

이산사건 시뮬레이션을 이용한 요양병원 외래부 대기공간 균일성 평가

윤소희¹, 김석태^{2*}

¹인제대학교 대학원 U디자인학과, ²인제대학교 공과대학 실내건축학과

Uniformity Evaluation of Elderly Hospital Outpatients' Waiting Space using Discrete Event Simulation

So-Hee Yoon¹, Suk-Tae Kim^{2*}

¹Dept. of U-Design, Graduate school of Inje University

²Dept. of interior Architecture, Inje University

요약 현대사회의 복잡다기한 문제과악과 분석을 위해 최근들어 다양한 변수를 바탕으로 하는 복잡계 분석의 도입이 활발해지고 있다. 외래부의 공간배치에 따른 환자들의 공간인지와 사용성을 미리 예측하는 것은 질 높은 병원서비스 제공을 위해 매우 중요한 요소라 할 수 있다. 객관적 분석을 위해 노인의 질환별 표준프로그램 절차 및 분석을 위한 지표를 마련하고 히트맵 분석과 정량적 분석을 통해 대기공간의 균일성을 평가하였다. 이에 본 연구에서는 요양병원을 대상으로 복잡계 분석 방법을 이용하여 진료공간-접수공간-상담공간의 배치변화에 따른 4개 대안의 대기공간 균일성을 분석하기 위해 73개의 셀을 설치하여 시뮬레이션을 구축하고 그에 따른 밀도를 도출하였다. 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 1) 대기공간의 전체 공간밀도는 접수공간의 배치가 가장 큰 영향을 미친다. 2) 검사공간과 진료공간의 확실한 분리배치가 대기공간의 균일성을 높여주는 방안이다. 3) 접수공간의 위치가 입구에서 가까울수록 대기공간의 밀도균일이 커진다. 마지막으로 본 연구는 대기공간 균일성 평가에 이산사건 시뮬레이션의 적용방안에 관한 연구로서, 행위자기반모델이 공간분석 방법론으로서의 활용과 평가에 활용도를 가질 수 있음을 입증하였다.

Abstract In recent years, the introduction of complex systems analysis based on various variables has become more active in order to identify and analyze complex problems of Modern Society. Prediction of patients' spatial perception and usability according to the spatial arrangement of the outpatient department is a very important factor for providing high quality hospital service. For objective analysis, the standard program procedure and analysis index for the diseases of the elderly were prepared and the uniformity of the atmospheric space was evaluated through heat map analysis and quantitative analysis. In this study, 73 cells were installed and simulated to analyze the uniformity of the four alternatives according to the change of the arrangement of the medical care space, receiving space, and consultation space using the complex system analysis method for the nursing hospitals. The resulting density was derived. The results are as follows. 1) The layout of the reception space has the greatest influence on the total spatial density of the waiting space. 2) The uniformity of the waiting space can be increased by separating the examination space and the examination space. 3) The closer the location of the receiving space is from the entrance, the greater the density of the waiting space. Finally, this study applied discrete event simulation to the evaluation of uniformity of atmosphere space, and proved that the actor - based model can be utilized for utilization and evaluation as spatial analysis methodology.

Keywords : ABM, Discrete Event Simulation, Outpatient, Geriatric Hospital, Spatial Density

본 논문은 2015년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(2015R1D1A3A01018824)

*Corresponding Author : Suk-Tae Kim(Inje Univ.)

Tel: +82-55-320-3722 email: demolish@inje.ac.kr

Received May 1, 2017

Revised June 14, 2017

Accepted July 7, 2017

Published July 31, 2017

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 환경과 인간을 둘러싼 다양한 현상과악과 문제 원인 발견을 위해 복잡계 분석방법론에 대한 연구가 활발하다. 복잡계 분석은 다양한 변수적용과 방대한 반복 연산을 요구하기 때문에 개념적인 수준에 머물러왔으나 컴퓨터의 성능이 비약적으로 향상되고 그래픽에 의한 직관적인 결과재현이 가능해지면서, 이전까지 파악하기 어려웠던 다양한 복잡계에 대한 해석이 가능해지고 있다.

특히 인간의 생활을 담고 있는 건축공간은 형태적으로 비정형 변수이며 개체(행위자)의 속성이 다양하고, 공간 내에서 발생할 현상을 가능하기 어려운 특징을 지니고 있기에 전형적인 복잡계로 볼 수 있다.

더욱이 공간 내에서 개체행동은 공간의 구조와 방문 목적에 따라 제공받는 서비스가 가변적이므로 지극히 복잡한 양상을 띠게 된다.

공간배치 및 이용순서의 변경에 따라 민감하게 변화하는 공간의 활용을 사전에 예측하는 것은 서비스의 효율성 측면에서 필수불가결한 작업이다.

그러나 수리모델을 기반으로 하는 기존의 분석방법으로는 관계되는 복잡한 변수의 반응에 한계가 있기 때문에 설득력 있는 데이터를 얻어내기 어려웠다.

이에 본 연구에서는 복잡계 분석기술 중의 하나인 이산사건 시뮬레이션을 적용하여, 실배치에 따른 공간이용행태(패턴)의 변화를 균일성이라는 측면에서 적용방안을 모색함과 동시에 방법론적 실증화를 목적으로 한다.

또한 의료시설은 이용절차가 뚜렷하며 특정목적을 가지고 건축된 공간이며, 특히 요양병원 외래부는 최초 방문자의 사용이 많고 공간인지가 저하되는 노인을 주 대상으로 하기 때문에 분석대상으로 적절하다고 판단하였다.

1.2 연구의 방법

현재 운영되고 있는 중규모 요양병원의 외래부를 대상으로 접수공간·상담공간·진료공간의 배치에 따른 4개 대안을 설정하고, 실배치에 따른 로비(대기)공간의 균일성 변화를 평가하였다.

