

Systems Information Model for Asset Management of Electrical, Control, and Instrumentation Systems

건축물의 전기, 제어, 그리고 장비 시스템 관리를 위한 SIM(시스템정보모델)

Peter E.D. Love, Jane Matthews and Jingyang Zhou

Curtin University, Perth, Western Australia

Introduction

Asset management involves the balancing of costs, opportunities and risks against the desired performance of assets, to achieve an owner's objectives. It also enables asset owners to examine the need for and performance of their assets and their respective systems at varying levels.

Having appropriate and reliable information about an asset (e.g., product data, warranties, and preventative maintenance schedule) is pivotal for enabling asset management to support decision-making, planning and execution of activities and tasks of assets, particularly during operations and maintenance.

A building information model (BIM) provides a structured framework for the assembly creation, and exchange of information about assets and therefore provides the underlying foundation to supports effective asset management. To enable this process, a BIM needs to provide information covering the whole life cycle of an asset.

In this article we describe how a Systems Information Model (SIM), which is akin to BIM, can be used for the asset management of electrical instrumentation and control (EIC) systems, particularly in the context of resource and energy projects.

EIC Systems

A BIM typically comprises of an array of software applications, which are integrated to form a single point of truth. Increasing emphasis has been placed on the development and integration of software packages for architectural, structural, heating ventilation and air conditioning and hydraulics. Such elements have scale, geometry and therefore can be visualized within the BIM. However, EIC systems have no scale and geometry and cannot able to be visualized in a three-dimensional (3D) view, though cable trays and components can be modeled. As a result, there is a reliance on the use of Computer Aided Design (CAD) to detail the connection and relationship between components. While BIM is beginning to be widely adopted by engineers within the construction industry, within the energy and resources sector CAD remains the primary tool to draft and design EIC systems.

Graphical and written representations developed by engineers are typically represented in two dimensions (2D) and constructed using CAD. When a change is required to a 2D drawing, the drawing and each corresponding view have to be manually updated, thus a 1:n relationship exists. The modification of drawings can be a very time-consuming and costly process. Furthermore, as drawings are invariably manually coordinated between views in 2D, there is a propensity for documentation errors to arise particularly in the design of complex EIC systems, which may comprise of hundreds of drawings that are not to scale and have to be represented schematically. In this instance, information is often repeated on several drawings to connect each schematic. Consequently, the time to prepare the schematics can be a lengthy and tedious process, especially as the design gradually emerges and individual documents are completed. Inconsistencies can manifest between the

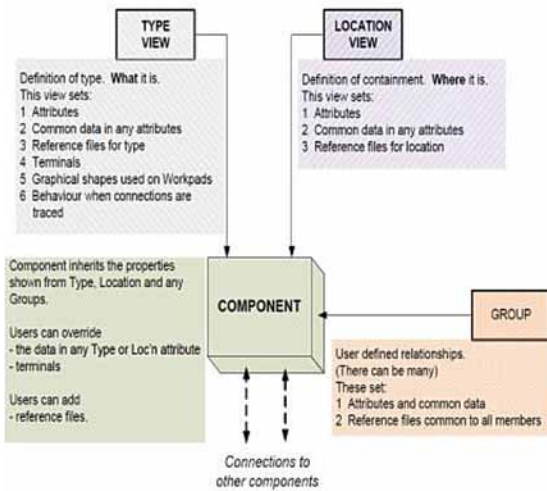
소개

건축물 관리는 비용을 조정해주고 필요한 성능을 개선하거나 위험요소를 줄여줌으로써 궁극적으로 건물주에 도움을 주게 된다. 또한 건축물과 각종 시스템에 무엇이 부족한지 그리고 현재 어떤 상태인지를 건물주가 직접 검토할 수 있도록 해준다. 건축물에 대한 적절하고 신뢰할만한 정보는 (예: 제품자료, 보증내용, 예방정비계획 등) 특히 건축물의 운영 및 관리에 대한 판단을 내리고 계획을 세우고 조치를 취하는데 있어서 근거가 된다. BIM은 건설작업과 건축물 정보의 교환을 위한 구조화된 프레임워크를 제공하여 효과적인 건축물 관리를 지원하기 위한 토양 역할을 한다. 이를 위해 BIM 정보는 건축물 전체 생명주기에 걸친 정보를 가지고 있어야 한다. 본 글에서는 이러한 BIM과 유사한 SIM(Systems Information Model: 시스템정보모델)이 건축물의 EIC(Electrical Instrumentation and Control: 전자 및 제어장비) 관리를 위해 어떻게 사용되는지를 소개하고자 한다.

