Patient Ward in Korea Workers' Compensation Hospitals]. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 33*(6), 11-21.
17. World Health Organization. (2002). *Prevention of hospital-acquired infections*. Retrived December 29, 2002 from www.who.int/csr/resources/publications/whocdscsreph200212.pdf.
18. Yom, J. (2013). 행위자 기반 공간 모델을 이용한 구제역 확산 시뮬레이션 [Foot-and-mouth disease spread simulation using agent-based spatial model]. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, 31*(3), 209-219.
19. Youn, Y., & Chae, S. (2005). *Introduction of Complex system*. korea. South Korea: Samsung Economic Research Institute.
20. Yu, S. (2012). GIS와 행위자 기반의 비상 대피 모형 개발 [GIS and Agent-based Modeling of Emergency Evacuation]. *Korean Society Of Hazard Mitigation, 12*(1), 127-132.

종합병원 입원실 층에서의 감염원 전파의 공간적 취약성에 관한 연구

김서영[1], 권지훈[2*]

[1]계명대학교 일반대학원 건축학과, 대구, 대한민국

[2]계명대학교 건축학전공, 대구, 대한민국

초록

연구배경 본 연구는 종합병원의 병동부 내 입원실 층을 대상으로 병원의 공간적 특성에 따른 감염원 전파 양상을 분석하고 감염원 전파 가능성을 고려한 병동의 복도 형태의 건축 계획적 방안을 제시하는데 목적이 있다.

연구방법 선행연구를 통해 종합병원 건축 계획요소를 조사한 후, 접근 가능한 공간의 추출을 위해서 병원 평면도를 분석하였다. 이용자 집단은 감염자 집단과 비감염자 집단으로 구분하였다. 감염원을 전파하는 공간적 범위와 보행 속도도 시뮬레이션을 위해서 통제되었다. 본 연구는 다중 행위자 기반 모델을 이용하여 감염원의 전파 패턴을 분석하였다.

연구결과 이중 복도의 형태가 중복도와 혼합형보다 간호접수대에서 입원실과의 거리가 균등하며 그 격차가 가장 적었다. 혼합형 형태는 측정된 거리 격차 수치는 가장 컸다. 면적을 고려했을 때 병원 B의 중복도 형태가 세 병원 중 거리 격차가 가장 크게 나타났다. 다중 행위자 분석 시뮬레이션 결과, 평균 감염 노출 빈도가 높은 순으로는 이중 복도, 혼합형, 중복도 순으로 이중 복도 형태가 가장 높은 빈도가 나타났다. 이중 복도 형태는 복도의 교차 지점이 많은 특징을 갖고 있으며 그와 근접한 공간일수록 높은 감염 노출 빈도가 나타났다. 세 병원 모두 공통으로 수직 동선 공간과 공용 화장실, 대기실에서 높은 감염 노출 빈도를 보였다.

결론 입원실과 간호접수대가 가장 균등한 배치인 것은 이중 복도 형태이다. 이는 의료진과 환자의 이동에 따라 거리와 시간에 대한 소요가 짧고 감염원에 대한 전파도 빠른 것으로 볼 수 있다. 하지만 혼합형 형태는 균등한 배치뿐만 아니라 공용 화장실, 수직 동선, 간호 제실, 대기실을 제외한 전역적 공간에서 낮은 감염 노출 빈도를 보였다. 따라서 혼합형 복도의 형태가 가장 적합한 것으로 판단된다.

주제어 병원 건축, 다중 행위자 기반 시뮬레이션, 병원 내 감염

*교신저자 : 권지훈 (jkweon@kmu.ac.k)