

# 공간프로그램에 따른 공간배치의 유효성 평가 위한 BIM기반 병원건축 전문가시스템 개발에 관한 연구

- 서울특별시 노인전문병원 설계경기 사례를 중심으로 -

A Study on the Development of the Expert System for Validation of Spatial Layout  
in Terms of Space Program in Healthcare Architecture based on BIM Technologies  
- Focused on the Design Competition for Seoul Geriatric Hospital -

박영섭 Park, Youngsup\*

## Abstract

The planning and design of healthcare architecture generally requires the participation and consultation of skilled experts since it has more complex space program than any other buildings. Therefore, the computer-based expert systems for the planning of healthcare architecture have been tried continuously. The recent development of BIM technologies and object-oriented CAAD systems is leading these attempts to realize gradually. Thus, this study attempts to verify whether the new evaluation model and system of the spatial layout, which are based on the validation of space program that developed in earlier studies, are applicable to real examples of design competition. Through this simulation, this study tries to find the possibility of expert systems for the planning of healthcare architecture and act as basic data for the development of new system for the integrated design environment based on BIM technologies in the near future.

**키워드** 공간배치, 공간프로그램, 유효성 평가, 전문가시스템, 병원건축

**Keyword** spatial layout, space program, validation, expert system, healthcare architecture.

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

병원건축은 다른 건축물에 비해 복잡한 공간위계와 기능관계를 내포하고 있다. 이는 기능과 역할의 분화가 뚜렷한 병원시스템과 같은 기능조직의 요구와 특성이 물리적 공간 구조에 강하게 투사되어 있기 때문으로 볼 수 있다. 따라서 병원건축의 계획과 설계과정은 복잡하고 다양한 기능적 요구사항의 수렴과정으로 볼 수 있으며, 이 과정에서는 숙련된 전문가의 검토와 참여가 반드시 이루어져야 한다.

컴퓨터가 발명된 이래, 수많은 연구자들이 공간의 계획 과정에 컴퓨터의 빠른 계산능력을 이용한 전문가시스템을 구축하고자 하는 노력을 계속해 왔으며, 병원건축에 있어서도 이러한 시도는 꾸준히 이어져 왔다. 이러한 노력들은 여

러 차례 CAAD 시스템의 진화과정을 거쳐 최근에서야 BIM(Building Information Modeling or Model)으로 통칭되는<sup>1)</sup> 건축분야 통합정보모델로써 가시화되어 가고 있으며, 이에 따라 Autodesk 사의 Revit 등 BIM 기반의 CAAD 시스템들은 초기 개념설계에서부터 매스생성과 연계한 공간일람표 산출과 복수 대안 설정 등의 계획평가와 분석을 위한 도구를 지원하고 있다. 하지만 이들은 아직 병원건축과 같이 복잡한 공간프로그램을 제대로 표현하지 못하고 있으며 기능적 연관관계에 대한 검토는 한계를 나타내고 있다.

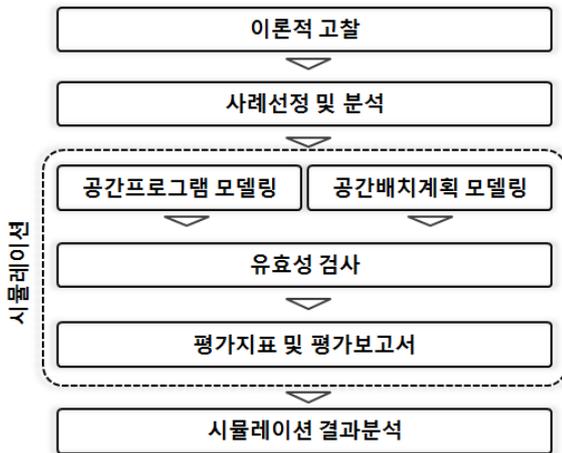
이에 본 저자는 이전 연구에서는 개발한 공간프로그램의 유효성 평가를 기반으로 하는 공간배치 평가모델과 시스템을 병원건축 설계프로세스에 시범 적용하여 전문가시스템으로써의 가능성을 모색하고, 향후 BIM기반 통합설계 환경을 지원하기 위한 병원건축 전문가시스템 개발의 기초 자료로 활용하고자 한다.

\* 서울대학교 건설환경종합연구소 선임연구원, 공학 박사  
이 논문은 박영섭의 박사학위 논문 '공간배치 평가모델 개발'의 일부를 수정·보완한 내용임

1) 김연용(2004) 등은 BIM을 툴이나 플랫폼보다 상위개념의 기술로 보고 있으나 아직 Modeling과 Model의 개념이 함께 혼용되고 있다.

## 1.2 연구의 방법

본 연구는 공간프로그램 유효성 평가를 기반으로 하는 병원건축의 전문가시스템 개발을 위해 이전 연구에서 개발한 공간배치 평가모델과 평가도구인 SLET을 활용하여<sup>2)</sup> 서울특별시 노인전문병원 설계경기(2007)의 사례를 대상으로 유효성을 평가하는 일련의 시뮬레이션을 수행하였다. 공간프로그램은 설계경기지침 및 과업지시서를 바탕으로 MS 엑셀파일(\*.xls)로 작성하여 시스템에서 입력하였으며, 공간배치 계획안은 당선작의 사례를 Autodesk사의 Revit 2009에서 모델링한 후 이를 BIM 국제표준인 IFC파일(\*.ifc)의 형태로 저장하여 SLET시스템에 입력하였다. 시스템은 입력된 공간프로그램과 공간배치계획안은 상호 비교하여 유효성 평가 결과를 3차원 이미지와 테이블 형식의 보고서를 산출하였으며, 이는 다시 MS 엑셀파일 형식으로 저장되어 결과 분석 및 해석에 활용되었다. 다음의 그림 1은 상기한 본 연구의 방법 및 절차를 간략히 나타낸 것이다.