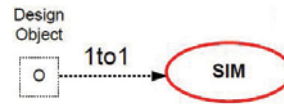
EIC 시스템

BIM은 전형적으로 소프트웨어 어플리케이션들로 이루어져 있으며, 이는 단일 형태로 집약된다. 지금까지 이러한 소프트웨어 패키지 개발과 집약은 건축, 구조, 열관리 분야에 집중되어 왔다. BIM 요소들은 일정한 크기와 위치정보를 가지고 있기에 시각화가 가능한 반면에 EIC 시스템들은 (비록 케이블 선반이나 자재들은 모델링이 가능하지만) 해당 정보가 없기에 3D 시각화가 불가능하다. 그렇다 보니, 아직은 CAD에 의존하여 요소간 연결관계 정보를 입력하고 있다. 비록 BIM이 건설산업에 폭넓게 적용되기 시작했으나, 에너지 및 자원분야(resources sector)에 있어서 CAD는 여전히 EIC 시스템 설계의 주요 도구로 활용되고 있는 실정이다.

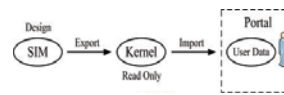
엔지니어가 개발한 그래픽과 기타 표현들은 전형적으로 2D로 표현되며 CAD를 활용하여 제작된다. 2D 도면을 변경해야 할 경우에는 해당 뷰(view)를 모두 수작업으로 수정해야 하기 때문에 1:n 관계가 존재한다. 이러한 도면수정은 많은 시간과 비용을 요구한다. 더욱이 2D 도면의 뷰들이 서로 항상 수동적으로 연관되어 있기에, 특히 복잡한 EIC 시스템 설계과정에서는 도면오류들이 발생하기 마련이고, 이러한 오류들은 수백개의 도면들에 걸쳐 무작위로 늘어난다. 이러한 경우, 여러 도면들의 연관성이 유지되도록 중복하여 정보를 입력해야 하므로 많은 시간을 요구할 수 있다. 특히 설계가 점진적으로 이루어지면서 개별 도면들을 작성해나갈 경우에는 이러한 문제가 더욱 심각해진다. 더욱이 도면간 정보의 불일치가 발생할 경우, 이를 다시 검토하고 수정해야 하는데 이는 건설과정에 어려움을 줄 수 있다. 결국 SIM이 주목 받게 된 동기는 CAD



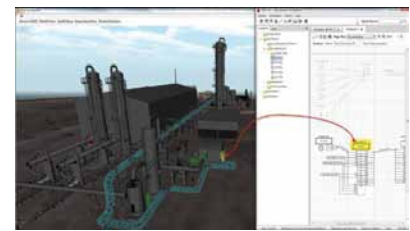
<그림 2> Data model (데이터 모델)



<그림 1> 1:1 relationship (1:1 관계)



<그림 4> Revision process (수정 프로세스)



<그림 5> Power plant (발전소)

documents, therefore requiring them to be re-edited and crosschecked before they can be issued for construction. In overcoming the inefficiencies associated with using CAD to design, engineer and document EIC systems a notion SIM is propagated. In fact, our research has demonstrated that the use of a SIM can provide a 94% improvement in productivity in terms of the time to design, engineer and produce documentation and provide significant cost reductions.

Systems Information Model

A SIM is a generic term used to describe the process of modeling complex systems using appropriate software. It is a digital representation of the connected system, such as electrical control, power and communication systems. When SIM is applied to design a connected system, all physical equipment and the associated connections to be constructed can be modeled into a database. Each object is modeled once. Thus, a 1:1 relationship is achieved between the SIM and the real world (Figure 1). As a result, information redundancy contained within traditional CAD documents is eliminated. A SIM can be created using software such as Dynamic Asset Documentation (DAD) and applied throughout a project's entire lifecycle.

