

Current Trends in Construction Site Layout Planning

Samaneh ZOLFAGHARIAN¹ and Javier IRIZARRY²

¹ School of Building Construction, Georgia Institute of Technology, 280 Ferst Drive
1st Floor, Atlanta, GA 30332-0680; samanehz@gatech.edu

² School of Building Construction, Georgia Institute of Technology, 280 Ferst Drive
1st Floor, Atlanta, GA 30332-0680; javier.irizarry@coa.gatech.edu

ABSTRACT

Site personnel or construction workers will spend most of the construction time within construction sites. If construction workers be able to easily and quickly move within the site, it helps to save time and increase productivity as well as safety. Optimizing the cost, safety, and productivity of a project often relies on the optimal planning of the construction site layout. However, site layout planning, unique for each construction project, depends on many variables such as work areas and facility locations. To optimize work place usage and minimize construction conflicts, participants on a project must consider the constraints that each construction project entails. Currently, the concept of an optimized construction site layout has no clear definition, so practitioners do not have specified guidelines or policies that govern the construction site layout. Therefore, the purpose of this paper is to assess current practices for site layout planning and highlight the need for a rule-based approach to evaluating construction site layouts. The results presented in this paper can provide construction firms with a better understanding of why a rule-based system is important in site layout planning.

Keywords: Site Layout Planning, Optimization, Rule-based checking system.

INTRODUCTION

The placement of materials, facilities, and equipment within a construction project space is referred to as “site layout planning” (Pheng and Hui 1999). Site layout consists of the footprint of a building, parking and storage areas, access roads, and temporary facility locations (Marx and König 2011). An optimized site layout plan ensures the optimum usage of available space, lower project costs, less relocation of materials during construction, better accessibility to and security of a site, and safety of the work environment. To develop an optimum construction site layout, a construction manager takes into account various factors, many of which interfere with the site layout planning. Depending on the variables, each project has its own unique site layout plan (Tam et al. 2002). The first and most important variable of site layout planning, which drives decisions in reference to site logistics, is the actual size and location of the site. A list of the important variables that affect site layout is shown in Fig.1.

Because each project requires a unique set of variables, planning a site layout is a multi-objective task that varies from one construction phase to the next. Thus, site layout planning should be a dynamic activity in a three-dimensional (3D) model of a

01

2019/11/06
Minguk Kim

02

2019/11/06
Minguk Kim

03

Minguk Kim

site (Ma et al. 2005). In other words, a 3D-based site layout plan can facilitate the planning of a dynamic construction site layout during different phases. To better visualize a site layout space, a site manager can use a building information model (BIM). In addition, BIM can help identify potential safety hazards resulting from the movement of cranes or the placement of temporary facilities (Sulankivi et al. 2009) and simulate existing constraints. To control existing site layout constraints in a BIM-based model and represent a site layout plan, 3D site planning objects such as cranes, material storage, and parking areas should be created. In addition, to check the accuracy of the developed plan, a rule-based checker that evaluates situations such as security, worker circulation, and lighting needs to be generated. The review of the current state of the art shows that limited research has been devoted to rule-based checking systems for site layout designs. Therefore, the purpose of this paper is to provide an overview of current and emerging trends in site layout planning and emphasize the need for a rule-based site layout checking system. First, this paper investigates previously developed approaches for site layout planning and then explores the future trends of site layout planning.

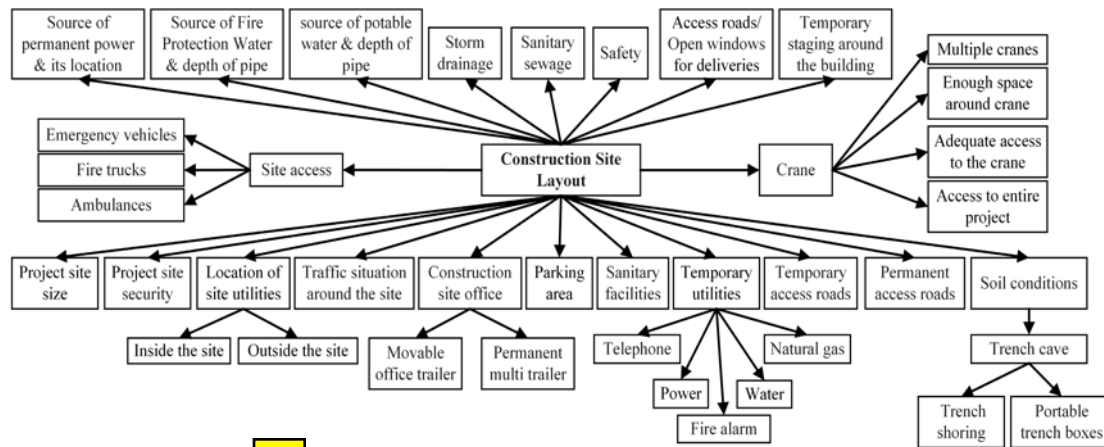


Figure 1. Construction Site Layout Variables

PREVIOUS STUDIES

A significant amount of research has focused on the path of worker and machinery movement as well as the placement of temporary facilities and material storage areas within a construction site. In the following sections, this paper discusses several efforts toward optimizing the site layout domain.