[그림 1] 연구의 흐름도

## 2. 이론적 고찰

### 2.1. 병원건축의 전문가시스템 개발

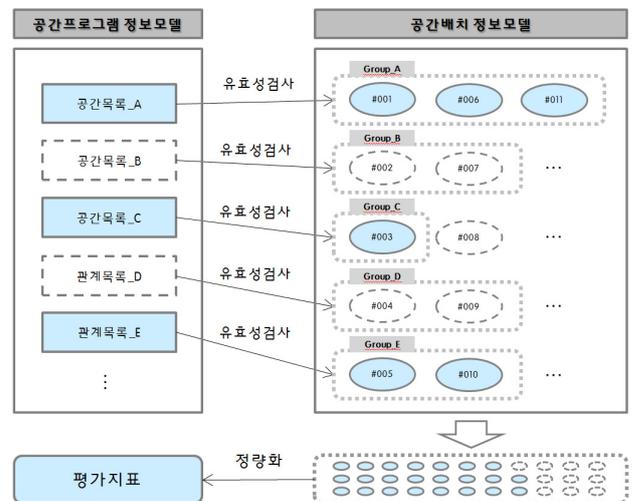
병원건축 분야는 타 건축물에 비해 복잡한 공간프로그램으로 인하여 일찍이 전문가의 경험이 축적된 지식베이스(knowledge base)를 기반으로 하는 전문가시스템에 대한 요구가 제기되어왔다. 락근호(1989)는 CASP기법을 활용하여 병원건축의 실 배치 대안을 자동으로 생성하는 전문가시스템을 제안하였으며, 문창호(1991)는 종합병원의 공간 프로그래밍 과정을 전산화하기 위해 G/N(충면적/순면적)비의 개념을 적용한 면적분석 기법과 병원조직의 부문과 부서로

2) SLET(Spatial Layout Evaluation Tools)는 객체지향 언어인 JAVA로 개발한 윈도우용 독립프로그램(stand-alone)으로 현재 건축도시 연구정보센터 연구자클럽(<http://home.auric.or.kr/slet>)에서 무료로 배포하고 있다.

바탕으로 한 분류코드를 제안하고 이를 활용한 데이터베이스의 구축방안을 제시한 바 있다. 문윤기와 이낙훈(1997)은 객체지향 프로그래밍 기법을 적용하여 500병상 종합병원의 이용도, 공간구분, 평면분석이 가능한 전문가 시스템을 개발하였으며, 김길채(2001)는 병동부 건축계획을 위하여 관계형 데이터베이스 기반의 HcCAD-System을 개발하고 이를 활용하여 사회적 접촉성과 이동의 효율성, 면적의 경제성 등을 평가하고자 하였다. 이러한 노력들은 최근 BIM과 3차원 객체 캐드시스템의 등장으로 보다 구체화되었으며, 김길채(2007)는 Autodesk사 Revit의 매스작업(massing)을 이용하여 공간프로그램에 대한 면적검토와 대안작업을 병행하는 종합병원의 디지털 디자인 프로세스가 제안하기도 하였다. 하지만 현재의 캐드시스템들은 병원건축과 같이 복잡한 공간프로그램을 표현하는데 여전히 한계를 나타내고 있으며 기능관계에 대한 검토가 고려되지 않아 이를 체계적으로 검토할 수 있는 전문가시스템의 개발이 요구된다.

### 2.2. 공간프로그램의 유효성평가

병원건축의 공간프로그램은 단순한 면적배분 이외에도 진료 및 서비스 수준, 조직구성, 소요인력, 소요실수 및 공간간의 상호관계를 포함하는 복합적인 개념으로 볼 수 있으며(조준영 외, 2008), 이는 전문가라 할지라도 실제 공간계획에 제대로 반영되었는지 판단하기란 쉽지 않다. 따라서 본 연구는 병원건축의 공간계획을 효율적으로 검토하기 위해 공간프로그램의 유효성 평가를 기반으로 하는 전문가시스템을 제안하며, 이는 개별 공간의 내적 요구사항 뿐만 아니라 공간들 간의 관계적 요구사항에 대한 검토를 포함하는 것이다. 아래 그림 2는 본 연구에서 제안하는 공간프로그램의 유효성 평가의 개념모델인 체가름모델(Screening Model)을 간략히 나타낸 것으로 이는 공간프로그램 요구목록과 공간배치계획안을 비교하여 유효성 검사를 수행하고 이를 통과한



[그림 2] 체가름모델(Screening Model)의 개념도

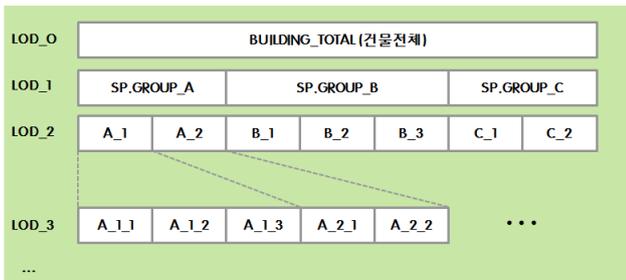
유효공간(Valid Space)을 취합하여 평가지표화하는 것으로 전체공간에 대한 유효공간의 수량비(VSNR, Valid Space Number Ratio)와 면적비(VSAR, Valid Space Area Ratio)를 통해 공간프로그램의 유효성을 가늠하게 된다.

### 2.3 공간프로그램의 기술

본 연구에서는 공간프로그램을 보다 세부적으로 기술(description)을 위하여 공간일람표(Space Schedule)와 관계일람표(Relation Schedule)로 구성된 공간프로그램 정보모델을 제안하며, 그 주요 개념은 다음과 같다.

#### 1) 공간일람표(Space Schedule)

공간일람표는 개별 공간 또는 공간그룹에 대한 종류와 명칭과 같은 속성과 계획수량과 면적과 같은 계획목표치를 테이블형식으로 나열한 목록으로 하위공간이 상위공간을 참조하는 방식으로 아래 그림 3과 같이 공간위계(hierarchy)와 상세수준(LOD, Level Of Detail)을 표현할 수 있다.