Think of the End at the Beginning

The practices associated with asset management comprise of a set of data-intensive decision-making processes, which are undertaken throughout all stages of a project's life cycle. The development of an asset management system commences by developing a database to store and manage asset data at the beginning of a project. Yet, current practice focuses on obtaining information at the end of a project, which is expensive and time-consuming to undertake. Within DAD, the approach is to enter data during design, construction and commissioning using the structure identified in Figure 2. Entering data into the SIM throughout each stage of development within a project enables asset owners to leverage the benefits associated with productivity and data integrity that can be attained using DAD. (Figure 1, 2)

Design and Engineering

Engineering design and documentation can be undertaken simultaneously when using a SIM. Each piece of physical equipment to be constructed in the real world is modeled in the SIM as design progresses and is allocated with a unique tag name.

Equipment is created with 'Type' and 'Location' attributes. The 'Type' attribute is used to define equipment functionalities. The 'Location' attribute is used to describe

를 기반으로 EIC 시스템을 설계하고 도면화하는 과정에서 드러난 단점들을 극복하는 과정에서 비롯되었다고도 볼 수 있다. 실제로 우리의 연구에 따르면, 설계 및 문서화 작업 시간의 측면에서 SIM이 94%의 생산성 향상과 상당한 비용절감을 가져올 수 있음을 보여주었다.

시스템 정보 모델

SIM은 적절한 소프트웨어를 활용하여 복잡한 시스템들을 모델링하는 과정을 설명하는 일반적인 용어이다. 이는 전자제어, 전력 및 통신 시스템들과 같이 서로 연결된 시스템들에 대한 디지털 프리젠테이션(presentation)이기도 하다. 연결된 시스템들을 SIM으로 설계하면, 모든 물리적 장비들과 그에 필요한 연결들을 모델링하여 데이터베이스화할 수 있다. 이때, 각 객체는 한번만 모델링되기 때문에 SIM과 사물은 1:1의 관계를 가진다(그림 1). 그 결과, 전통적인 CAD 문서에서처럼 정보가 중복되지 않는다. SIM은 DAD(Dynamic Asset Documentation)와 같은 소프트웨어를 사용하여 작성하여 건설사업 전체 주기에 걸쳐 적용시킬 수도 있다.

시작부터 목표를 생각하기

건축물 관리는 실제로 수많은 데이터로 구성된 일련의 의사결정 프로세스들로 구성되며, 이는 건설사업 전 과정에 걸쳐 이루어진다. 건축물 관리 시스템의 개발은 프로젝트 초기부터 건축물 데이터를 저장하고 관리하기 위한 데이터베이스 개발에서부터 출발한다. 하지만 실제 업계에서는 건축물 정보를 프로젝트가 끝나갈 즈음에서야 집중적으로 수집하고, 이는 결국 높은 비용과 많은 시간을 요구한다. DAD를 적용할 경우, 그림2에서처럼 설계와 건설 그리고 수행과정에서 데이터를 입력한다. 프로젝트 각 단계에서 SIM에 데이터를 입력해두면, 건물주는 DAD를 활용해 높은 생산성과 완전한 데이터에 따른 혜택을 누리게 된다. (그림 1, 2)

설계와 공학

SIM을 적용하면 설계와 도면화 작업을 동시에 진행할 수 있다. SIM에서는 설치될 시설물이 각각 설계 프로세스로 모델링되고 유일한 태그 명칭이 부여된다.

설비에는 Type와 Location 속성이 부여된다. Type 속성값은 설비의 기능을 정의하는 데에 사용되고 Location 속성값은 플랜트 내부에서 설

the physical position of equipment within a plant. With such a classification, engineers can browse the SIM model and locate the information they require. Cables and signal flows between equipment are modeled as 'connectors'. Shape, width and color can be chosen for each individual connector to cater for different scenarios. To facilitate the design, attributes, such as a device module, cable size and specifications, can be assigned to each individual object.

A complete history log is provided to monitor and record the activities that have been performed with the model. Any modification to a particular object, including the person who performed this activity, is automatically recorded in the system for future checking and verification. As a result, this function can be used to trace the revision history and assists engineers to compare previous and current design versions. When design is complete, a read only copy of the model is created, exported and made available as a 'Kernel' to other project team members (Figure 3).