이산사건 시뮬레이션에서는 객관적 절차모델의 수립과 측정이 연구의 방향에 중요한 영향을 미친다.

연구순서는 다음과 같다.

첫 번째, 객관적인 평가분석을 위해 문헌연구 및 통계

자료를 바탕으로 노인의 주요 질환별 표준 프로그램 절차 및 균일성 평가를 위한 지표를 마련한다.

두 번째, 표준 프로그램 절차모형을 적용한 시뮬레이션을 수행하여 각 모델별 밀도데이터를 도출하고, 히트맵 분석의 정성적 평가와 지표분석을 통한 정량적 평가를 수행한다.

세 번째, 대기공간의 대안별 균일성을 파악하기 위해 기능에 따른 대기·진료영역, 입구영역, 검사영역으로 분류하여 소요실의 배치변화에 따른 공간밀도를 분석한다.

네 번째, 도출된 밀도데이터의 표준편차, 밀도·경유자 빈도분석, 전체 대기공간의 셀 분석을 통해 배치변화에 따라 대기공간의 특성변화를 살펴본다.

2. 표준프로그램 및 시퀀스설정

2.1 복잡계와 이산사건 시뮬레이션

복잡계는 상호작용하는 개체들의 집합에서 창발현상(emergent phenomenon)에 대한 연구라 정의되며, 다수의 상호작용하는 개체 또는 행위자(agent)의 집합체를 포함하는 과학이라 할 수 있다. 또한 복잡계 분석은 행위자들이 상호작용하면서 서로 연결됨에 따라 이들은 같은 네트워크의 일부를 형성하게 된다고 볼 수 있으므로, 네트워크 연구는 복잡계 과학의 필수 불가결한 부분이다[1].

비즈니스 애플리케이션을 위한 시뮬레이션 모델링을 고려하는 경우에 적용할 수 있는 방법모형은 주로 시스템 다이내믹스, 프로세스 중심모형, 행위자기반모형이다. 시스템 다이내믹스는 높은 수준의 추상모델을 가정하고 주로 전략적 차원문제에 대해 사용된다. 프로세스 중심모형은 운영 및 전술 차원에서 사용되며, 행위자기반모형은 모든 수준에서 사용되어지며 그 분야는 행위자로 표현할 수 있는 경쟁사, 소비자, 프로젝트, 아이디어 또는 차량 보행자, 로봇 등이 될 수 있다[2].

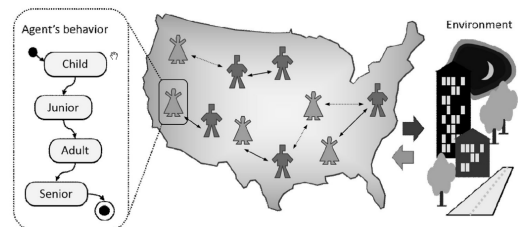


Fig. 1. Agent-based Model Concept

복잡계 분석은 기존의 수식기반(equation-based)의 분석방법을 시뮬레이션 기반(simulation-based)으로 변화시키는 축에 있으며, 고전모델들이 미적분과 같은 연속 수학에 기반하며 대개가 결정적(deterministic) 모델들로 철학적 결정론이라는 개념이 반영되어 있다. 반면 복잡계는 그래프와 셀룰러 오토마타 등을 포함한 이산수학에 기초를 두며, 종종 무작위성을 특징으로 확률적(stochastic) 모델을 바탕으로 예측성에 용이한 이론이라 할 수 있다[3].

종합하면 법칙과 수식·수학적 유도를 바탕으로 분석하는 기존 이론들과는 달리, 복잡계는 계산적으로 표현되는 시뮬레이션 모델을 통해 상호작용의 규칙을 발견하는 이론이라 정의내릴 수 있다.

2.2 노인요양병원 및 외래부

의료법 제3조에 따르면 요양병원이란 의사, 치과의사 또는 한의사가 주로 입원환자를 대상으로 의료행위를 하는 병원급 의료기관의 한 형태로서 30개 이상의 요양병상을 갖추어야 하며, 병원의 기능과 요양기관의 기능이

복합적으로 갖추어진 곳이다[4].

외래부는 환자 및 고객이 병원에 출입할 때 가장 먼저 만나는 곳이며, 이용이 잦은 공간으로 병원의 주목적인 진료를 담당하는 부서이다.

따라서 외래부는 내원객의 진료편의 및 접근성을 고려하여 지층부를 중심으로 배치하며, 부서의 배치는 진료환경 변화에 따라 발생하는 미래의 요구에 대비하고, 확장 및 용도 변경 등에 대응할 수 있도록 해야한다.

또한 외래부의 배치는 환자 수, 질환특성에 따른 중앙 진료부와와의 연계, 동선, 프라이버시 요구 정도 등을 고려하여 계획해야함과 동시에, 외래환자들의 진료접수부터 진료종료까지의 동선흐름을 효율적으로 계획하여 동선이 중복발생하지 않도록 접수 및 수납공간을 적절히 배치하여야 한다[5].