[그림 3] 공간위계와 상세수준(LOD)의 개념도

또한 계획목표치의 제한조건을 명확히 표현하기 위해 아래 표 1과 같은 형식의 한계유형(Boundary Type)과 측정단위(Unit Type)을 병기하는 표현방식을 사용하였다.

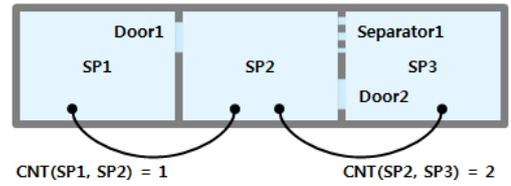
[표 1] 한계유형(Boundary Type)

한계유형	표현	설명
minimum	n_min_m	최소값, n 보다 큰 값
maximum	n_max_m	최대값, n 보다 작은 값
exact	n_ext_m	정밀값, 반올림한 값이 n과 일치
proposed	n_pro_m	제안값, n과 차이가 오차범위 이내

#### 2) 관계일람표(Relation Schedule)

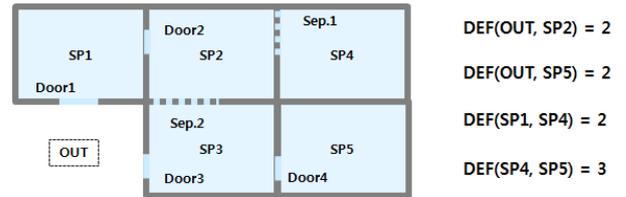
관계일람표는 공간관계의 요구사항을 주체가 되는 기준공간과 객체가 되는 대상공간을 중심으로 측정 가능한 정량적인 속성에 대한 계획목표치를 테이블형식으로 나열한 목록으로 다음과 같은 기본적 속성들로 표현된다.

(1) 연결개수(CNT, ConnectionTo)는 기준공간이 대상공간과 직접 물리적으로 연결된 통로의 수로 접근성과 개방성을 나타내는 속성이다.



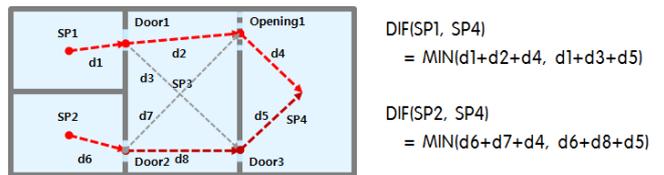
[그림 4] 연결개수(CNT, ConnectionTo) 산출의 예

(2) 최단깊이(DEF, DepthFrom)는 기준공간에서 대상공간으로 이동하기 위한 최단경로상의 공간의 개수로 공간분석에서 인접성을 나타내는 지표로 널리 사용된다.



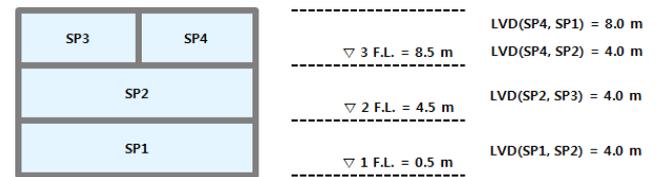
[그림 5] 최단깊이(DEF, DepthFrom) 산출의 예

(3) 최단거리(DIF, DistanceFrom)은 기준공간에서 대상공간으로 이동하기 위한 최단경로의 길이를 나타내며 계산과정을 단순화하기 위해 해당 공간과 개구부의 중심을 잇는 직선길이의 총합 중에 최솟값을 취하도록 한다.



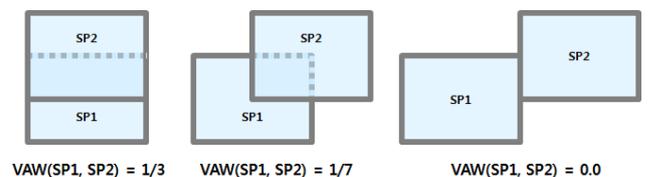
[그림 6] 최단거리(DIF, DistanceFrom) 산출의 예

(4) 높이차이(LVD, LevelDifference)는 기준공간과 대상공간이 위치하는 바닥의 높이차로 같은 층의 경우 측정값은 0.0이 되며, 음수일 경우 절대 값을 취한다.



[그림 7] 높이차이(LVD, LevelDifference) 산출의 예

(5) 수직정렬(VAW, VerticalAlignWith)은 기준공간과 대상공간이 수직적으로 일치하는지 정도를 의미하며, 수직동선이나 설비공간을 공유하기 위한 요구를 나타낸다.



[그림 8] 수직정렬(VAW, VerticalAlignWith) 산출의 예

또한, 공간관계의 제한조건을 보다 정밀하게 표현하기 위해 기준공간과 대상공간을 다음 표 2와 같은 관계차수를 함께 표현하도록 하였다.

[표 2] 관계차수(cardinality)의 종류

종류	적용대상	설명
All	기준공간	관계조건이 기준공간에 속하는 공간요소 전체에 대해 만족함
Each	기준공간	관계조건이 기준공간에 속하는 개별적 공간요소에 대해 만족함
every	대상공간	관계조건이 대상공간에 속하는 공간요소 전체에 대해 만족함
{n   n = 1, 2, ...}	기준공간 대상공간	관계조건이 n개 이상의 공간요소에 대해 만족함

여기서 관계일람표의 기준공간은 요구조건 중 중복을 배제하기 위해서 그 범위와 상세수준이 대상공간보다 크지 않도록 설정하도록 한다.

