

시스템공학 접근법을 이용한 지능형 건물 자동화 시스템의 개념설계

Conceptual Design of Intelligent Building Automation System Using Computer-Aided Systems Engineering Approach

유 일 상* 박 영 원**
Il Sang Yoo Young Won Park

ABSTRACT

As the 21st century signifies an information-oriented society, the computer integration takes place in all walks of human presence. Needs for computer and network-integrated automation present new challenges in military as well as commercial facility systems engineering. Since the first intelligent building appeared in USA in 1984, it gradually became an essential capability for the building industry requirement these days. Intelligent Building System(IBM) is evolving to be very complex because there are many subsystems such as telecommunication(TC), office automation(OA), building automation(BA), security, construction environments, etc. During the planing phase of IBM development, therefore, a disciplined systems engineering must be performed to analyze stake- holder's requirements to build an optimized system while minimizing trial-and-error expenses and risks. This paper presents a conceptual design of BAS applying systems engineering methods. The contribution of this study includes the development of IBM subsystem specification for building automation subsystem, which is a part of IBM, using the methodology of requirement analysis, functional analysis, synthesis, and verification. A computer-aided systems engineering s/w, RDD-100, was used to improve the system design efficiency and to promote the product design knowledge management for re-use in later design programs.

주요기술용어 : Systems Engineering(시스템공학), Intelligent Building System(지능형 건물 시스템), Building Automation System(건물자동화 시스템)

1. 서 론

21세기 정보화 사회가 가속화되어 가면서 이에 맞는 지능형 건물에 대한 필요성이 제기되고 있다. 이

러한 건물은 1984년 미국에서 최초로 등장한 이후 21세기 정보화 시대에 필수 불가결한 요소가 되었다. 즉, 정보화에 맞는 편리하고 경제적인 정보 서비스의 제공, 유지관리 측면의 경제성 제공, 생산성 향상을 위한 쾌적한 환경의 제공, 인간과 이를 둘러싼 여러 요소의 안전성과 보안의 확보 등이 제공된 건물로서

* 아주대학교 시스템공학과 박사수료

** 아주대학교 시스템공학과 교수

역할을 하게 된 것이다. 이러한 지능형 건물은 정보 통신, 사무자동화, 건물자동화, 건축환경 등 수 많은 하부 시스템들로 이루어져 있기 때문에 매우 복잡하며 정형적인 방법론을 도입하지 않고 개발할 경우 비싼 시행착오를 유발하게 된다.

건물의 지능화란 최첨단 장비를 도입함으로써 건물 자체가 직접적으로 지능화되는 것이 아니라, 건물에 입주하는 사용자의 필요와 요구에 따라 필요한 장비가 설치되고, 건물 공간을 사용자가 원하는 대로 구성할 수 있는 지원 체제를 갖추고 있는 건물이 되는 것을 의미한다. 그러나 현재 신축되어있는 지능형 건물 시스템(IBS)은 막대한 자본을 투자하여 설치해 놓고도 그 기능을 제대로 발휘하지 못하는 경우가 있다. 그 주된 원인은 IBS의 계획, 설계, 개발, 시공, 설치, 운영, 유지관리에 이르기까지 시스템 순기 단계간의 상호 통합과 연계가 이루어지지 않고, 즉 순기공학적으로 통합된 시스템이 구축되어 있지 못하며 사용자의 요구사항을 철저히 반영하지 못하기 때문이다. 따라서 복잡한 지능형 건물을 구축 계획 시 고객의 요구사항을 체계적으로 분석하여 이에 맞는 시스템을 개발하고 구축해야 한다⁽¹⁾.

국내에서는 군수응용의 C4I(Command, Control, Communication, Computer, and Intelligence) 등 이러한 지능형 건물의 수요가 현재 늘어나고 있으나 아직 IBS에 대한 표준도 정립되어 있지 않은 상태이며 이에 대한 필요성이 제기되고 있다. 최근에 기술표준원이 주관한 산업표준심의회에서 세계적으로 빌딩자동화제어시스템 분야의 통신용 표준으로 인정받고 있는 백넷(BACnet: A Data Communication Protocol for Building Automation Network)을 KS 규격(KS X 6909)으로 확정하여 그 동안 서로 다른 설계방식의 네트워크 구성으로 호환성 확보에 어려움을 겪었던 문제점이 해소돼 앞으로 빌딩자동화시스템의 구축비용과 시간을 절약할 것으로 기대하고 있다⁽²⁾. 하지만 지능

형 건물 전체에 대한 근본적인 요건, 기능 및 아키텍처에 대한 개념설계가 이루어지고 있지 않다.

본 논문에서는 지능형 건물의 구축에 핵심이 되는 건물자동화 시스템(BAS)의 개념설계를 위해 시스템 공학적으로 접근하였다. 따라서 본 논문은 기존의 IBS에 대한 자료를 조사하고 이중 BAS에 대한 요건 분석과 기능 분석을 통해 시스템 구조를 결정함으로써 시스템 설계 시 필요한 기술적인 기준(Baseline)을 제시하였다. 특히, 이 과정에서 시스템공학 전산보조 도구인 RDD-100을 이용하여 지능형 BAS를 분석하고 개념설계하는 사례를 보여주었다.

본 논문은 다음과 같은 순서로 구성되어 있다. 제2장에서는 국내에서 국방, 항공, 고속전철 등의 일부 분야에만 제한적으로 알려진 시스템공학에 대해 고찰하고 이를 지원하는 전산보조도구인 RDD-100에 대해 간략히 소개하겠다. 제3장에서는 기존 지능형 건물 시스템에 대한 조사를 통해 요구되는 사항들을 제시하겠으며, 제4장에서는 제시된 요구사항을 기반으로 시스템공학 과정을 통해 시스템 아키텍처를 개발하였다. 제5장에서는 BAS의 개념설계를 위해 시스템공학 프로세스를 적용함으로써 얻은 경험을 제시하고 마지막으로 제6장에서 본 연구의 결과를 정리해서 설명하고 향후 연구에 대해 기술하였다.