The users of the portals can access and import all or part of the design information within the Kernel depending on their respective authorization levels. Private user data can be added and managed via the portal such as editing attributes for the components or attaching additional documents to the model. To guarantee that all the parties involved in the project are working on an identical Kernel, users do not have the authorization to change the design during construction.

The Kernel containing the design can be issued to a number of parties for review. Parties having access to the design are able to review and provide comments. Thus, information delivery can be achieved digitally and instantly. No paper work is required. Feedback such as comments and approvals can be recorded in the SIM systematically which will be sent back to the design team. By adopting DAD, information flows between the designers and reviewers can be entirely paperless and this is far more efficient than the designs conveyed by paper drawings.

Construction

When the design is approved for construction, a SIM, a digital realization of the design, can be issued to different parties such as procurement team and construction contractors. With the application of DAD, the design is encapsulated into a SIM.

Due to the 1:1 mapping between SIM and its real world counterparts, information stored can be extracted more efficiently and as a result the time typically spent looking through masses of drawings is significantly reduced. Problems can be readily identified and revisions can be readily undertaken as a result of the 1:1 mapping, which is built into the system (Figure 4).

A 'Request for Information' (RFI) folder can be created, should there be queries with design, which contains the problem to be resolved. This is due to the 1:1 mapping, which enables the problem to be located and confirmed in the SIM instantly. As such there is no need for a site engineer to locate and compare the problem with reference drawings, which arises in a CAD enabled environment. The site engineer can mark and describe the problem in the SIM, which is recorded by either a 'pdf' file or a screenshot of the selected area. A 'spreadsheet' can also be automatically generated containing all object information either in 'Excel' or 'pdf' file format. Then, the RFI can be sent to the design team by email. On receipt of the RFI, the design team can review the design and rectify the problem within the SIM immediately. A new kernel is then generated and exported to the users for further application as denoted in Figure 4. This process is more efficient than using the traditional CAD drawings, which must be manually updated when modification is required.

Using the construction portal, project managers can monitor and control the progress of their project and examine actual cost and schedule against what has been planned. The objects that have been estimated, purchased, delivered, installed, terminated, tested and commissioned can be readily reviewed.

Asset Management

A SIM is specifically useful for asset managers as it enables information to be stored in a single digital model. In a CAD based environment paper drawings are typically

비의 위치를 기술하는 데에 사용된다. 이들을 통해, 엔지니어들은 SIM 모델을 살펴보고 원하는 정보를 찾아낼 수 있다. 장비들 간의 케이블과 신호연결은 커넥터(connectors)들로 모델링되며, 다양한 시나리오에 따라 이들 커넥터의 모양과 너비 및 색상을 정할 수 있다. 설계의 편의를 위해, 장치모듈과 테이블 규격 및 특성과 같은 속성들을 각각의 객체에 부여할 수도 있다.

완전한 작업기록(history log)을 통해 모델작업을 모니터링하고 기록해준다. 특정한 객체에 대한 모든 수정 사항들이 자동적으로 시스템에 기록되므로, 나중에 작업을 수행한 사람이 누구였는지 등과 같은 정보의 검토나 및 확인이 가능하다. 따라서 엔지니어들은 이러한 기록을 추적하여 과거와 현재 버전의 설계를 비교하는 데에 도움을 줄 수 있다. 설계가 완성되면 읽기전용의 모델로 복제되며, 이는 다른 프로젝트 팀 멤버들에게는 커널(Kernel)로서의 역할을 하게 된다(그림 3).

일정한 권한이 부여된 포털 사용자들은 이러한 커널에서 필요한 정보를 가져갈 수 있다. 포털에서는 요소의 속성을 편집하거나 모델에 다른 도면을 추가하는 등 사용자 데이터를 추가하고 관리할 수도 있다. 프로젝트의 모든 참가자들이 동일한 커널을 사용하도록 하기 위해, 사용자들에게는 건설기간 중 설계를 변경할 권한이 주어지지 않는다.