### 3. 분석대상 사례개요

#### 3.1 사례의 선정

본 연구는 공간프로그램의 유효성 평가를 위한 시뮬레이션 대상으로 서울특별시 노인전문병원 설계경기를 선정하였다. 이는 계획안 결정과정이 타당성 조사를 거쳐 수립된 공간프로그램을 바탕으로 설계경기 공모를 통해 진행되어 분석을 위한 객관적 자료의 확보가 용이할 뿐만 아니라 최근 신설되는 병원건축의 경향을 잘 반영하고 있으며 향후 노인인구 증가추세에 따라 그 활용도가 높을 것으로 예상되었기 때문이다. 다음은 설계경기 공모를 통해 선정된 최종 당선안의 이미지이다.<sup>3)</sup>



[그림 9] 조감도 - 설계경기 당선안

3) (주)삼우종합설계사사무소, 서울특별시 노인전문병원 건립공사 (당선작) (한국의료복지시설학회지, 2007)

### 3.2 설계조건 및 요구사항

대상사례는 연면적 31,500㎡, 350 병상 규모의 노인성 질환의 치료 및 재활을 목적으로 하는 전문병원으로 표 3은 설계경기지침서에 제시된 건축계획표로 대상사례의 요구사항과 공간프로그램을 함축적으로 나타내고 있다.

[표 3] 설계경기지침서 - 건축계획표

부문	중분류	면적(㎡)	비고
병동부문	병동	7,189.8	328병상 기준(8개병동)
	ICU	270.0	12병상 기준, 격리병상(4병상) 포함
	호스피스	303.0	10병상 기준, 독립운영
	소계	7,762.8	
외래진료 부문	6개과	1,385.6	내과, 정형외과, 신경과, 정신과, 재활의학과, 영사학과
중앙진료 부문	검사부	478.0	임상병리, 뇌파, 심전도, 초음파, 방사선, MRI, CT 등
	수술부 또는 인공신장	280.7	수술실 또는 인공신장실 2개
	재활치료부	667.6	운동치료, 물리치료, 작업치료, ADL실 등
	소계	1,426.3	
공급부문	의료공급	260.0	약제부, 중앙공급
	일반공급	900.0	급식부, 세탁부
	소계	1,160.0	
관리부문	운영관리	600.0	사무실, 회의실, 외국 등
	후생관리	330.0	매점, 직원식당, 휴게실
	소계	930.0	
기타부문		1,200.0	사체보관, 대강당, 소강당, 세미나실, 임대시설
<b>순면적계</b>		<b>13,864.7</b>	
공용시설		6,597.5	화장실, 복도, 계단, 엘리베이터, 예비실 등
전기·기계실		1,386.4	전체순면적 10%
예비실		1,386.4	전체순면적 10% (연구기능, 도서관 등)
주차장		8,265.0	법정주차대수의 110% (외래, 면회객 등 고려)
<b>전체면적</b>		<b>31,500.0</b>	병상당 면적 90.0㎡

상기 건축계획표를 살펴보면 전반적인 공간구성은 병동부문, 외래진료부문, 중앙진료부문, 공급부문, 관리부문, 기타부문 총 6개 부문으로 이루어진 종합병원의 일반적인 공간구성을 나타내고 있으며, 세부구성에서는 재활치료부, 호스피스 등 일부 특징적 공간이 추가되었음을 알 수 있다.

### 4. 공간프로그램 모델링

본 연구는 앞 장에서 소개한 대상사례의 설계경기 지침서 및 과업지시서 내용을 바탕으로 공간일람표와 관계일람표로 구성된 공간프로그램 정보모델을 작성하여 다음과 같이 제안시스템에 입력하였다.

S_ID	P_ID	LOD	SPACE	Label	U_Area	T_Num	T_Area	GROUP	Comments
S000000	\$	0	Bldg_Total	합계	\$	\$	31500_max...		병상당 90m2
S010000	S000000	1	NURSING	병동부분	\$	\$	7763_pro_m2	NetArea	순면적포함
S010100	S010000	2	Ward	표준병동	\$	\$	7190_pro_m2	\$	328병상, 8개...
S010101	S010100	3	WA1	병동1	\$	\$	800_min_m2	\$	41병상
S010102	S010100	3	WA2	병동2	\$	\$	800_min_m2	\$	41병상
S010103	S010100	3	WA3	병동3	\$	\$	800_min_m2	\$	41병상
S010104	S010100	3	WA4	병동4	\$	\$	800_min_m2	\$	41병상
S010105	S010100	3	WA5	병동5	\$	\$	800_min_m2	\$	41병상
S010106	S010100	3	WA6	병동6	\$	\$	800_min_m2	\$	41병상
S010107	S010100	3	WA7	병동7	\$	\$	800_min_m2	\$	41병상
S010108	S010100	3	WA8	병동8	\$	\$	800_min_m2	\$	41병상
S010200	S010000	2	ICU	집중치료실	\$	\$	270_min_m2	\$	12병상
S010201	S010200	3	CCU	격리병상	\$	\$	\$	\$	4병상
S010300	S010000	2	Hospice	호스피스	\$	\$	303_min_m2	\$	10병상, 독립...
S020000	S000000	1	AMBULATORY	외래진료부분	\$	\$	1386_pro_m2	NetArea	순면적포함
S020100	S020000	2	InternalMedic...	내과	\$	\$	\$	\$	
S020200	S020000	2	OrthopedicS...	정형외과	\$	\$	\$	\$	
S020300	S020000	2	NeuroSurgery	신경외과	\$	\$	\$	\$	
S020400	S020000	2	NeuroPsychi...	정신과	\$	\$	\$	\$	
S020500	S020000	2	Rehabilitation	재활의학과	\$	\$	\$	\$	

[그림 10] 공간프로그램 입력 - 공간일람표 및 공간위계

#### 4.1 공간일람표 작성

공간일람표는 공간프로그램을 구성하는 모든 공간 또는 공간그룹과 이에 대한 속성을 정의하고 계획목표치를 열거한 요구목록으로 본 연구에서는 앞에서 언급한 설계지침의 건축계획표를 중심으로 그림 10과 같이 모델링하여 시스템에 입력하였다. 그림 10의 예에서 보듯이 공간일람표상의 공간들은 고유한 식별자(S\_ID)로 구분되며, 각각은 상위공간의 식별자(P\_ID)를 참조함으로 공간의 위계적 구성을 표현할 수 있다. 또한, 상세수준(LOD)은 해당 공간이 공간위계상에서 몇 번째 단계에 위치하는지를 나타내며, 대상사례에서 각 부문들은 1단계, 중분류는 2단계, 그 밖에 비교란에 표시되어 있는 세부 부서 및 실들은 3, 4단계로 설정하였다.