2. 시스템공학에 관한 고찰

2.1 시스템공학의 정의 및 필요성

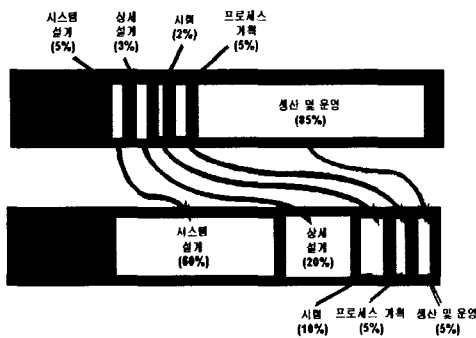
개인이나 조직의 학문배경이나 경험에 따라 시스템공학은 다양하게 정의된다⁽³⁾. 국제시스템공학회에서는 시스템공학이란 시스템의 성공적인 구현을 위한 학제복합형 총체적 접근 방법으로 정의한다⁽⁴⁾. 다시 말하면 시스템공학은 시스템 및 개발에 관련된 복잡한 문제들을 해결하기 위해 모든 이해 관계자의

요건(Requirement)들을 만족시키기 위한 다분야간의 종합적 접근법이다. 시스템공학적 접근법을 동시공학 방법과 함께 적용할 경우, 전통적인 시스템 개발 방식에 비해 제품 개발 기간의 60% 단축, 설계변경 요청 건수의 50% 감축, 재설계와 재작업 업무량의 75% 절감, 제조비용의 40% 절감 등의 구체적인 효과가 사례로 보고되고 있으며⁽⁶⁾ 이러한 사례를 통해 시스템공학은 소비자의 기대와 요건에 부응할 수 있는 보다 경쟁력있는 제품 개발, 프로세스의 정립 등의 일반적 효과가 얻어진다⁽⁶⁾. 미국의 경우 국방과 항공 분야와 더불어 수송 시스템, 통신 시스템, 에너지 시스템, 정보 기술 시스템 등의 상용 시스템의 개발 사업에 그 적용이 확대되고 있지만⁽⁷⁾ 국내에서는 국방 사업과 고속/경전철 사업⁽⁸⁾, 전자교환기⁽⁹⁾ 등의 정부 사업과 항공 분야⁽¹⁰⁾에서만 제한적으로 적용되고 있다.

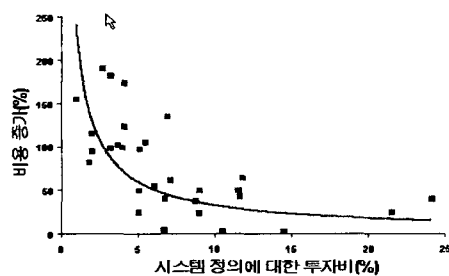
대부분의 국내 개발 사업에서는 시스템 기획, 분석 및 개념설계 등 초기개발 활동을 소홀히 함으로써 개발후기에 비용과 일정 및 시스템의 성능에서 많은 문제점들이 흔히 발생한다. 이러한 개발 문제점들을 해결하여 비용 절감, 일정 단축, 제품 품질과 무결성을 증대하기 위해 시스템공학의 구현이 필요하다. 이러한 필요성은 그림 1과 그림 2에서 나타난다. 그림 1에서는 시스템 설계에 투입되는 비용은 전체 개발비용에 15%에 해당되지만 이 단계에서 결정되어 고정되는 비용은 60%에 해당된다. 이를 증명하는 다른 예가 그림 2이며 NASA의 1980년대 초의 개발 프로젝트들에서 전체 비용 대비 시스템 정의에 투자되는 비용이 많을수록 실제 프로젝트 수행시 비용 증가량이 기하 급수적으로 감소됨을 보여준다⁽¹¹⁾.

2.2 시스템공학 프로세스

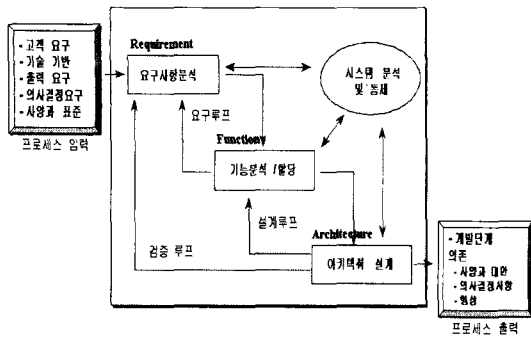
시스템공학 프로세스도 시스템공학의 정의와 마찬가지로 공인된 것은 없으나 일반적으로 방위산업의 시스템공학 프로세스는 그림 3과 같으며 이는 유효성이 검증된 고객의 요구와 요건들을 시스템 수명주기 상에서 균형된 시스템 제품과 프로세스 설계들의 해결법들로 변환하기 위해 사용되는 포괄적이고 반복적인 문제 해결과정을 나타낸다. 이 프로세스는 요건 분석, 기능 분석, 합성, 시스템 분석과 통제의 중요한 네 가지 하부과정으로 구성된다. 요건 분석과 기능 분석에 의해 문제영역을 정의하고 합성을 통해 해결영역을 정의한다. 기능 분석에서 새로운 기능도 출되면 요건 루프를 통해 파생 요건을 생성하고 합성에서 요건으로의 제한된 해법이 합성에서 요건 분석까지의 검증 루프를 통해서 해결영역이 문제영역에 정확히 대응하는 가를 확인한다⁽⁶⁾. 시스템해석은 계량적인 성능해석을 포함한 모든 효과성 분석들을 포함하며 앞의 세 단계들을 지원한다.



(그림 1) 결정 비용과 발생 비용의 비교.



(그림 2) NASA 프로젝트에서 초기 투자 효과.



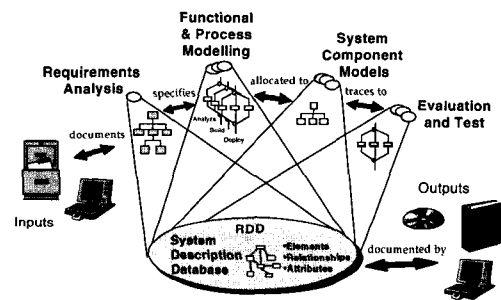
(그림 3) 일반적인 시스템공학 프로세스.