설계를 포함하고 있는 이 커널은 검토를 위해 여러 부분들로 나뉘어 생성될 수 있다. 설계권한이 있는 참여자들은 이들을 검토하여 의견을 제시할 수 있다. 이러한 정보는 디지털화되어 즉각적으로 전달되며 어떠한 종이작업도 필요하지 않다. 의견의 전달 및 승인과 같은 피드백은 SIM에 체계적으로 기록되어 설계팀에게 다시 전달된다. DAD를 사용하면 정보는 설계자들로부터 검토자들에게 즉각적으로 전달되며 이는 과거 도면에 의존했던 설계방식보다 훨씬 효율적이다.

건설

설계가 승인되면 디지털 설계방식인 SIM은 조달팀이나 시공업체들과 같은 여러 참여자들에게 전달될 수 있으며, DAD를 적용하면 설계는 SIM의 일부가 된다.

SIM과 실제 사물과의 1:1 매핑으로 인해, 저장된 정보는 더욱 효율적으로 추출될 수 있다. 이로 인해 도면을 직접 확인하는 데에 소요되는 시간이 상당히 절약되고 문제점들과 수정사항을 손쉽게 찾아내고 수 있다.

설계상의 문제점이 발생되면 RFI(Request for Information: 정보요청) 폴더가 생성되어 저장되며 SIM의 1:1 매핑에 따라 문제점의 발생위치가 즉각적으로 파악되고 확인된다. 따라서 CAD 환경에서처럼 현장기사가 문제점의 발생위치를 파악하여 관련 도면들과 일일이 비교할 필요가 없다. SIM 환경에서는 현장기사가 문제점을 표시하고 설명을 추가한 뒤 pdf 파일이나 스크린샷으로 기록하면 된다. 또한 모든 객체정보를 포함시켜 엑셀이나 pdf 포맷으로 스프레드시트를 자동 생성시킬 수도 있다. 그 다음 RFI를 설계팀에게 이메일로 전송시킬 수 있다. 설계팀은 RFI를 받으면 SIM을 활용하여 즉각적으로 설계를 검토하고 문제점을 수정할 수 있다. 새로운 커널이 생성되면 추가적인 활용을 위해 사용자들에게 전달된다(그림 4). 이러한 프로세스는 수작업으로 문제점을 수정해야 하는 전통적인 CAD 도면들을 사용하는 것보다 효율적이다.

시공포털을 사용하면 프로젝트 관리자들은 진행상황을 모니터링하고 제어할 수 있으며, 나아가 실제 공사비와 공정을 사전계획과 비교할 수 있다. 즉 제품의 견적, 구입, 운반, 설치, 철거, 그리고 검사 내용을 손쉽게 살펴볼 수 있다.

건축물 관리

SIM은 정보를 단일 디지털 모델에 저장시켜 주므로 특히 건축물 관리에 유용하다. CAD 기반의 도면들은 일반적으로 건축물 관리자들에게 준공(As-Built) 도면의 형태로 전달되는데 이는 적어도 이론상으로는 모

handed over to the asset managers in the form of 'As-Built', which reflect, in theory, the actual construction of every system, component and connection of EIC project.

If an asset manager wants to maintain, repair or upgrade any portion of the plant, then the 'As Built' drawings need to be used. However, recovering information contained on an array of drawings is a tedious task. Any error or omission contained within the drawings will potentially hinder the interpretation of the design. In some instances, the 'As Built' drawings do not reflect the design that has been finally erected.

An operation portal is provided to cater for the needs of asset managers. Operations such as test, calibration, inspection, repair, minor change and isolation can be defined and scheduled. In addition, it can act as a training tool, which can be used regularly to assist operators to become familiar with the design.

Figure 5 illustrates how DAD can be used to identify asset during the operation of a power plant using a 3D view. Interfacing between the SIM and the 3D model enables the communication between objects in the SIM and their counterparts in the 3D model.

Conclusion

Thinking of the data requirements to manage, maintain and operate an asset at the beginning of a project is pivotal for effective and efficient asset management. DAD, for example, which is based upon a SIM, enables a digital model that contains appropriate and reliable information to be created as a project progress through its lifecycle. A SIM can also be used to enable operation and maintenance costs to be optimized and therefore reduce waste and improve energy efficiency.

Further information about DAD can be found at: www.dad.net.au

든 시스템, 요소, 그리고 연결정보를 포함하여 실제 건축물을 표현하는 정보이다.