공간일람표상에서 특수문자 '\$'로 표시된 항목들은 설계지침서상에서 면적조건이 제시되지 않거나 설계자에 자율성을 부여하는 항목을 나타내는 것으로 시스템에서 처리를 생략하도록 하였다. 예를 들어 면적이 뚜렷이 제시되지 않았던 건축계획표상의 비교란에서 추출된 공간들의 계획목표치는 생략하였다.

또한 설계지침 상에서 특별한 언급이 없었던 병동부분의 경우 표준병동 8개를 가정하여 동일한 면적을 배분하였으며, 부문별 면적 이외의 부서면적에 최소면적조건(min)만을 적용하였다. 그룹설정(GROUP)은 크게 '순면적포함공간(NetArea)'과 '총면적포함공간(GrossArea)'으로만 구분하였으며, 생략된 경우 상위공간의 그룹을 따르도록 하였다.

#### 4.2 관계일람표 작성

본 연구에서는 개별 공간의 속성에 대한 요구조건들을 기술한 공간일람표와 함께 설계지침에 나타난 공간들 간의 관계조건들을 관계일람표를 작성하였으며, 다음의 그림 11은 과업지시서 상에서 관계조건을 나타내는 표현의 예이다.

- (5) 신경과
  - a. 응급실과의 연계관계를 고려한다.
  - b. 휠체어를 이용하는 환자를 고려하여 계획한다.
  - c. 행동하기 불편한 환자가 많음을 고려하여 가급적 엘리베이터 등 수직 코어와 연계하여 배치한다.
  - d. 신경과와 CT 촬영실, 중환자실, 수술실을 연계하는 수직 동선체계를 고려한다.
- (6) 재활의학과
  - a. 신경과와의 연계관계를 고려한다.

[그림 11] 과업지시서 - 관계조건 표현의 예

상기 예에서 보듯이 설계지침상의 공간관계에 대한 조건들은 어떠한 공간을 기준으로 대상 공간 또는 이용자에게 대한 '연계', '이용', '동선' 등을 고려하라는 식의 모호한 표현들로 이루어져있다. 하지만, 이러한 정성적인 표현들은 그 정도나 세기가 불명확하므로 시스템에 입력하고 처리하기 위해서는 정량화가 가능한 속성들로 치환하고 구체적인 계획목표치를 부여하는 변환과정을 필요로 한다. 따라서 본 연구에는 아래의 표 4와 같은 방식으로 과업지시서 상의 관계조건에 대한 표현들을 관계속성으로 변환하였으며, 다음의 그림 12와 같은 형식으로 시스템에 입력하였다.

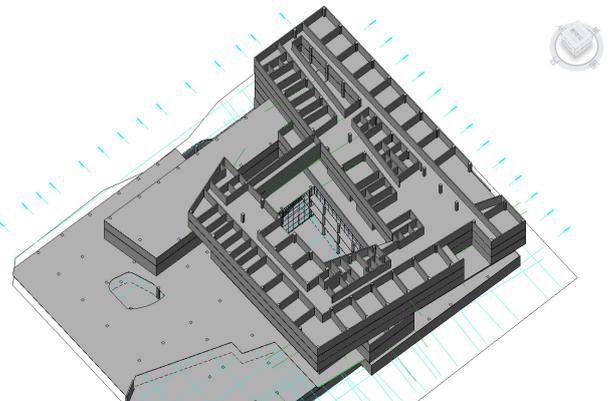
[표 4] 관계조건 표현과 대응하는 관계속성 및 계획목표치

표현유형	관계속성	계획목표치
인접, 근접	최단길이(DEF)	3-10 이하
그룹, 포함	최단길이(DEF)	3 이하
중앙배치	최단길이(DEF)	15 이하
분산배치	최단거리(DIF)	50m 이내
접근성	최단거리(DIF)	50m 이내
격리, 분리	최단길이(DEF)	2 이상
수직이동성	높이차이(LVD)	1m 이내
같은 층	높이차이(LVD)	1m 이내

RELATION_SCHEDULE		RELATION	SYSTEM	SPACE	SPACE_SCHEDULE					
R_ID	LOD	CARD_1	SPACE_1	Label_1	RELATION	CARD_2	SPACE_2	Label_2	T_Value	Comments
R10001	1	Each	CENTRAL	중앙진료부	DepthFrom	every	TheOtherGr...	다른그룸	15_max	근접배치, ...
R10002	1	Each	All	모든공간	DistanceFr...	1	Toilet	화장실	50_max_m	접근성, 이...
R10003	1	Each	All	모든공간	DistanceFr...	1	Stair	계단실	50_max_m	접근성, 피난
R10004	1	Each	All	모든공간	DistanceFr...	1	Hall_Elev	승강기홀	50_max_m	접근성, 피난
R10005	2	Each	ICU	중환자실	DepthFrom	every	SurgicalThe...	수술부	10_max	근접배치, ...
R10006	2	Each	ICU	중환자실	DepthFrom	every	Inspection	검사부	10_max	근접배치, ...
R10007	2	Each	Hospice	호스피스	DepthFrom	every	RehTherapy	재활치료부	10_max	근접배치, ...
R10008	2	Each	Inspection	검사부	DepthFrom	every	AMBULATO...	외래진료부	12_max	근접배치, ...
R10009	2	Each	InternalMed...	내과	DepthFrom	every	Orthopedic...	외과	10_max	근접배치, ...
R10010	2	Each	NeuroSurg...	신경외과	LevelDiffer...	every	CT	CT촬영실	1_max_m	동일층 배치...
R10011	2	Each	Rehabilitati...	재활의학과	DepthFrom	every	NeuroSurg...	신경외과	10_max	근접배치, ...
R10012	2	Each	Rehabilitati...	재활의학과	DepthFrom	every	RehTherapy	재활치료부	7_max	인접배치, ...
R10013	2	Each	NeuroPsyc...	정신과	DepthFrom	every	InternalMed...	내과	7_max	인접배치, ...
R10014	2	Each	NeuroPsyc...	정신과	DepthFrom	every	NeuroSurg...	신경외과	10_max	근접배치, ...
R10015	2	Each	Orthopedic...	정형외과	LevelDiffer...	1	Ground	지상	1_max_m	지상층 배치...
R10016	2	Each	Radiology	영상의학과	DepthFrom	every	ICU	중환자실	10_max	근접배치, ...
R10017	2	Each	SurgicalTh...	수술부	DepthFrom	every	Inspection	검사부	10_max	근접배치, ...
R10018	2	Each	SurgicalTh...	수술부	LevelDiffer...	every	SameGroup	같은그룸	1_max_m	동일층 배치
R10019	2	Each	RehTherapy	재활치료부	DepthFrom	every	SameGroup	같은그룸	5_max	기능조닝
R10020	2	Each	RehTherapy	재활치료부	DistanceFr...	1	Exit	출입구	50_max_m	접근성, 외부