2.3 RDD-100의 개요

RDD-100은 Ascent Logic사가 만든 시스템공학 도구이다. 이 도구가 지원하는 기능은 크게 세 가지인데, 첫째, 고객으로부터 얻어진 요건을 받아 요건을 세분화하여 시스템 요건으로 바꾸는 요건 해석과 관리 기능, 둘째, 구현할 시스템의 거동, 구조, 자원에 대한 시스템 모델링 기능, 마지막으로, 모델링된 시스템 검증 기능으로 나눌 수 있다. 이 도구는 하향식 설계방식을 따라 모든 과정이 적용되며, 모든 자료 구조는 ERA(Element Relationship Attributes) 구조를 따른다는 특징이 있다⁽¹¹⁾.

RDD-100은 시스템공학 과정의 모든 부분에 사용될 수 있지만, 주요한 쓰임새는 요건의 해석관리, 시스템 개념설계 및 검증, 보고서의 생성 등이다. 이중에 가장 비중이 높은 것은 시스템 설계부분인데 이는 다시 기능 분석, 컴포넌트 분석, 인터페이스 및 자원 모델링으로 나누어진다. 이렇게 설계된 시스템을 검증하기 위해서 시뮬레이션 기능이 제공된다. 보고서 생성 기능은 데이터로부터 지정된 보고서의 양식대로 데이터를 추출, 조판하여 포스트스크립트 파일로 출력해 준다. 또한 RDD-100은 시스템을 개발하는 전형적인 개발 주기로서 Design Guide A와 C를 제공한다. Design Guide A는 시스템공학에의 문서기반 접

근법으로 고객이나 조직이 전에 만들었거나 유사한 시스템을 개발하는 데 맞게 되어 있다. Design Guide C는 시스템공학의 모델기반 접근법으로 요건들이 알려져 있지 않고 정의되지 않은 프로젝트, 비교적 높은 수준의 기술과 비용과 일정의 위험이 큰 프로젝트 및 비교적 대규모 프로젝트에 맞도록 되어 있다. 따라서 일반적으로 전례가 없는 시스템 개발에 맞게 되어 있다. 본 논문에서는 Design Guide A를 사용하여 지능형 BAS에 대한 개념설계를 하였다.



(그림 4) RDD-100 방법론.

3. 지능형 건물 시스템에 관한 고찰

지능형 건물의 도입 목적은 첨단 정보 통신과 고도의 사무 자동화 시스템을 통한 사무 생산성을 향상시키고 경제적이고 효율적인 시설 관리와 인간과 각종 시스템들을 위한 최적의 실내 운영환경을 창조하는데 있다고 볼 수 있다. 특히 건물 내의 사무자동화와 정보통신, 건물자동화 시스템을 위한 네트워크의 구축은 인간과 컴퓨터 통신을 위한 최적의 환경 조건을 만들고 원활한 인터페이스의 구축을 목표로 한다.

3.1 지능형 건물의 정의 및 구성요소

지능형 건물이란 사무 생산성 향상과 인간을 위한

쾌적한 실내환경, 관리의 경제성과 효율성, 그리고 이들 장비들의 유연성과 유지 보전성이 고려되어 새로운 상황들의 변화에 적용할 수 있는 공간의 규모와 치수의 확보 등 컴퓨터와 통신이라는 전자환경에 대한 인터페이스의 확보가 이루어진 건물이라고 할 수 있다.

지능형 건물 시스템은 정보통신(TC; Tele-Communication), 사무자동화(OA; Office Automation), 건물자동화(BA; Building Automation), 건축환경 등의 4가지로 구성되고 새로운 사무환경과 통신환경에 대응하기 위해, 기반구조(Infrastructure)의 레이아웃 및 설비설계가 건물 구조 설계에 반영되어 건물의 모든 설비를 유기적으로 결합, 건물 전체가 효율적으로 관리 운영되도록 하여야 한다. BA 시스템과 OA/TC 시스템간의 통합구현은 지능형 건물을 구축하는데 중요 요소가 되고 있으며 이를 해결하려면 효율적인 통합망 구성방안의 기술적 검토가 이루어져야 한다⁽¹²⁾.

3.2 지능형 건물 시스템의 요건

3.2.1 지능형 건물 시스템의 비기능적 요건

지능형 건물 시스템의 비기능적인 요건은 다음과 같다.

- ① 쾌적성(Amenity): 조명, 공조 등 집무환경 및 공공부분 환경의 쾌적한 공간이 요구된다.
- ② 효율성(Efficiency): 에너지 절약, 인력 절감, 안전성 향상, 가동 원가의 절감 등의 효율이 요구된다.
- ③ 편리성(Convenience): 공용 설비 이용 및 설비 제어관리가 용이해야 한다.
- ④ 유연성(Flexibility): 규모, 용도 등의 레이아웃 변경이 용이해야 한다.
- ⑤ 안전성(Safety): 거주자 및 이용자의 인명, 자산, 시설의 안전과 보안이 확보되어야 한다.

- ⑥ 신뢰성(Reliability): 피해를 극소화하고, 회복을 급속화 하여 믿을만한 빌딩이 되어야 한다.

3.2.2 지능형 건물 시스템의 기능적 요건

지능형 건물 시스템의 기능적인 요건은 다음과 같다. 첫째, 정보통신 기능이다. 사실 전자 교환기(Digital Private Branch Exchange, DPBX)를 근간으로 전화를 사용한 각종 서비스 기능을 해야 한다. 데이터의 경우 모뎀을 통한 외부와의 연결 뿐 아니라, LAN을 기반으로 빌딩 내의 PC끼리 혹은 메인 컴퓨터 등 각종 서버들을 사용, 자원의 공유나 작업의 속도 향상을 가져와야 한다. 화상 서비스의 경우 VRS(Video Response System)나 쌍방향 CATV서비스, 비디오텍스, 원격지간 화상 회의 시스템 등의 서비스 기능이 요구된다. 빌딩 자체의 위성송수신 서비스 역시 요구되는 항목이다.