4D Simulation Site Layout

The construction process is dynamic, so day-to-day changes are expected. Thus, anticipating an appropriate and optimal site layout plan from a static model is challenging. For example, if an excavator digs a trench to install a site utility, every location where a trench is dug is a potential location that will interfere with ongoing work on a construction site. Moreover, the trench may cross roads, access points, lay down areas, or even other trenches. To prevent this situation from occurring, a project manager should pay special attention to areas where several utilities intersect with

temporary/permanent roadways, sidewalks, building, entries, material lay down areas, and crane locations; however, with 4D models, project managers can have a clear and dynamic view of a work space. A number of researchers have developed 4D simulation models that provide project managers with a better and more efficient visualization of a dynamic construction site. An effective 4D model contains the following:

- Existing buildings
- Roads and infrastructure that will affect the project, either inside or outside of a site's boundaries
- New access roads, sidewalks, and building entries, which will preclude future excavation
- Temporary infrastructures such as security fencing, crane pads, and access roads
- New and existing underground utilities
- Temporary facility locations

The process of space allocation for construction activities is time consuming and costly. Time-space conflicts create a variety of problems such as constructability issues or delays in the construction process. To specify the required space for construction activities and manage time-space conflicts, Akinci et al. (2000) represented a 4D WorkPlanner, which first detects clashes within specified working areas and then aggregates detected time-space conflicts. In the next step, it classifies conflicts into various categories such as design and safety conflicts and then categorizes them based on their severity. Such a system enables project managers to anticipate potential spatial conflicts at construction sites and provides a solution before the start of a construction project. Furthermore, to simplify the process of locating the place of a work request, Taneja et al. (2010) modeled a WLAN-based localization framework via fingerprinting algorithms. Their proposed framework resulted in a more precise value for localizing and predicting user locations. To develop a real-time management of the workspace of a construction activity, Chavada et al. (2012) established a 4D/5D model by integrating the project schedule with the BIM data of construction models. Likewise, Ma et al. (2005) integrated schedules, 3D models, resources, and site spaces with 4D computer-aided drawings (CAD) to develop a 4D graphical visualization for dynamic site layout planning. Compared to 2D drawings, such a system allows users to better visualize site layout plans, but lack of functionality of data exchange standards does not allow users to share data with other 4D systems (Ma et al. 2005).

Chau et al. (2005) found that a huge number of current 4D approaches lack some aspects of constraints such as resource management and data exchange. Hence, to provide a more comprehensive system for construction planning, researchers integrated the work breakdown structure, the 3D model, scheduling, resources, and decision support tools. Marx and König (2011) identified essential constraints such as construction methods, building and building site layout, and material movements, which are required to provide construction simulation. The construction simulation facilitates the effective management of the current schedule or the creation of a new one; however, it has some limitations such as the capability of applying changes in the planned layout while simulating it (Marx and König 2011; Zhang and Li 2010).

15-16

2 notes:

17

Minguk Kim

In the past few decades, many researchers have focused on the potential of information technology in the 4D simulation of site layout planning. Digital technologies such as artificial intelligence (AI) (Elbeltagi et al. 2001), virtual reality (VR) (Heesom et al. 2003), and building information modeling (BIM) (Chau et al. 2005; Chavada et al. 2012; Ma et al. 2005) can be widely applied to optimize construction site layout planning. For example, by combining artificial intelligence tools, Elbeltagi et al. (2001) modeled a system that depended on the schedule for site space allocation. Such a system offers optimized site layout alternatives for different construction phases. Table 1 summarizes some of the current and emerging research on the 4D simulation of site layout planning.