[그림 12] 공간프로그램 입력 - 관계일람표

그림 12에서 보듯이 관계일람표는 기준공간(SPACE\_1)과 대상공간(SPACE\_2), 관계속성(RELATION), 계획목적치(T\_Value) 등으로 구성되며, 관계조건을 보다 명확히 표현하기 위해 해당 공간의 범위를 나타내는 관계차수(CARD\_1, 2) 또한 함께 설정하였다. 예를 들어 관계조건 R10001은 “중앙진료부문에 해당하는 각 실들은 그 외에 모든 공간들로부터 적어도 15단계 이내의 깊이에 위치해야 한다”는 조건을 나타낸 것이며, 관계조건 R10002는 “모든 공간은 적어도 1개 이상의 화장실과 50m 이내의 거리에 있어야 한다”는 조건을 나타낸 것이다.



[그림 13] Revit 2009로 모델링한 3차원 설계모델

## 5. 공간배치계획 모델링

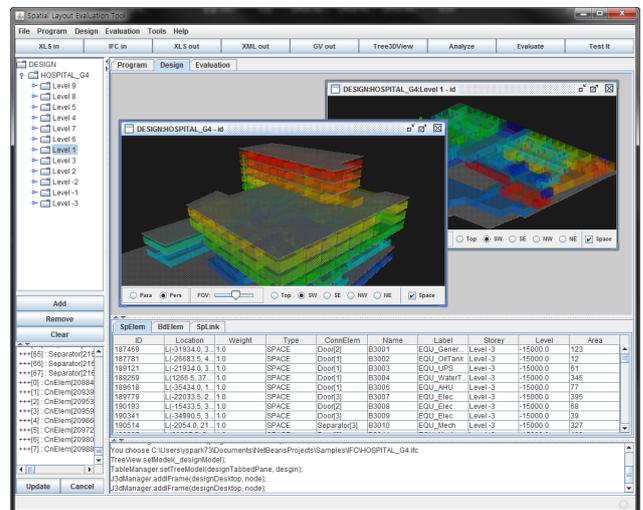
### 5.1 3차원 설계모델의 작성

공간프로그램의 유효성 평가 대상이 되는 공간배치 계획안은 앞에서 소개한 당선작 설계보고서의 도면 및 이미지를 바탕으로 Autodesk사의 Revit 2009를 이용하여 3차원으로 모델링하였다. 계획안의 모델링은 기둥, 벽체, 바닥, 지붕, 커튼월 등의 경계요소와 문, 창문, 계단, 승강기 등 연결요소, 그리고 공간구분 및 명칭의 입력 등 공간요소에 대한 순서로 진행하였으며, 외부공간과 주차장에 대한 공간요소의 모델링은 생략하였다. 공간요소들은 공간의 크기와 무관하게 실 구획을 기본으로 구획하였으며, 로비와 같은 개방 공간이나 비정형 공간의 경우 볼록공간(Convex Space)의 정의에 따라 공간을 분할하였다.<sup>4)</sup> 분할된 공간요소들은 앞서 시스템에 입력된 공간프로그램과 동기화하기 위해 대응하는 실 명칭과 번호를 부여하였으며, 다음의 그림 13은 작성된 설계모델의 3차원 이미지를 나타낸 것이다.

4) 볼록공간은 경계 내의 모든 점들이 경계를 거치지 않고 직선으로 연결되는 공간으로 시지각적으로 하나의 공간으로 인지되며, 이러한 특성은 개발시스템의 거리측정 알고리즘의 기본전제가 된다.

### 5.2 시스템 입력

Revit 2009에서 작성된 3차원 설계모델은 국제표준 BIM 양식인 IFC파일(\*.ifc)로 변환하여 제안시스템에 입력하였으며, 다음의 그림 14는 입력된 공간배치 계획모델의 3차원 이미지와 공간정보를 나타내는 테이블의 모습이다.



[그림 14] 시스템에 입력된 3차원 공간모델

## 6. 유효성 평가 시뮬레이션

### 6.1 평가절차 및 기준설정

제안시스템은 입력된 공간프로그램과 공간배치계획의 동기화(Synchronization) 과정을 통해 상호 참조관계를 생성한 후 공간일람표와 관계일람표상의 요구조건들을 만족하는지에 대한 개별적인 유효성검사를 수행한다. 이 과정에서 요구조건을 만족하지 못한 공간요소는 유효성을 나타내는 속성에 거짓(false)으로 기록되며, 계속해서 다음 요구조건에 대한 유효성검사를 순차적으로 수행하게 된다. 시스템은 유효성검사 과정을 모두 마친 공간요소의 유효성 속성이 참(true)인 경우에 이를 유효공간(Valid Space)로 간주하며 전체 공간에 대한 유효공간의 수량비(VSNR)와 면적비(VSAR)를 평가지표로 산출한다. 제안시스템은 상세수준(LOD)을 통해 유효성검사의 대상이 되는 공간의 범위를 설정할 수 있는데 예를 들어 대상사례에서 상세수준을 1단계로 설정하면 공간프로그램 중에 부문에 해당하는 요구조건에 대한 검사만 수행하고 나머지 하위공간에 대한 세부 요구조건에 대한 검사는 생략된다. 또한 유효성검사에서 계획 목표치에 대한 허용오차의 범위를 다르게 설정함으로써 유효성 평가의 난이도를 조절할 수도 있다.