2.3 진료절차설정

의료기관에서 고객에게 제공하는 핵심진료 서비스를 제공하는 모든 과정은 철저히 고객중심으로 수립되어야

Table 1. Outpatient Treatment Procedures and Flow

	Receipt		Treatment and Prescription		(Payment)		Examination		Diagnosis and Prescription		(Payment)		Treatment	
	1 step	2 step	3 step	4 step	5 step	6 step	7 step	8 step	9 step	10 step	11 step			
Musculoskeletal System Disorder (29.35%)	Receipt Reception Room (2-3min)	Treatment Doctor's Office (6-7min)	Payment Reception Room (2-3min)	Examination X-ray Room (1-5min)	Waiting Lobby (3-5min)	Diagnosis and Prescription Doctor's Office (6-7min)	Payment Reception Room (2-3min)	Treatment -Physiotherapy Clinic (10-15min) -Shotroom (2-3min) -Pharmacy (3-5min)						
Circulatory Disorder (28.43%)	Receipt Reception Room (2-3min)	Treatment Doctor's Office (6-7min)	Payment Reception Room (2-3min)	Consultation Counseling Room (5-7min)	Urinalysis Rest Room (3-5min)	Urinalysis Request Clinical Laboratory (1-2min)	Examination X-ray Room (1-5min)	Waiting Lobby (3-5min)	Diagnosis and Prescription Doctor's Office (6-7min)	Payment Reception Room (2-3min)	Treatment -Shotroom (2-3min) -Pharmacy (3-5min)			
Medically Disorder (23.83%)	Receipt Reception Room (2-3min)	Treatment Doctor's Office (6-7min)	Payment Reception Room (2-3min)	Examination X-ray Room (1-5min)	Waiting Lobby (3-5min)	Diagnosis and Prescription Doctor's Office (6-7min)	Payment Reception Room (2-3min)	Treatment -Shotroom (2-3min) -Pharmacy (3-5min)						
Metabolic Disorder (11.39%)	Receipt Reception Room (2-3min)	Treatment Doctor's Office (6-7min)	Payment Reception Room (2-3min)	Consultation Counseling Room (5-7min)	Examination Clinical Laboratory (3-5min)	Waiting Lobby (3-5min)	Diagnosis and Prescription Doctor's Office (6-7min)	Payment Reception Room (2-3min)	Treatment -Shotroom (2-3min) -Pharmacy (3-5min)					
Neurological Disorder (7.00%)	Receipt Reception Room (2-3min)	Treatment Doctor's Office (6-7min)	Payment Reception Room (2-3min)	Consultation Counseling Room (5-7min)	Examination X-ray Room (1-5min)	Waiting Lobby (3-5min)	Diagnosis and Prescription Doctor's Office (6-7min)	Payment Reception Room (2-3min)	Treatment -Shotroom (2-3min) -Pharmacy (3-5min)					

하며 진료절차는 기능에 따른 동선 및 영역, 공간인지, 영역성 및 위계성과 직접적인 관련이 있으므로 환자들의 질 높은 의료서비스를 위해 중요하다고 할 수 있다. 따라서 공간계획시 병원의 기능별 단위공간에 대한 특성을 고려한 부서간의 연계, 각 부서의 합리적인 배치가 매우 큰 영향을 미친다.

그러나 이와 같은 진료절차와 서비스는 병원마다 다소 차이를 보이고 있다. 따라서 객관적 평가분석을 위해 문헌연구 및 보건복지부의 ‘주요질환별 노인 1일 의료이용 추이’의 통계자료[6]를 바탕으로 질환별 표준프로그램 절차를 자체적으로 마련하여 적용하였다.

이용자(agent)는 초진환자를 기준으로 접수→진료 및 처방→검사→진단 및 처방→치료의 순서를 잡고 질환의 종류에 따라 검사, 진단처방 및 치료, 투약 등의 동선을 수립하여 서비스시간을 설정하였다.

최종적으로 표준 프로그램 및 진료절차를 다음 Table 1과 같이 근골격계 질환(8 step)·순환계 질환(11 step)·내과계 질환(8 step)·대사질환(9 step)·신경계질환(9 step)의 다섯가지로 나누어 설정하였으며, 수반되는 진료절차 동선에 따라 이를 시뮬레이션 분석에 적용하여 균일성 평가를 위한 이동경로로 활용하였다.

3. 시뮬레이션 프레임 구축

3.1 시퀀스 대안설정 및 PML설계

분석모델은 소요실 배치변화에 따른 4개 대안을 마련하여 시뮬레이션을 적용하였으며, 외래부 대기공간의 소요실 배치에 따른 공간효율성과 대기공간 균일성의 변화를 알아보고자 하였다. 다음 Table 2와 같이 진료공간·상담공간·접수공간의 배치를 각기 달리하여 대안을 마련하였으며, 소요실 위치를 서로 바꾸는 소극적인 개선으로 외래부 대기공간의 균일성에 어떠한 변화와 영향을 미치는지 분석해 보았다.

분석 어플리케이션은 Anylogic 7.3.6 소프트웨어를 활용, 보행시뮬레이션(Pedestrian Model)을 적용하였다. 이산사건 모델링 및 시뮬레이션 분석지원 어플리케이션은 Repast, LetLogo, Arena, AnyLogic 등이 있으며, 그 중 AnyLogic은 물류, 의료서비스, 마케팅, 주식시장, 군사 등의 분야에 폭넓게 적용되고 있는 복잡계 시뮬레이션 지원도구로서 보행자모형에 적합한 측면이 있으므로 본 연구에 활용하였다.

Table 2. Analysis model and Alternatives

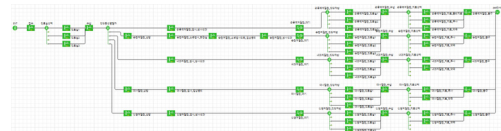
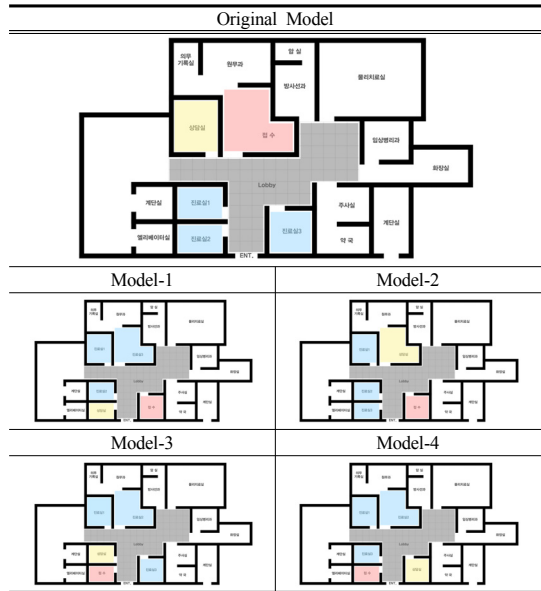


Fig. 2. Process Modeling Library

보행시뮬레이션은 Fig. 2와 같이 공간모델과 행위자 속성, 서비스시간 등을 연구자가 직접 설계한 워크플로우(PML; Precess Modeling Library)를 따라 행위자가 이동하며 얻고자 하는 데이터를 도출할 수 있다.