둘째, 사무자동화 기능이다. 사무실내에서 사용하는 PC, 전화기, 팩스, 프린터, 복사기 등을 통합하여 작동하는 기능이 요구된다. 컴퓨터 화면으로 수신된 메일을 보고, 음성 메일을 듣고, 수신된 팩스를 검토한다.

셋째, 건물자동화 기능이다. 공조, 조명, 전력, 방범, 방재, 주차관리, 엘리베이터 관리 기능이 요구된다. 내부 하부시스템간의 연동은 물론 OA나 TC, 각종 입주자 서비스 시스템과 연계하여 각종의 소프트웨어 프로그램의 운용에 필요한 정보를 주고받는 기능이 요구된다.

4. 건물자동화 시스템 아키텍팅

4.1 요건 분석

서론에서 언급했듯이 이 연구에서는 지능형 건물 시스템 중에서 그 범위를 건물자동화 시스템(BAS)으

로 제한하여 시스템공학 전산보조도구인 RDD-100을 적용하였다.

RDD-100을 이용한 BAS 요건관리의 가장 기본이 되는 것은 Source Document로부터 ERA DB를 만드는 것이다. ERA에서 요소(Element)는 시스템을 구성하는 모든 요소이며 개체, 기능, 사람 등을 말한다. 관계(Relationship)는 요소들간의 접속관계를 말하며, 속성(Attribute)은 각 요소들을 기술하거나 정의하는 특성을 말한다. 그림 5는 이들간의 관계와 RDD-100의 ERA DB를 구축하는 화면을 나타낸다. 이와 같은 관계를 통해 요건을 DB화함으로써 요건의 계층구조와 시스템공학체계의 기본 원리가 되는 모든 추적성(Traceability)을 확보할 수 있다. 각 요소들은 Text View를 통해 요소에 대한 수정 및 보완 작업을 수행할 수 있으며, 각 요소들은 고유한 명칭으로 존재해야 하며 작업의 편의를 위해 체계화된 번호부여 시스템을 적용할 필요가 있다.

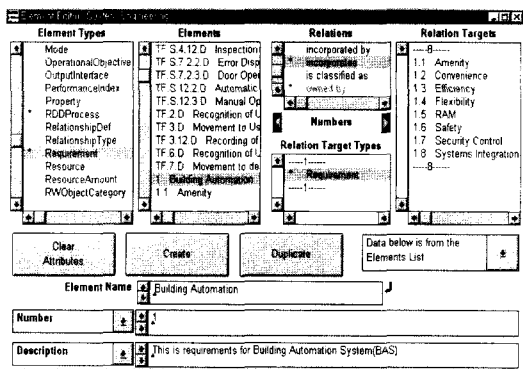
각종의 요건을 기술한 문서로부터 도출된 상위 요건은 명확한 요건이 될 조건을 충족시키지 못하므로 상위 요건으로부터 하위 요건을 계층적으로 분해하여 최하위의 요건을 이끌어 낸다. 따라서 모호하거나 애매한 요건이 없는지 또는 한층 더 하위수준으로 분해할 필요가 없는지를 검토할 수 있다.

하위 수준으로 상위 요건을 분해하는 과정에서 완

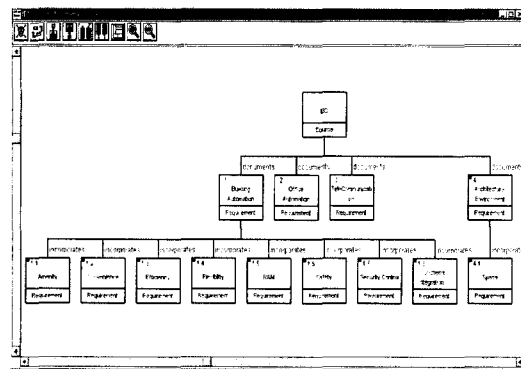
전하지 못한 요건을 발견할 수 있었는데 발견된 결함은 애매 모호한 기술, 필요한 내용 누락, 다른 요건과 상충되는 요건, 방법을 정의한 요건 등이었다. 이와 같은 결함을 가지고 있는 요건은 주의를 요하거나 더 많은 검토가 필요하므로 별도로 관리할 수 있도록 식별하고 요건을 명확히 하기 위한 추가 의사결정이 필요했다. 이러한 요건들은 요건들 간의 관계를 형성하여 문제가 되는 요건을 관리하고 해결방안을 찾아 추적관리가 가능하도록 하여 일관성을 유지했다.

DB에 입력된 내용이 최소한의 필요한 정보를 가지고 있는지 요소간의 관계가 형성되어 있는지 또는 서로 상충되는 관계가 형성되어 있지는 않는지 등을 검사하여 정확성 여부를 검증하였다. 시스템공학도구는 구축된 DB를 일정한 틀을 사용하여 상위수준 요건 DB의 경우 RDD-100을 이용하여 이와 같은 일관성 검사를 용이하게 할 수 있었다. 일관성 검사는 시스템공학 과정이 진행됨에 따라 각 단계에서 독립적으로 수행되어야 하며 특히 여러 사람들과 데이터를 공유할 때 유용했다.

이전 3.2 - 3.3절에서 설명한 지능형 건물 시스템의 요건을 정리하여 RDD-100에 입력한 요건의 상위 계층구조는 그림 6과 같다. RDD-100으로 분석한 BAS 요건 수는 모두 128개였다. BAS 요건들은 한가



(그림 5) RDD-100의 ERA 입력화면



(그림 6) BAS 상위 요건 계층구조

지 의미를 갖는 문장으로 될 때까지 분해되어야 하는데, 여기서는 9단계 수준까지 분해되었다. 최하위 요건은 80개였다. 또한 각 최하위 기능 요건은 시나리오에 있는 각 기능에 빠짐없이 대응되어야 한다. 이렇게 시나리오에 의해서 유도된 요건은 21개였다.