Table 1. Sample of the Application of 4D Simulation on Site Layout Plans

Year	Tools/Techniques	Features	Citation
2012	Critical Path Method, 3D model and BIM	Application of 4D/5D model for real-time management of activity execution workspace	(Chavada et al. 2012)
2011	SiteSim Editor (an interactive 4D tool for construction simulation)	Investigation potential constraints for construction simulation	(Marx and König 2011)
2005	3D model, schedule, work breakdown structure, resources and site spaces	Development a 4D simulation system for site layout and facilities placement	(Ma et al. 2005)
2005	3D model, schedule, resource stencil (including material, labor, site, and equipment), work breakdown structure	Implementation of a 4D site management model for site space utilization	(Chau et al. 2005)
2004	AutoCAD (3D model) and schedule	Developing an approach for layout of site facilities by integrating 3D model with scheduling data and resources	(Chau et al. 2004)
2003	AutoCAD (3D model), Unified Classification for the Construction Industry (UNICLASS), schedule	Formalizing a system to visualize construction space usage in a 4D environment	(Heesom et al. 2003)
2002	3D model, schedule, project spaces	Presenting a time-space conflict analysis formalism in a 4D environment in order to identify any time-space conflicts in the model prior to construction	(Akinci et al. 2002)

Temporary Facilities Layout



Site layout planning, unique for each project and depending on a large number of variables (Tam et al. 2002), resembles multi-objective problems. The biggest challenge to optimizing site layout planning is to account for various constraints such as the location of the project and facilities and the shape of the construction site. To provide a decision-aiding model for designing a site layout for such multi-criteria problems, Yeh (1995) proposed an annealed neural network; through two case studies, he found that site planning still requires human experience and that some required variables that are not easily predetermined. To optimize facilities placement on the site grid, Hegazy et al. (1999) formalized a site layout model by incorporating a genetic algorithm procedure. Their proposed model was comprised of horizontal, vertical, and rectangular locations as a reference for placing facilities. Although their model worked efficiently, an evaluation of the model identified several limitations. For example, if large and small facilities were not placed in a specific order, their proposed solution would be time consuming, or if small facilities were placed within a construction site, placing large facilities would be more challenging. Another major factor impacting site layout planning is the close relationship among facilities, which controls travel distances. The key components that interfere with the close relationship among facilities are work flow, information flow, safety, work spaces, and personal preferences (Lam et al. 2005). Also important is ensuring that the number of preplanned facility is less than the number of free existing locations (Lam et al. 2009). Lam et al. (2009) formalized a model through a combination of both the max-min ant system-genetic and genetic algorithms to optimize the ratio of predetermined facilities to free existing locations for construction site layout planning. Table 2 illustrates a summary of the previous research on facility layout optimization.


Table 2. Sample of the Previous Research on Facility Layout Optimization


Year	Tools/Techniques	Features	Citation
2006	VBA in AutoCAD, Microsoft Access	Presenting a CAD-based site layout model helping users to utilize their knowledge in designing site layouts	(Sadeghpour et al. 2006)
2009	Approximate dynamic programming	Formalizing a system to consider future effects of layout decisions made in early stages	(El-Rayes and Said 2009)
2011	Genetic algorithm system	Developing a system to optimize material procurements and storages within a project	(Said and El-Rayes 2010)
2012	-----	Proposing a floor-level construction material layout planning model to optimize the travel path with a site	(Park et al. 2011)
2012	Electimize algorithm	Modeling a framework to optimize travel path between material storages and facilities	(Abdel-Raheem and Khalafallah 2012)

19

2019/11/06
Minguk Kim

NEED FOR A RULE-BASED SITE LAYOUT CHECKING SYSTEM

After a general review of previous construction site layout planning research, this study highlights some construction site layout planning problems. One of the issues is the movement of resources and the close relationship among the facilities within a construction site (Hegazy and Elbeltagi 1999; Ning et al. 2010). The next issue is that site planners typically view site facilities as rectangular blocks for easier positioning in any location on construction sites (Sadeghpour et al. 2006). Such a view creates a challenge for unequal-area construction site layout planning (Ning et al. 2011). In addition, because materials are often wrongly placed in construction sites, their positioning (e.g., if materials are placed too far from the work area) is actually based on what planners guess to be a suitable location, so materials will probably be relocated several times. Thus, superintendents and site managers currently adhere to a first-come-first-serve system for placing their materials and facilities, which results in disorganized sites with safety issues (Sadeghpour et al. 2006; Tam and Tong 2003). Well-planned site layout planning minimizes travel time and effort spent on material handling  increases productivity and safety (Sadeghpour et al. 2006).

The planning and design phases provide a substantial opportunity for site planners to re-organize the layout and relocate facilities, material storage, parking areas, and offices within a project site. Current site layout planning approaches utilized for decision making in construction site layout planning are ineffective because they primarily focus on just one or a few site layout variables. Therefore, applying an automated real-time rule-based checker to design a construction site layout in a 3D-BIM enables managers to check a site layout plan against some pre-defined rules and to ensure minimal conflicts with the design prior to construction. However, because such rules and regulations for site layout planning have not been formulated, all parties involved in a construction project must make decisions based on their experience. Unfortunately, their decisions are usually incomplete, and given the complexity of the construction site, poor decisions will lead to an inefficient,  conflict-ridden and unsafe site layout.