분석대상 요양병원은 의료법에 의해 2011년 이후 노인요양병원으로 지정되어 있는, 보건복지부가 규정한 중합병원 규모의 요양병원으로 설정하였으며 평면도를 제공받아 분석에 적용하였다. 또한 1층에 외래진료부 및 중앙진료부가 배치되어 있는 형태로 외래진료가 수반되는 절차를 한 층에서 수행할 수 있는 병원시설로 최종 선정하였다.



Fig. 3. Simulation driving screen

3.2 측정방법 및 분석알고리즘

다음 Fig. 3과 같이 분석모델을 설계하고, 오차범위를 줄이기 위해 반복시뮬레이션을 통해 균일도 분석을 실시하였다. Anylogic은 공간자체의 밀도를 측정하는 별도 기능을 제공하지 않고 있기 때문에 본 연구에서는 보행자모형(pedestrian model)을 활용하여 일정영역을 설정하고 그 영역 내에 진입하는 에이전트의 수를 시뮬레이션 시간(6 hour)동안 초당 node에 지정한 명령에 따라 데이터를 도출하는 루틴을 개발하여 적용하였다.

그러나 이는 특정영역에 대한 에이전트의 총 수만을 산출할 수 있기 때문에 공간의 장소적(위치별) 특성을 파악하기 위해서 측정영역을 같은 크기를 가진 73개의 작은 셀로 정의하고, 이를 공간 내에 2차원으로 배열하여 각 셀의 관계성에 의해 전체 균일도를 파악하도록 하였다.

또한 다음 Fig. 4와 같이 기능영역별 공간밀도 분석을 위해서 73개의 셀을 총 38개 셀의 진료·대기영역, 총 12개 셀의 입구역, 총 23개 셀의 검사영역으로 나누어 균일성평가를 실시하였다.

추출은 Anylogic Engine인 API의 Dataset Class를 사용하여 텍스트파일로 저장하고 엑셀을 이용하여 정량적 데이터를 도출하였다.

균일성에 관한 최종 평가는 에이전트 히트맵에 의한 정성적 평가와 설정한 지표에 따른 정량화 데이터를 이용해 균일도를 평가하였다.

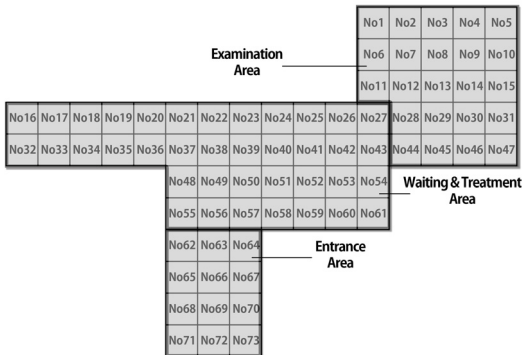


Fig. 4. Area Classification by function

3.3 시뮬레이션 환경구축 및 지표설정

시뮬레이션에 적용한 행위자(Agent)의 속성은 다음 Table 3과 같으며, 시간당 유입인원은 실제 요양병원의 1시간당 외래환자 수를 고려하여 60분에 10명씩 공간에 투입하였으며, 시뮬레이션 시간은 병원의 1일 기준 외래

진료시간을 참고[6]하여 6시간으로 설정하였다. 행위자의 평균 보행속도는 0.5-1(m/s), 초기 보행속도는 0.3-0.7(m/s), 행위자 크기는 지름 0.4-0.5(m)로 확률 및 랜덤변수 uniform함수를 이용하여 설계하였다.

Table 3. Pedestrian properties

Class.	Properties
Arrival Rate	10 / hour
Comfortable Speed(m/s)	uniform(0.5, 1)
Initial Speed(m/s)	uniform(0.3, 0.7)
Diameter(m)	uniform(0.4, 0.5)
Simulation Time	6 hour

프로그래밍에 따른 각 셀의 밀도를 정량화 시키고 대기공간의 균일도를 알아보기 위해 본 연구에서는 다음과 같은 지표를 설계하고 평가에 활용하였다.

(1) SD : 공간밀도(Spatial Density)

행위자가 각 셀을 움직이는 궤적을 통한 밀도데이터 누적 총합을 각 영역별 셀의 개수로 나눈 비율

(2) SU : 공간균일도(Spatial Uniformity)

전체공간 및 영역별 공간밀도를 표준편차를 이용해 전체 공간의 균일성을 파악하기 위한 지표

4. 대기공간 균일성 분석 및 평가

4.1 대안별 히트맵 평가

히트맵 분석은 시뮬레이션의 결과를 시각적으로 보여주는 정성적 평가를 위한 자료이며, 비교적 밀도가 높은 곳이 적색으로 표현되고, 낮은 곳이 청색으로 표현된다. 분석결과는 다음 Table 4와 같다.