4.2 기능 분석 및 배분

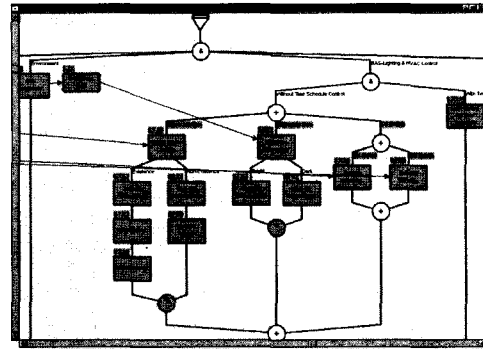
4.2.1 시나리오 개발

BAS의 기능분석은 먼저 운영 시나리오에 의해서 거동 다이어그램을 작성하는 것으로 시작한다. 여기서는 7가지의 시나리오를 작성하였다. 즉, 조명 및 공조, 엘리베이터, 주차장, 전력, 방재, 방범, 그리고 시스템 통합을 제어하는 시나리오이다. 시나리오는 시스템이 수행해야 할 업무를 기술한 것으로 기능을 정의한 것이다. 거동 다이어그램은 작성한 시나리오의 정적 모델링 작업의 결과를 말한다.

가) 조명 및 공조 제어 시나리오

조명 시스템은 건물 내의 조명 설비를 자동으로 감시 및 제어하는 기능을 수행한다. 조명 설비의 감시 및 제어 기능에는 조명 설비의 상태를 자동으로 감시하는 기능을 비롯하여 연간, 계절간, 일간, 시간 스케줄에 의한 조명제어, 수시로 변하는 환경에 대하여 광센서를 사용한 실시간 제어, 재실 감시에 의한 조명 시설의 자동 점멸, 개개인 또는 그룹별 조명 제어, 햇빛에 의한 조명 효율을 극대화하기 위한 블라인드의 자동 제어, 특정한 이벤트의 발생 시 조명시설을 정해진 프로그램에 따라 자동으로 제어하는 시간 이벤트 프로그램에 의한 조명 제어, 화재와 정전 등의 비상시 조명 제어 등이 포함된다. 또한 전화기 등에 의하여 조명 설비를 원격으로 제어할 수 있는 기능이 요구된다.

공기조화 시스템은 건물 내의 온/습도와 외기 유



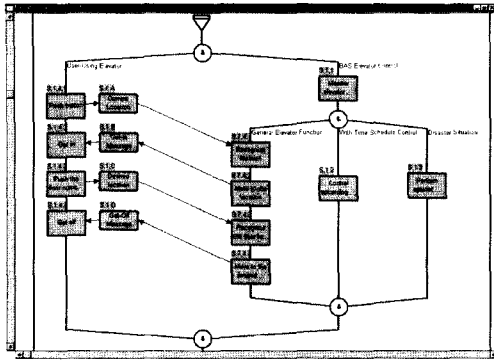
(그림 7) 조명 및 공조 제어 시나리오

입량을 자동으로 제어한다. 공기 조화 시스템의 자동화를 위하여서는 열원에 대한 수요를 미리 예측하고, 연간, 계절별 및 일간 스케줄 운전 제어가 가능하도록 구현하는 동시에 디지털 제어 기법을 사용하여 수시로 변하는 환경에 대하여 실시간으로 공기 조화 설비의 제어가 가능하도록 구현되어야 한다. 또한 공기 조화 설비에서 공조기와 열원 기기의 상태를 자동으로 감시 및 제어할 수 있어야 한다.

이러한 요건에 따라 작성한 시나리오는 그림7과 같다. 여기에서 조명과 공기조화 시스템은 상호 연계가 되어서 조명의 점멸에 따라 공조 시스템의 작동이 결정되도록 했다.

나) 엘리베이터 제어 시나리오

엘리베이터 제어 시스템은 건물 내의 핵심적인 수직 운송 수단인 엘리베이터 설비를 자동으로 관리 및 제어하는 기능을 수행한다. 엘리베이터 설비의 감시 및 제어 기능에는 엘리베이터의 상태를 감시하고 이들을 그룹별로 제어하는 기능을 비롯하여 시간 스케줄에 의한 엘리베이터의 운전 제어, 엘리베이터의 내부를 감시하고 각종 정보를 안내하는 기능, 화재 등의 비상시 엘리베이터를 정해진 위치에 자동 착상시키는 기능과 정전, 고장 등의 비상시 엘리베이터를 관리하는 기능들이 포함된다.

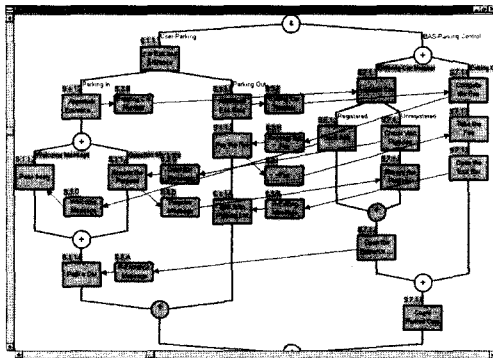


(그림 8) 엘리베이터 제어 거동 다이어그램

이러한 요건에 따라 작성한 시나리오는 그림 8과 같다. 여기에서는 사용자 중심으로 작성되었고, 운영자 중심으로 작성한 것은 시스템 통합 시나리오에서 언급하였다.

다) 주차장 제어 시나리오

주차 관리 시스템은 건물 내의 차량의 출입 및 주차를 자동으로 관리 및 제어하는 기능을 수행한다. 주차 관리 시스템의 기능에는 입/출차 통제 기능을 비롯하여 차종 감지 및 높이 제한 기능, 차유도 자동 표시 기능, 입차 제한 자동 표시 기능, 주차 요금 자동 정산 기능 등이 포함된다. 이와 더불어 CCTV를 통하여 주차장 내의 범죄 또는 사고 등의 상황을 감

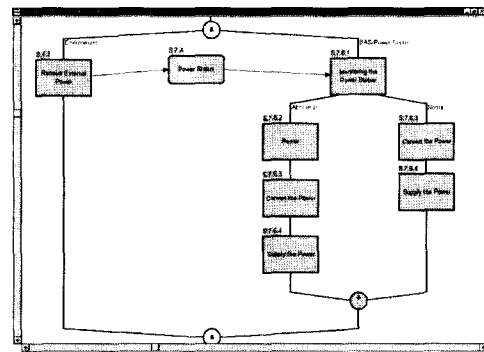


(그림 9) 주차장 제어 거동 다이어그램

시하는 기능과 주차장내 배기 가스의 농도를 자동으로 측정하여 환기시키는 기능들이 구축되어야 한다. 또한 입주자별 주차 요금을 자동으로 계측, 계산하여 부과하는 기능이 요구된다. 이러한 요건에 따라 작성된 시나리오는 그림 9와 같다.