### 6.2 시뮬레이션 결과

앞 장에서 서술한 대로 공간프로그램과 공간배치를 제안시스템에 입력하여 오차범위는 5%, 10%, 15% 3단계로 상세수준은 1단계에서 4단계로 다르게 설정하여 유효성 평가 시뮬레이션을 수행하였으며, 제안시스템은 각각의 평가조건에 대한 유효성 평가 결과를 평가보고서로 산출하였다. 평가보고서는 공간프로그램의 전체 요구조건에 대한 개별적인 유효성검사 결과와 함께 공간일람표와 관계일람표, 그리고 공간프로그램 전체에 대한 유효성을 종합한 평가지표를 테

SPACE_SCHEDULE_CHK		RELATION_SCHEDULE_CHK		EVALUATION_REPORT			
ID	Item	Criterion	Target	Invalid	InSpace	VSAR	Comments
R10020	Each_RehT	DistanceFro...	50_max_m	<input checked="" type="checkbox"/>	682/24802	97%	접근성 외부
R10021	Each_MorTu	DepthFrom...	12_max	<input type="checkbox"/>		100%	인접배치, 별
R10022	Each_MorTu	LevelDiffe...	6_max_m	<input type="checkbox"/>		100%	저층부별치
R10023	Each_CCU	DepthFrom...	3_max	<input checked="" type="checkbox"/>	46/24802	98%	포함관계
R10024	Each_Pharm	DepthFrom...	7_max	<input checked="" type="checkbox"/>	56/24802	98%	인접배치, 기...
R10025	Each_MealS	LevelDiffe...	6_max_m	<input type="checkbox"/>		100%	인접배치, 공유
R10026	Each_Cafet	DepthFrom...	7_max	<input checked="" type="checkbox"/>	121/24802	99%	접근성, 기등
R10027	Each_Laun	DistanceFro...	30_max_m	<input type="checkbox"/>		100%	접근성, 미등
R10028	Each_Hospi	DistanceFro...	50_max_m	<input type="checkbox"/>		100%	접근성, 미등
R10029	All_CentriS	DepthFrom...	2_min	<input checked="" type="checkbox"/>	106/24802	98%	전실별요, 분리
R10030	Each_W1_NS	DepthFrom...	5_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 관
R10031	Each_W2_NS	DepthFrom...	5_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 관
R10032	Each_W3_NS	DepthFrom...	5_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 관
R10033	Each_W4_NS	DepthFrom...	5_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 관
R10034	Each_W5_NS	DepthFrom...	5_max	<input checked="" type="checkbox"/>	19/24802	98%	중양배치, 관
R10035	Each_W6_NS	DepthFrom...	5_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 관
R10036	Each_W7_NS	DepthFrom...	5_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 관
R10037	Each_W8_NS	DepthFrom...	5_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 관
R10038	Each_W1_C	DepthFrom...	3_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 기
R10039	Each_W2_C	DepthFrom...	3_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 기
R10040	Each_W3_C	DepthFrom...	3_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 기
R10041	Each_W4_C	DepthFrom...	3_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 기
R10042	Each_W5_C	DepthFrom...	3_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 기
R10043	Each_W6_C	DepthFrom...	3_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 기
R10044	Each_W7_C	DepthFrom...	3_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 기
R10045	Each_W8_C	DepthFrom...	3_max	<input type="checkbox"/>		100%	중양배치, 기
P10000	Space Sche...	Valid Space			13475/24802	5%	공간일람표
P20000	Relation Sc...	Valid Space			3336/24802	8%	관계일람표
P00000	Space Progr	Valid Space			14112/24802	13%	공간프로그램

[그림 15] 평가보고서 화면(상세수준=4, 오차범위=15%)

이불형식으로 나타낸 것으로 다음의 그림 15는 제안시스템이 작성한 유효성 평가보고서 화면의 예시이다. 또한 제안시스템은 공간배치 계획안에 대한 유효성 평가결과를 사용자가 보다 직관적으로 파악할 수 있도록 3차원 이미지 상에서 공간요소의 속성을 색상으로 표시할 수 있도록 하였다. 다음의 표 5는 유효성 평가결과를 층별로 구분하여 3차원 이미지로 나타낸 것으로 밝은 회색부분들은 유효성검사에 통과한 공간들을 나타내며, 상기 그림 15와 마찬가지로 상세수준 4단계에서 오차범위 15% 기준으로 유효성 평가를 수행한 결과이다.

### 6.3 시뮬레이션 결과분석

앞에서 서술한 대로 유효성 평가 시뮬레이션을 수행한 결과, 서울특별시 노인전문병원의 당선작 사례는 당초 설계 경기지침과 과업지시서에 제시한 공간프로그램과 상당부분 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 당초 설계지침에도 명기

[표 5] 유효성 평가결과와 층별 3차원 이미지

평가기준	상세수준(LOD) = 4, 오차범위(tolerance) = 15%							
8F	7F, 6F	5F, 4F	3F	2F	1F	B1	B2	
평가지표	유효공간수량비(VSNR) = 55%, 유효공간면적비(VSAR) = 47%							

하였듯이 세부면적 조정에 있어 설계자에게 재량권을 부여하는 등 공간프로그램을 엄격히 적용하지 않았기 때문으로 보인다. 따라서 대상사례의 특성에 맞춰 유효성 평가기준들을 적절히 조정할 필요성이 제기되며, 다음의 표 6은 오차범위와 상세수준을 다르게 설정하였을 경우 평가지표 변화를 나타낸 것이다.