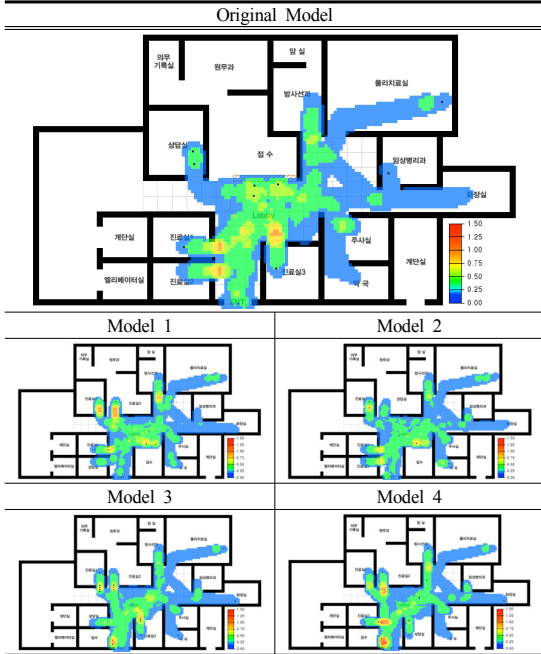
행위자의 이동에 따른 히트맵의 표현은 임계밀도(critical density)를 1.5로 설정하여 보다 면밀한 정성적 평가가 가능하도록 하였다.

분석결과 소요실 배치에 따라 행위자의 주 이동동선, 소요실 대기시간, 대기인원, 대기공간의 사용분포 등이 유동적으로 변화하는 것이 파악되었다.

Original Model은 주출입구에 진료실이 모두 배치되어 있어 대기공간의 행위자 분포가 타 공간에 비해 높게 나타났다.

또한 출입구에 진료공간이 집중배치 되어 있으므로 모든 진료실의 대기인원과 외래부의 유입인원이 동선 혼재를 일으키는 것을 알 수 있었다.

Table 4. Conclusion of simulation by changing layout



Model-1과 Model-2는 진료공간을 내부로 배치하는 구조를 취함으로써 행위자의 대기공간의 유동이 많이 나타나고 동시에 대기공간의 밀도가 높아지는 경향을 보였다. 그러나 이와 같은 경우 검사공간에 해당되는 방사선과의 대기열이 길어지는 것을 확인할 수 있었는데, 진료실과 검사공간 및 대기공간의 가까운 배치로 인해 환자 동선이 혼재된 영향이 크다.

Model-3과 Model-4는 주출입구에 접수공간을 배치하고 진료공간 및 상담공간을 이동시켜 시뮬레이션을 진행하였다. 분석결과, 접수공간의 출입인원과 모든 진료공간에서 대기인원이 길어지는 것을 확인할 수 있었으며, 공간밀도는 낮아지고 있으나 동선균일도가 고르게 분포되지 않아 사용성은 다소 떨어지는 것으로 파악된다.

Model-4는 행위자 동선계도와 사용패턴을 분석해보면 5개 모델 중 대기공간의 가장 작은 면적을 활용하고 있는 모델이라 할 수 있다. 그러나 이는 균일성은 전체적으로 낮으나, 공간에 사용되지 않는 곳이 많으므로 공간 활용면에 대기공간의 의자배치, 기능분리 등을 통해 그 방안을 모색해 볼 수 있다.

히트맵 분석만으로는 대안모델에 관한 객관적 평가가 다소 제한적이다. 따라서 시뮬레이션을 통해 초벌로 측정한 행위자의 밀도데이터를 통해 정량적 데이터 분석과

Table 5. Density Data Analysis

	Original	Model1	Model2	Model3	Model4
n1	475.87	247.05	108.51	152.43	193.75
n2	11.81	5.90	7.64	6.25	6.42
n3	10.76	6.42	5.56	7.64	6.77
n4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n6	54.51	45.14	43.06	44.97	41.84
n7	28.12	15.80	19.62	16.84	17.36
n8	7.29	2.95	5.90	3.47	3.82
n9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n11	59.90	48.09	42.88	49.48	45.49
n12	9.72	6.42	6.42	6.77	6.08
n13	10.94	6.25	10.59	6.25	8.16
n14	7.47	3.99	6.25	3.47	4.17
n15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n19	18.92	22.74	21.70	88.37	27.08
n20	34.55	41.84	39.41	41.32	41.67
n21	161.11	78.47	310.94	402.08	469.10
n22	65.80	74.31	120.66	97.92	150.52
n23	3981.08	36.81	20.14	37.67	94.27
n24	93.23	53.82	102.78	5.03	154.69
n25	2582.64	124.13	21.35	169.97	9.90
n26	113.37	67.71	118.92	57.47	56.42
n27	172.05	57.99	103.30	60.42	173.44
n28	5.21	1.04	7.12	0.87	0.87
n29	3.82	0.35	3.82	0.35	0.52
n30	12.50	5.03	13.89	5.73	7.99
n31	10.59	5.56	9.37	4.17	5.56
n32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n36	1.04	52.95	4.34	13.37	15.63
n37	229.17	195.83	192.36	172.22	119.10
n38	115.10	145.49	197.05	95.49	54.69
n39	584.55	199.65	122.57	9.72	55.21
n40	164.58	188.54	114.41	42.53	43.92
n41	202.95	138.02	126.56	80.56	71.70
n42	56.42	129.69	84.90	164.41	165.97
n43	149.13	141.67	167.01	180.21	165.63
n44	60.76	71.35	61.81	60.24	60.42
n45	18.40	22.22	21.88	19.27	18.58
n46	15.45	17.36	15.80	15.62	14.76
n47	21.01	19.79	22.57	17.88	19.79
n48	134.72	130.56	93.23	113.89	113.02
n49	143.40	133.33	124.48	135.42	126.39
n50	213.02	152.43	89.58	61.63	162.15
n51	183.51	175.52	110.94	115.10	91.67
n52	239.41	99.13	229.17	87.33	108.16
n53	109.55	109.20	149.31	314.06	207.99
n54	113.19	71.53	21.35	50.69	4.34
n55	157.64	88.54	85.42	195.31	149.65
n56	163.19	85.07	202.08	116.84	3.82
n57	182.12	146.35	228.99	209.72	264.06
n58	131.94	166.15	155.73	251.04	153.99
n59	1948.09	3586.28	3316.15	151.74	15.80
n60	81.25	923.96	704.17	43.92	2.08
n61	37.85	1495.14	1318.06	92.19	88.72
n62	1819.10	523.96	180.21	92.36	135.42
n63	72.22	57.12	71.70	53.65	48.44
n64	55.21	61.46	57.64	58.68	43.58
n65	53.13	34.03	511.46	79.17	89.24
n66	52.08	43.40	53.99	92.36	73.78
n67	28.65	31.60	22.92	15.97	13.72
n68	1207.99	245.14	145.83	713.72	615.10
n69	58.16	51.22	51.04	48.26	36.46
n70	10.59	13.37	9.38	7.64	4.17
n71	0.00	0.00	0.00	4928.47	4669.10
n72	66.67	58.16	59.55	32.64	33.16
n73	2.78	5.73	2.78	2.43	1.22
Avg.	230.35	147.52	140.77	139.79	131.32