라) 전력 제어 시나리오

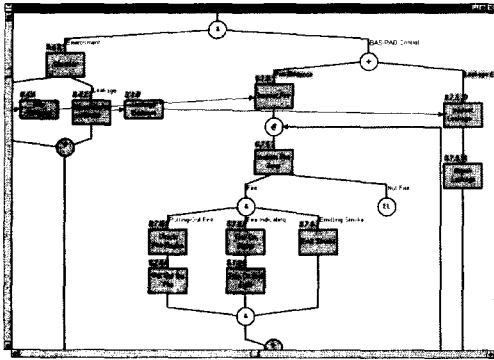
전력 제어 시스템은 건물 내의 전력 설비를 자동으로 감시 및 제어하는 기능을 수행한다. 전력 설비의 감시 및 제어 기능에는 전력 설비의 상태 등을 자동으로 감시하는 기능을 비롯하여 최대 수요 전력량 제어, 역률 개선 제어, 발전기 부하 제어, 정전 및 복전 제어, 비상시 동력 제어 등이 있다. 전화기 등에 의하여 전력 설비를 원격으로 제어할 수 있는 기능과 입주자별 전력 사용 요금을 자동으로 계측, 계산하여 부과하는 기능이 요구된다. 이러한 요건에 따라 작성된 시나리오는 그림 10과 같다.



(그림 10) 전력 제어 거동 다이어그램

마) 방재 제어 시나리오

방재 시스템은 건물 내에서 발생할 수 있는 각종 재난에 대처하는 설비들을 자동으로 관리 및 제어하는 기능을 수행한다. 방재 설비의 감시 및 제어하는 기능에는 화재를 감지하고 경보하는 기능과 화재시 발생하는 열, 연기 등을 관제하는 기능을 비롯하여



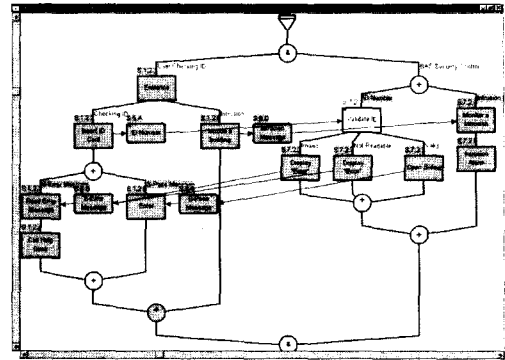
(그림 11) 방재 제어 거동 다이어그램

화재 구역을 자동 차단하는 자동 방화 기능, 스프링 쿨러 등을 이용한 자동 소화 기능, 연기를 외부로 배출하는 배연 제어 기능, 자동 피난 유도 및 안내 기능, 가스의 추출과 누전, 누수의 감지 기능, 구조물 변형 감지 기능, 지진 감지 및 관제 기능 등이 요구된다.

이러한 요건에 따라 작성된 시나리오는 그림 11과 같다.

바) 방법 제어 시나리오

방법 및 출입 통제 시스템은 건물 내에서 발생할 수 있는 각종 도난 사고 또는 사고에 대처하는 설비들을 관리 및 제어하는 기능을 수행한다. 방법 및 출입 통제 시스템의 기능에는 AV(Audio/Video) 네트워크를 통하여 빌딩의 내외부를 감시하고, 야간 또는 휴일에 인체 감시 센서 등을 통하여 빌딩의 내외부를 감시하고 이에 대처하며, 출입이 통제된 구역에는 카드 리더 또는 지문 감지기 등을 통하여 외부인의 출입을 제한한다. 방법 기능에는 물건의 도난뿐만 아니라 정보의 도난도 매우 중요하게 고려되어야 하며, 따라서 외부에서 빌딩 내로 들어오는 정보는 통과시키는 반면에 빌딩 내에서 외부로 나가는 정보에 대하여서는 이를 검색하고 기록하는 기밀 누출 방지

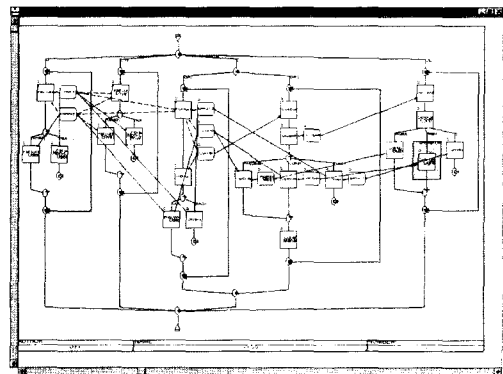


(그림 12) 방법 제어 거동 다이어그램

기능을 도입하여야 할 필요가 있다. 이러한 요건에 따라 작성된 시나리오는 그림 12와 같다.

사) 시스템 통합 제어 시나리오

시스템 통합 제어 시나리오는 조명 및 공조 제어, 엘리베이터 제어, 주차장 제어, 전력 제어, 방재 제어, 방법 제어의 개별 제어와 더불어 네트워크 시스템 기반 하에서 이들이 유기적으로 연계되어 중앙 감시실로부터 통합 관리되도록 하는 기능을 한다. 예상치 않은 상황이 발생하였을 경우는 시스템 운영자가 터미널을 통하여 각종 설비의 상태를 한눈에 파악하고 필요한 제어 명령을 키보드 등을 통하여 전달할 수 있는 기능을 비롯하여 각종 설비의 점검 및

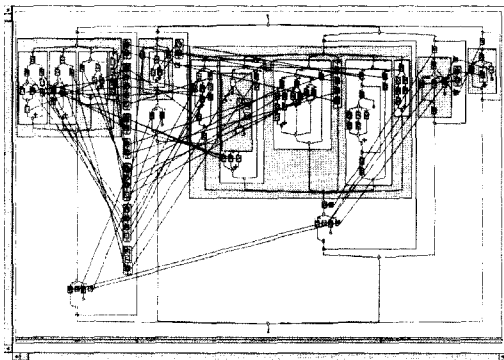


(그림 13) 시스템 통합 제어 거동 다이어그램

교체를 실시한다. 그림 13은 이러한 시스템통합 제어 시나리오 다이어그램을 나타낸 것이다.