따라서 만일 건축물 관리자가 플랜트의 어떤 부위를 유지, 수리, 또는 개선하기를 원할 경우, 이러한 준공도면들을 사용해야 할 것이다. 하지만 일련의 도면들로부터 해당 정보를 찾아내는 것은 지루한 작업이다. 더욱이 도면들에 어떠한 오류나 누락이 있을 경우라면, 설계를 해석하는데 있어서 잠재적인 걸림돌이 될 것이다. 심한 경우에는 이러한 준공도면들이 최종적으로 변경된 설계를 제대로 반영하지 못할 수도 있다.

포털을 운영하면 건축물 관리자들의 요구를 충족시켜줄 수 있다. 이곳에서는 검사, 측정, 조사, 수리, 교정, 그리고 분리작업이 정해지고 계획될 수 있으며, 건축물 운영자들이 건물구조에 보다 익숙해지도록 정기적인 훈련도구의 역할을 할 수도 있다.

그림 5는 발전소 운영을 위해 3D뷰를 사용하고 DAD가 관련시설을 찾아내는 장면을 보여준다. 이러한 인터페이스는 SIM과 3D 모델의 객체간 의사소통을 가능케 해준다.

결론

프로젝트 초반부터 건축물의 관리, 유지 및 운영에 필요한 데이터를 생각하는 것은 효과적이고 효율적인 건축물 관리의 중심이 된다. SIM을 기반으로 예를 들어 DAD을 활용하면 건축물 생명주기에 걸쳐 적절하고 신뢰성 있는 정보를 디지털 모델에 포함시킬 수 있다. SIM은 또한 운영 및 관리비용을 최적화시켜 비용을 줄이고 에너지 효율을 높여줄 수도 있다.

DAD에 대한 추가정보는 www.dad.net.au에서 확인할 수 있다. 



Peter E. D. Love

Curtin University, Perth,
Western Australia

Dr Peter Love is a John Curtin Distinguished Professor within the Department of Civil Engineering at Curtin University. He is a Fellow of the Royal Institute of Chartered Surveyors (FRICS), and Chartered Building Professional (MAIB). Professor Love has an MSc in Construction Management, a PhD in Operations Management, and Higher Doctorate of Science in Civil Engineering.

Dr. Peter Love는 건설관리 석사학위를 취득한 후, 운영관리와 토목공학 각각의 박사학위를 취득하였다. 현재 Curtin University의 토목공학과 교수로 재직 중이며, Royal Institute of Chartered Surveyors (FRICS)와 Chartered Building Professional (MAIB)의 선임연구원을 맡고 있다.

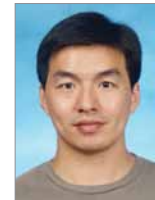


Jane Matthews

Curtin University, Perth,
Western Australia

Dr. Matthews is an Associate Professor in the Construction Management Department of School of the Built Environment at Curtin University where her focus is the nexus between computing and construction. She graduated with a PhD in Architecture from the University of East London and a PG Diploma in Computer Science at Cambridge University and has over 7 years' experience managing the research, design and development of a range of software product for the construction industry.

Dr. Matthew는 Cambridge University에서 컴퓨터공학 석사와University of East London에서 건축 박사학위를 취득하였으며, 7년 동안 실무에서 건설연구사업을 이끌었다. 현재 Curtin University의 건설관리학과 부교수로 재직 중이며 컴퓨팅과 건설 연관 분야를 연구 중이다.



Jingyang Zhou

Curtin University, Perth,
Western Australia

Dr Jingyang Zhou is an Australian Research Council Fellow within the Department of Civil Engineering at Curtin University. He obtained his Bachelor degree in Electrical Engineering and Automation, Master's Degree on Control Theory and Control Engineering and Ph.D. degree on Control Science and Engineering at Harbin Institute of Technology. He obtained a second Ph.D. degree in Mathematics and Statistics at Curtin University.

Dr. Jingyang Zhou는 Harbin Institute of Technology에서 전기공학 학사, 제어공학 석사와 박사학위를 취득하였으며, 현재 Curtin University에서 Australian Research Council의 토목공학과 선임연구원으로 재직 중이다.