기능에 따른 영역을 분리하여 데이터 분석을 진행하였다. 데이터는 초당(second) 밀도데이터를 카운트하여 액

셀시트로 통계처리를 하였으며, 각 셀별 밀도 합으로 로우데이터를 도출하였다.

4.2 밀도데이터 도출

전체 73개 셀에 대한 밀도데이터를 도출한 결과는 다음 Table 5와 같다.

밀도 데이터 분석결과, Original Model(Avg=230.35) > Model-1(Avg=147.52) > Model-2(Avg=140.77) > Model-3(Avg=139.79) > Model-4(Avg=131.32)의 순으로 높게 나타났다. 시뮬레이션에서 node4,5,15,16,17,18,32,33,34,35의 밀도가 측정되지 않았으나, 전 모델에서 모두 동일한 결과가 나왔으므로 데이터 도출에 포함하였다.

각 모델별로 가장 높은 밀도데이터를 보이고 있는 셀을 추적해본 결과, 주로 접수공간에 가까이 있는 셀들에서 높은 값이 측정되었다.

접수·수납의 기능으로 인해 환자가 접수공간에 잦은 방문과 동시에 유입인원이 가장 먼저 도달하는 목적공간의 성격이 큰 영향으로 보인다. 이는 접수공간 위치의 중요성을 시사하는 부분이다.

4.3 대안별 공간밀도 분석

Table 6은 대기공간을 기능에 따라 대기·진료영역, 입구영역, 검사영역으로 나누어 소요실 배치변화에 따라 각 영역의 공간밀도(SD)를 알아보았다. 공간밀도가 높은 곳은 전체 공간 중 이용성이 높은 공간이며, 이는 다시 말하면 실배치에 따라 각 영역별 밀도를 분석해봄으로써 전체 공간구조에서 기능별 활용도를 평가할 수 있다.

분석결과, 대기·진료영역은 Model-1(SD=239.81) > Model-2(SD=228.87) > Original Model(SD=140.57) > Model-3(SD=96.25) > Model-4(SD=88.44)의 높은 순을 보이고 있었다. Original Model에 비해 Model-1과 Model-2는 대기·진료영역의 밀도가 높게 나타났으며, Model-3과 Model-4는 낮아졌다. 가장 높은 공간밀도를 보이는 Model-1(SD=239.81)과 Model-4(SD=88.44)는 약 2.7배의 밀도 차이를 보인다. 이는 접수공간 배치에 따른 결과이며, 접수공간이 공간의 안쪽으로 접해지면서 진료·대기영역의 밀도에 영향을 미친 것으로 사료된다.

병원에서 접수공간은 접수, 수납의 절차가 잦게 이루어지는 영역으로 접수공간의 배치에 따라 대기공간의 밀도에 상당부분 관여를 하게 되는 것이다. 또한 접수공간에서 환자에게 서비스를 제공하는 방향에 따라서도 공간 밀도에 영향을 미치는 것으로 파악된다.

Table 6. Spatial Density by area

Class		Total Density	SD
Waiting & Treatment Area	Original	5341.84	140.57
	Model1	9112.85	239.81
	Model2	8697.05	228.87
	Model3	3657.64	96.25
	Model4	3360.76	88.44
	Average.	6034.03	158.79
Entrance Area	Original	3426.56	285.55
	Model1	1125.17	93.76
	Model2	1166.49	97.21
	Model3	6125.35	510.45
	Model4	5763.37	480.28
	Average.	3521.39	293.45
Examination Area	Original	824.13	35.83
	Model1	530.73	23.08
	Model2	412.67	17.94
	Model3	421.70	18.33
	Model4	462.33	20.1
	Average.	530.31	23.06

입구영역은 Model-3(SD=510.45) > Model-4(SD=480.28) > Original Model(SD=285.55) > Model-2(SD=97.21) > Model-1(SD=93.76)의 높은 순으로 측정되었다.

입구영역은 진료·대기공간과는 반대로 Original Model에 비해 Model-3과 Model-4는 밀도가 높아졌으며, Model-1과 Model-2는 낮게 나타났다.

이 또한 접수공간의 배치가 영향을 미친 것으로 보이는데, 접수공간이 입구와 가까이 배치될수록 대기공간의 밀도가 높아지는 것으로 확인된다.

가장 높은 공간밀도를 보이는 Model-3(SD=510.45)과 Model-1(SD=93.76)은 약 5.4배의 밀도 차이가 나는 것을 미루어 접수공간의 위치가 외래부에 있어서 상당한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

입구영역은 행위자가 병원을 출입하고 상담실로 들어가는 행위자만 있으므로 他모델에 비해 대기인원이 적으며, 공간유입도 낮지 않다. 따라서 Model-1은 비교적 공간출입이 적은 상담실을 입구에 배치함으로써 공간밀도가 가장 낮게 나타났다.