4.2.2 전체 거동 시나리오와 시뮬레이션

7개의 각 시나리오를 통합하여 전체 거동시나리오를 작성하면 그림 14와 같다. 이 전체 거동 시나리오를 RDD-100에서 제공하는 DVF(Dynamic Verification Facility) 기능을 이용하여 시뮬레이션함으로써 정적 모델에서 발견하지 못한 문제를 검증함으로써 시스템 성능을 향상할 수 있었다.

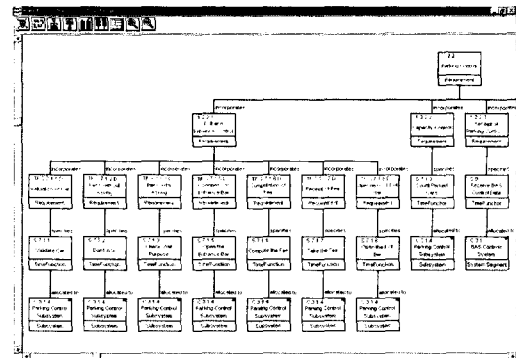


(그림 14) BAS의 전체 거동 다이어그램

특히, 시뮬레이션을 통해서 요건, 기능, 아키텍처 간의 상호 관계에 있어서 빠진 부분을 파악할 수 있었으며 그 관계를 연결시킴으로써 문제점을 해결하였다.

4.2.3 요건과 기능의 추적성 설정

요건과 기능을 연결하는 목적은 기능들이 어떤 요건에서 비롯되었는지 추적성을 확보하는데 있다. 이를 위해서 앞서 분석한 요건들을 거동 다이어그램에 할당한다. 여기서 할당되지 못한 요건은 그 요건을 분석하여 필요여부를 검토한다. 검토 후 필요한 경우에는 그 요건을 충족하는 거동 다이어그램을 작성해 주고 불필요한 경우에는 요건을 삭제한다. 또한 요건



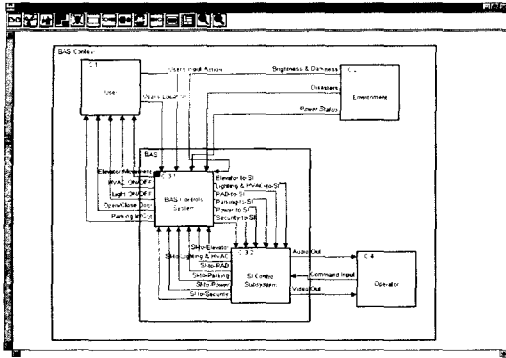
(그림 15) 주차 제어에 관한 요건, 기능, 구성품 간의 추적성 설정.

을 할당받지 못한 기능이 있을 경우에는 그 기능에 대한 요건을 추가해 준다. 이로 인해 생겨난 요건이 바로 파생 요건이다. 그리고, 시스템 요건이 여러 개의 기능에 할당될 경우에는 그 요건이 충분히 분해되지 못한 상태이므로 요건을 다시 상세하게 분해한 후 기능에 할당해 준다.

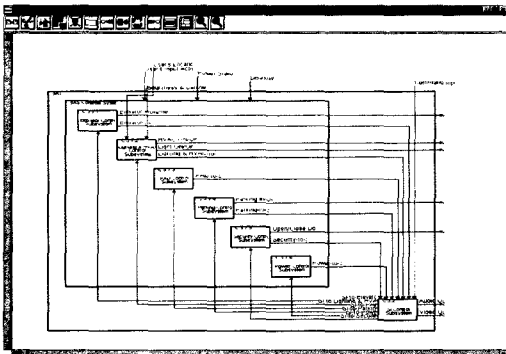
4.3 시스템 아키텍처

시스템 아키텍팅은 4.2절에서 수행되어 얻어진 사람의 머리 속에 생각하고 있는 기능적 또는 거동적 시스템, 이 시스템과 외부 환경과의 인터페이스, 시스템 내부의 구성품(Component), 구성품 간에 정보를 주고받는 인터페이스 등을 물리적으로 구현 또는 모델링하는 것을 말하며 그 결과를 시스템 아키텍처라고 정의된다. 먼저 요건과 기능을 고려하여 건물 자동화 시스템의 상위 아키텍처를 구축하고 여기에 시스템 거동 및 요건을 배분하여 요건과 기능이 만족되고 있는 지 여부를 검토할 수 있다. 만약, 배분이 안된 비기능적 요건들은 필요여부를 검토한 후 재배분이나 삭제한다.

지능형 BAS 건물 시스템을 구성하고 있는 상위 요소들은 사용자, BAS, 운영자, 환경 등으로 구성된



(그림 16) BAS 아키텍처



(그림 17) BAS 제어 서브시스템의 아키텍처

다. 이 요소들과 요소간의 인터페이스 전체를 나타낸 시스템 아키텍처는 그림 16과 같다. 또한 BAS를 구성하고 있는 서브시스템으로 BAS Controller와 시스템 통합이 있으며 이들 상호간에 데이터를 주고받는다.

BAS 제어 서브시스템 내에는 조명 및 공조, 엘리베이터, 주차, 전력, 방재, 방범 등 6가지 제어 시스템이 있는데 이것에 대한 아키텍처는 그림 17과 같다.

4.4 시스템 분석과 통제

BAS의 성능 파라미터들에 관한 정량적인 해석과 신뢰성/정비성/가용성 등에 관한 해석 활동들은 RDD-100을 이용하여 시간계획이나 전력자원관리 해석 등이 가능하며 기타 성능 해석은 전문화된 해석 방법

과 도구들에 수행되어야 하나 본 연구의 범위에서 고려하지 않았고 추후연구에서 수행하고자 한다.