[표 6] 오차범위와 상세수준에 따른 평가지표의 변화

평가지표	오차범위	수량비(VSNR)			면적비(VSAR)		
		10%	15%	20%	10%	15%	20%
상세수준(LOD)	1	53%	61%	89%	45%	50%	86%
	2	50%	56%	86%	43%	47%	84%
	3, 4	49%	55%	84%	43%	47%	84%

상기 표를 살펴보면 오차범위가 커질수록 유효공간비가 늘어나며 상세수준을 높일수록 유효공간비가 줄어들음을 알 수 있으며, 이러한 평가기준의 조정을 통해 유효성 평가의 난이도와 변별력을 조절할 수 있을 것으로 판단된다.

## 7. 결론

본 연구는 최근 주목받고 있는 BIM 기반 통합설계환경에서의 병원건축 계획을 지원하기 위한 전문가시스템으로 공간프로그램에 따른 공간배치계획의 유효성평가를 기반으로 하는 전문가시스템을 제안하고자 실제 노인전문병원의 설계경기 사례를 대상으로 계획안 평가 시뮬레이션을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 대상사례의 설계지침 및 과업지시서 상의 요구조건을 대상으로 공간일람표와 관계일람표로 이루어진 공간프로그램 정보모델을 모델링하였으며, 상위공간(Parent Space), 상세수준(LOD), 관계차수(cardinality) 등의 개념을 적용하여 부문과 부서 등으로 이루어진 병원건축의 복잡한 공간위계와 기능관계를 체계적으로 표현할 수 있음을 확인하였다.

2) 대상사례의 계획안을 캐드시스템에서 3차원 설계모델로 작성하고 이를 BIM기반 IFC파일로 변환하여 제안시스템에 입력하여 공간배치계획 정보모델을 생성하는 일련의 시뮬레이션 과정을 통하여 BIM기반 통합설계환경에서의 전문가시스템으로써 활용가능성을 확인하였다.

3) 대상사례의 시뮬레이션 결과, 당선안의 공간배치 계획이 당초 공간프로그램과 상당부분 차이가 있음을 확인하였다. 하지만 이는 정량적 평가의 일부분으로 계획안의 우열을 가름하는 독립된 기준이 아니라 다른 정성적 평가와 함께 상보적 관계를 가지며 종합적으로 검토되어야 할 것이다.

4) 제안시스템의 상세수준(LOD)과 오차범위(tolerance)의 개념이 계획단계와 평가대상의 특성에 따라 난이도와 변

별력을 조절함으로써 시스템의 활용성을 높을 수 있는 효과적인 방안임을 확인하였으며, 향후 시스템 개발에 있어서는 3차원 이미지를 활용한 보다 직관적이고 피드백이 용이한 사용자인터페이스(UI)가 필요할 것으로 판단된다.

5) 본 연구를 수행하는 과정에서 공간명칭 부여와 관련한 공간정보체계의 표준화 문제와 공간프로그램 상에서 생략된 공간이나 계획안에서 구현되지 않는 공간에 대한 처리 문제, 그리고 관계조건의 정량화과정에서 계획목표치 설정의 문제 등이 도출되었으며, 이러한 문제점들은 향후 병원건축 분야에 대한 온톨로지(ontology)를 체계적으로 구축함으로써 점진적으로 해결해 나갈 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. 박영섭, BIM기반 통합설계환경을 위한 공간배치 평가모델 개발, 대한건축학회 논문집(계획계), 26(4), 2010.4
2. 박영섭, 공간배치 평가모델 개발: 공간프로그램의 유효성검사를 중심으로, 박사학위논문, 서울대학교, 2009.8
3. 조준영, 채중형, 양내원, 국내 종합병원 스페이스 프로그램 변화에 관한 연구, 한국의료복지시설학회, 14(4), 2008.11 : p3
4. (주)삼우종합설계사사무소, 서울특별시 노인전문병원 건립공사(당선작), 한국의료복지시설학회지, 13(3), 2007.8
5. 최광석, 블록플랜 분석에 의한 한국 병원건축의 설계 경향에 관한 연구, 한국의료복지시설학회, 13(2), 2007.8
6. 서울특별시 건설안전본부, 건축설계경기 지침서: 노인전문병원 건립공사 설계용역, 2007.4
7. 김길재, 디지털 미디어를 이용한 종합병원 디자인에 관한 연구, 한국의료복지시설학회, 13(1), 2007.2
8. 심우철, CASP 보안을 위한 ERAM Model의 활용방안에 관한 연구, 석사학위논문, 서울대학교, 2005.8
9. 김연용, 지능형 디지털 아키텍처 도구와 BIM 패러다임, 대한건축학회 회지(건축), 2004.11
10. 이상현, 김성아, 실관계 매트릭스에 의한 건축물 정보의 체계화 연구, 대한건축학회 논문집(계획계), 19(5), 2003.5
11. 김길재, 종합병원 병동부 건축계획을 위한 정보시스템 구축에 관한 연구, 한국의료복지시설학회, 7(13), 2001.12
12. 문윤기, 이낙운, 종합병원의 건축 프로그래밍을 위한 전문가 시스템 개발에 관한 연구, 한국의료복지시설학회지, 3(5), 1997.12
13. 양내원, 김승용, 공간통사론에 의한 종합병원 공간구성 평가에 관한 연구, 한국의료복지시설학회지, 3(5), 1997.12
14. 문창호, 종합병원 공간 프로그래밍의 전산화에 관한 기초적 연구, 대한건축학회 논문집, 7(2), 1991.2
15. 광근호, 배치결정지원시스템 개발에 관한 연구: 병원건축의 실배치를 중심으로, 석사학위논문, 한양대학교, 1989

접수 : 2010년 09월 27일

1차 심사 완료 : 2010년 10월 27일

최종 수정본 접수 : 2010년 11월 12일

3인 익명 심사 필