검사영역은 Original Model(SD=35.83) > Model-1(SD=23.08) > Model-4(SD=20.10) > Model-3(SD=18.33) > Model-2(SD=17.94)의 순으로 높게 측정되었다.

검사영역은 방사선과, 물리치료실, 임상병리과가 접해있는 곳으로 검사공간에 해당하는 곳은 소요실 배치에 변수를 두지 않았으므로, 진료·접수·상담의 배치에 따라 밀도가 어떻게 변화하는지를 알아보았다.

Original Model($SD=35.83$)에서 가장 높은 공간밀도가 나타났으며, Model-2($SD=17.94$)에서 가장 낮은 밀도가 측정되었다. 이는 Model-2가 검사영역에서 진료실이 가장 멀리 배치되어 있는 공간구조를 취하고 있는 영향으로, 타모델에 비해 비교적 진료실과 멀리 배치하여 검사영역의 동선혼잡이 줄어든 것이다.

이러한 결과를 미루어 검사영역의 공간밀도를 낮추기 위해서는 진료공간을 상대적으로 멀리 배치하여 환자들의 동선과 공간기능을 보다 확실히 분리해주는 것이 외래부와 대기공간의 전체적인 동선혼잡을 줄일 수 있을 것으로 보인다.

4.4대안별 공간균일도 평가

Table 7은 각 모델별 밀도의 표준편차를 나타낸 것으로 평균으로부터 얼마나 밀도가 산포되어 있는지를 분석하였다.

Table 7. Spatial Uniformity Analysis

	Original	Model-1	Model-2	Model-3	Model-4
<i>SU</i>	627.66	459.49	419.78	578.71	548.25

표준편차가 작으면 데이터의 분포가 평균 근처에 주로 모여 밀도 차의 폭이 크지 않다는 것을 뜻하며, 표준편차가 크면 밀도 차의 폭이 크다는 것을 의미한다. 이를 조금 더 면밀하게 분석하기 위해서 밀도의 극간을 200 단위로 설정하여 각 모델별 빈도그래프를 분석해 보았다.

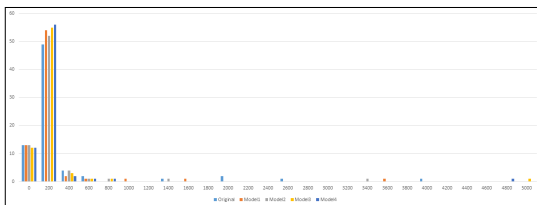


Fig. 5. Density Frequency Histogram

밀도는 주로 0-200사이에서 가장 많은 빈도수를 보이고 있으며, Model-3에서 최대 5000 극간까지 밀도가 측정되는 것을 확인할 수 있었다.

Model-3의 node71($density=4928.47$)에서 최대로 높은 밀도를 보이는데 이는 접수공간과 출입인원의 동선혼잡으로 밀도가 높게 나타났다.

공간균일도 평가를 위해 각 셀별 밀도데이터를 반영하여 높은 밀도 값을 나타내고 있는 셀을 대상으로 더욱 구체적인 밀도분석을 실시하였다.

공간밀도가 높다는 것은 동선혼잡 및 환자의 출입, 즉 공간사용이 크다는 것을 뜻한다.

Table 5와 Table 8의 상호비교를 통해 소요실 배치에 따라 공간균일도 및 공간밀도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다.

Table 8. Spatial Density by cell

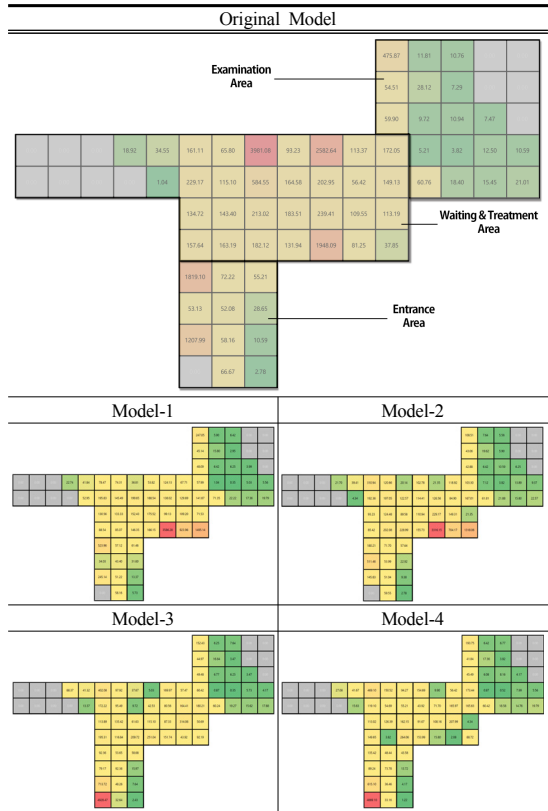


Table 8은 밀도분포를 색조로 나타내어 상대적으로 높은 밀도를 보이는 곳에 적색으로 표현된다. 이를 참고하여 최대 밀도를 보이는 셀을 도출하고 소요실의 배치 관계를 통해 대기공간의 균일성을 알아보았으며, 각 셀의 밀도 값을 추출하여 요인을 파악하였다.

또한 특히 공간밀도가 높은 셀을 대상으로 외래부 소요실의 배치변화가 어떠한 영향을 미쳤는지 분석하였다.