5. 중요한 교훈(Lessons Learned)

지금까지 시스템공학 전산보조도구인 RDD-100을 사용하여 요건 분석, 기능 분석, 아키텍처 설계, 설계 검증의 시스템공학 프로세스 전 과정을 통해 BAS의 개념설계를 수행한 사례연구를 통해서 배운바 교훈들을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 사용자 요건으로부터 시스템 수준의 공학적 요건으로 분석 및 분해해 나가면서 시스템 개발문제를 명확하게 정의해 갈 수 있었다. 또, 자주 변하는 요건을 효과적으로 형상 관리할 수 있고 동료들과 공유 할 수 있었다.

둘째, 사용자가 요구하는 시스템 요구사항으로부터 개념적인 시스템의 구조를 이끌어 내는 시스템 모델링 방법을 배우게 되었다.

셋째, 추적성과 재사용성을 가지고 복잡하게 얽혀 있는 엔지니어링 모델들을 저장하고 검색할 수 있는 데이터 관리 및 저장 방법의 효율성을 알 수 있었다.

넷째, 설계된 시스템 모델이 생각한대로 동작하는지를 검증해 보는 방법론을 배우게 되었다. 주로 시스템과 사용자와의 인터페이스 및 시스템 내의 컴포넌트끼리의 협동작업을 모사, 검증하여 시스템 설계도의 품질을 높일 수 있었다.

결국, IBS의 BAS와 같은 복잡한 시스템을 개발할 경우 시스템개발 초기에 RDD-100과 같은 도구를 사용하여 시스템을 명확히 정의한 시스템 개발 사양을 작성하여 개발 프로세스에 입력함으로써 시스템개발 시 실패의 위험을 최소화하고 일정을 단축시키고 비용을 절감하면서 목표한 시스템 성능을 확보하여 성

공적으로 프로젝트를 수행할 수 있음을 알 수 있었다.

RDD-100 도구가 영문자료의 모형화와 입출력을 기대하므로 한글로 수집된 기능적 요건들을 영문화하고 표준화된 영문 전문술어들로 번역해야 하는데 상당한 노력이 필요 했다. 또, RDD-100의 모든 기능들을 자유자재로 구현하기 위한 훈련에도 투자해야 하는 아쉬움이 있었다.

6. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 시스템공학 전산보조도구인 RDD-100을 지능형 건물 시스템에 적용하여 분석하고 사용해 봄으로써 시스템공학의 개념을 이해하고 지능형 건물 시스템을 개발하기 위한 아키텍처를 제시하였다. 또한 간단한 시나리오를 작성하여 시뮬레이션을 실행해 봄으로써 제어 시스템들의 요건을 철저히 파악하게 되었고, 빌딩 제어 시스템들간의 효율적인 통합 운용이 가능함을 보였다. 이를 통해서 BAS와 같은 복잡한 시스템을 개발할 경우 시스템 개발 초기에 RDD-100과 같은 도구를 사용하여 시스템을 명확히 정의한 시스템 개발 사양을 작성하여 개발 프로세스에 입력함으로써 시스템 개발 시 실패의 위험을 최소화하고 일정을 단축시키고 비용을 절감하면서 목표한 시스템 성능을 확보하여 성공적으로 프로젝트를 수행할 수 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서 제시한 요건 및 아키텍처를 사용하여 지능형 건물 시스템을 구축하는데 있어서 초기 단계에서부터 여러 시스템간의 의사결정 지원 수단으로써 효과적으로 활용될 수 있고, 건물 제어 시스템의 성능과 수준을 평가할 수 있으리라 본다. 특히 네트워크 시스템과의 연계를 기반으로 하는 지능형 건물 제어 시스템의 통합 운용을 계획하고 구현하는데 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 또 전산지원 도구에 자료화된 BAS 설계 지식은 상당한 부분을

차후 설계에 재사용할 수 있어 설계 생산성을 크게 높이고 지식 경영의 좋은 본보기가 될 수 있다.

본 연구에서 여러 제한요소로 인하여 주로 건물 자동화 시스템에 대해서만 다룬 점이 아쉬움으로 남으며, 차후 정보통신 시스템과 사무자동화 시스템에 대해서도 적용해 봄으로써, 지능형 건물 시스템을 구축하는데 여러 시스템의 올바른 선택을 위한 기준을 제시해 줄 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 김재철, "시스템공학 접근방법을 응용한 인텔리전트 빌딩 시스템 개발", 석사학위 논문, 아주대학교, 2000.
2. 제어자동화시스템공학회, "빌딩 자동화시스템 구축 프로토콜 '백넷' KS 규격으로 확정", ICASE Magazine, Vol. 6, No. 1, 2000, pp. 12.
3. Blanchard, B. S. and Fabrycky, W. J., "Systems Engineering and Analysis", 3rd Edition, Prentice Hall, 1997, Chapter 1, 2, 3, 4, .
4. INCOSE Website, <http://www.incose.org/whatis.html>
5. 유일상, 박영원, "견실한 시스템 아키텍처 개발 지침", 한국군사과학기술학회지, 제3권, 제1호, 2000, pp.127-137.
6. 고등기술원, "전산보조 시스템 설계 및 개발기술", 과학기술부 보고서, 1998, 1999.
7. Ascent Logic Korea, "Systems Engineering & Parametric Cost Estimating", 1999
8. 고등기술원, "차세대 고속전철 시스템엔지니어링 체계 구축", 철도연구원 보고서, 1999.
9. 한국전자통신연구원, "TDX-10 개발지침서 I, II, III", 1993.
10. 이재우, "기능분석을 이용한 항공기 설계요구의 할당 및 추적에 관한 연구", 한국군사과학기술학

- 회지, 제2권, 제2호, 1999, pp.52-60.
11. Ascent Logic co., "Introduction to RDD-100 Student Workbook", 1996.
 12. 강명섭, "인텔리전트 빌딩에서의 통합빌딩 자동화 시스템에 관한 조사연구", 한석사학위 논문, 한양대학교 산업대학원, 1995.