Original Model의 가장 높은 밀도를 나타내는 셀은 node23($density=3981.08$), Model-1은 node59($density=3586.28$),

Model-2 역시 node59(*density*=3316.15)에서 나타났다. model-3(*density*=4928.47)과 model-4(*density*=4669.10) 또한 동일 셀인 node71에서 가장 높은 밀도를 나타내고 있었다. 이는 model-1과 model-2에서 동일한 곳에 접수공간이 배치되어 있고, model-3과 model-4에서 동일한 곳에 접수공간이 배치되어 있는 결과이다.

종합해보면 대기공간에 공간밀도가 가장 높게 나타나는 곳은 접수공간임을 다시 한 번 알 수 있었다. 병원의 원활한 동선흐름과 진료질차를 위해 접수공간에서 접수, 수납에 이르는 서비스제공의 역할을 나누어 접수를 담당하는 공간과 처방을 담당하는 공간을 분리하여 배치하는 것이 공간의 밀도를 낮출 수 있는 하나의 대안임을 시사하는 부분이다.

5. 결론

이상으로 이산사건 시뮬레이션의 적용을 통한 요양병원 외래부 대기공간의 균일성 평가를 위해 예시모델 시뮬레이션으로 공간밀도와 균일성을 파악하였다.

시뮬레이션을 통해 73개 셀에 대한 밀도데이터를 도출하고, 그에 따른 히트맵 데이터를 통한 정성적 평가와 더불어 정량적인 공간밀도 및 표준편차 분석을 통해 공간의 배치에 따른 대기공간 균일성을 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫 번째, 불필요한 이동과 환자들의 방향전환을 줄여주는 공간배치가 환자들의 공간인지를 강화하는데 중요한 역할을 하며, 대기공간의 전체 공간밀도에 접수공간의 배치가 가장 큰 영향을 미치는 주 요인임을 파악할 수 있었다.

두 번째, 검사공간과 진료공간의 확실한 분리배치가 대기공간의 공간밀도를 낮출 수 있음과 동시에 환자의 동선혼재를 원활히 할 수 있는 주요인임을 파악할 수 있었다.

세 번째, *SV* 지표분석을 통해 기존의 공간에 비해 대안모델에서 공간균일도를 낮출 수 있었으며, 접수공간의 위치가 입구에서 가까울수록 표준편차가 커지는 경향을 보이는 것으로 나타났다.

네 번째, 시퀀스 및 시간흐름에 따른 네트워크 연구에 복잡계 분석이 공간분석에 있어서 객관적 데이터 도출 및 평가로 예측성과 신뢰성이 있다는 것이 입증되었으

며, 공간활용과 평가에 높은 활용도를 가질 수 있음이 연구를 통해 파악되었다.

다만, 본 연구에서는 소요실 배치에 따른 공간밀도를 파악하는데 있어 이산사건 시뮬레이션의 적용성 검증은 전제로 하고 있다. 따라서 공간분석을 중점적으로 수행했으므로 행위자속성은 특정부여는 별도로 진행하지 않았으며, 예시모델 역시 하나의 시설을 대상으로 대안모델을 적용하여 연구를 진행하였다.

본 연구는 대기공간 균일성 평가에 이산사건 시뮬레이션의 적용방안에 관한 연구로서, 행위자기반모델이 공간분석 방법론으로서의 실증화 가능성에 초점을 두었다. 시뮬레이션 분석결과, 환자의 진료시퀀스와 전체적인 동선흐름, 소요실 배치에 따라 행위자의 이동경로 및 공간 밀도, 균일성에 영향을 미치는 것을 미루어, 복잡계 해석을 통한 공간구조 분석이론을 병원계획 및 구조변경시 대기공간 가구배치와 소요실 배치에 적극 활용한다면 외래부의 환자대기시간 및 이동동선의 효율성을 크게 높일 수 있을 것이라 예상된다.

더불어 행위자 속성을 비롯한 다양한 변수의 적용을 통한 연구로 발전된다면, 보다 복잡한 공간에 구체적인 활용방안과 예측성이 커질 것으로 기대해본다.

Reference

- [1] Neil F. Johnson, *Simply Complexity*, pp. 17-33, Bada Publishers, 2015.
- [2] Oh, Sung-Jin, A Study on the Spatial Configuration Analysis using Agent-based model, Doctor's Thesis of Kookmin University, p. 61, 2014.
- [2] Allen B. Downey, *Think Complexity*, pp. 10-14, Hongrunk Publishers, 2016.
- [3] Ga Hyok, *Elderly Care Hospital Consultation Guide*, p.14 Gunja Publishers, 2011.
- [4] Gwon, Sun-Gak, Kim, Jang-muk, *Hospital Construction Planning and Design*, pp. 225-227, Bomangak Publishers, 2015.
- [5] Do Se, Increased use of medical care for the elderly and implications, *Korea Institute for Health and Social Affairs(KiHASA)*, vol. 167, 2012.
- [6] Gwon, Sun-Gak, Kim, Jang-muk, *Hospital Construction Planning and Design*, p. 230, Bomangak Publishers, 2015.

윤 소 희(So-Hee Yoon)

[정회원]



- 2013년 2월 : 인제대학교 디자인대학 학사졸업 (디자인학석사)
- 2015년 2월 : 인제대학교 대학원 U디자인학과 (디자인학석사)
- 2017년 2월 : 인제대학교 대학원 U디자인학과 박사과정수료

<관심분야>

공간구조이론, 시뮬레이션, 행위자기반모델,

김 석 태(Suk-Tae Kim)

[종신회원]



- 1995년 2월 : 국민대학교 대학원 건축학과 (건축학석사)
- 2008년 8월 : 한양대학교 대학원 건축공학과 (공학박사)
- 1995년 1월 ~ 1999년 10월 : 서울 건축 종합건축사사무소 설계실
- 2001년 9월 ~ 현재 : 인제대학교 디자인학부 교수

<관심분야>

환경디자인, 공간시뮬레이션, 공간구조론, Virtual Reality