21

Minguk Kim

Before making a decision, a site planner should consider various constraints in designing a site layout, such as site boundary constraints, physical overlap constraints between facilities placement, max/min distance constraints between facilities, and zone constraints for facilities placement and construction activities zone (El-Rayes and Said 2009). To develop a site layout rule-based checking system, the site layout constraints will be investigated. To implement constraints in designs, a computer-based model checker helps with automatically code compliance checking and enable designers to check the precision and correctness of their designs. A rule-based checking system refers to software assessing a design based on the configuration of objects, not modifying a design (Eastman et al. 2009). The rule-based systems assist users to apply rules and constraints to their models with “pass” and “fail” results (Eastman et al. 2009). To check a site layout design against pre-defined site layout rules, a rule-based checking system will apply the rules within a BIM model and provide solutions based on the pre-defined site layout rules. The process of rule checking consists of four major stages (Eastman et al. 2009):

22

2019/11/06
Minguk Kim

1. Rule interpretation phase: building design rules are in human language formats and they need to be interpreted into a machine processable format.
2. Building model preparation phase: the type of rule checking for a building model must be defined to effectively provide the essential rule checking information.
3. Rule execution phase: designers implement their target model with applied rule checking simultaneously.
4. Results reporting phase: reports of the rule checking shows whether the design conditions are satisfactory or failed.

These four steps of the rule checking approach are major keys to develop a site plan rule-based checker on BIM programs. To date, the existing BIM design tools do not provide model checking functions for site layouts, thus developing an application or plug-in on BIM platforms could be beneficial. Such a system would enable construction managers or site planners to assess their models against the defined site layout rules in real time; however, exchanging data between various BIM platforms is challenging. The industry foundation classes (IFC) is the only neutral model for describing a building model for rule checking, which helps to solve the issue of exchanging data (Liebich et al. 2006). The IFC is an object-oriented database management system (Faraj et al. 2000) and an independent design tool and a neutral data model representation accepting most BIM design models (Eastman et al. 2009).

A rule-based checking system reviews site layout designs in BIM-3D designs and interactively or automatically suggests solutions to comply with site layout principles. Such a system enables designers or site planners in their decision making process to design construction site layouts. They will be able to check and concentrate on the requirements of a site layout design and use the provided report by rule-based checking system to improve their developed site layout designs. The rule checking process of a site layout checker entails the following rules:

1. Rule interpretation phase: first, a comprehensive site layout rules is needed to be developed and then since the rules are not computer-understandable statements, they should be translated from human language to machine processable format.
2. Building model preparation phase: Users define a set of construction objects and locating constraints. Users should prepare designs to ensure if objects type and properties are correctly assigned. In addition, to implement a correct translation and testing, the site layout rules must be correctly encoded in IFC by the software developers; however, the current IFC documents has a limited set of site layout entities.
3. Rule execution phase: Prior to applying rule checking, users should make sure that required data for rule checking is available from BIM models (Eastman et al. 2009). To check the accuracy and correctness of BIM models, the rule-based checking system implements the machine-readable code against site layout models.
4. Results reporting phase: the rule checking system generates reports including solutions to improve the site layout design. The report can be displayed in graphical or text format. The rule checker system results pass, if design conditions are satisfactory; otherwise, the result is fail.

Such a system results in a more effective decision making process and enables project teams to easily find the issues of site layout designs earlier in the process. It

23

2019/11/06
Minguk Kim

also decreases the number of relocations of facilities and materials as well as the distance for handling materials.

To better understand the application of a rule-based checking system within a construction project, a process modeling notation is developed using business process modeling notation (BPMN). The BPMN standardizes a business process model and consists of activity nodes, control nodes, and gateways as basic flow elements (Dijkman et al. 2008; OMG 2008). The BPMN enables various parties to convey specialized information and allows to link any new concept of artifacts to the current process through associations, so new artifacts do not affect the basic sequence (OMG 2008; OMG 2008).

Figure 2 illustrates the integration of a site layout rule-based checking system within a construction project. The BPMN diagram illustrates the integration of a rule-based checking system in construction process and the interaction and information exchanges among various parties. First, in the construction preparation phase (31-40 20 00), a site manager investigates a project site's conditions and constraints and sends a status report to a site designer. Then the site designer prepares the model for the rule-based checking system and integrates designs provided by project designers with the project schedule to ensure a timely site layout design. In the next step, the site designer checks the correctness of the developed site layout model by the site layout rule-based checking system. The site designer should repeat this process until the site layout model satisfies the pre-defined rules. In the next step, in the construction phase (31-40 40 00), the site designer sends the 4D site layout models to the site manager for implementation. The site manager always should control and monitor the project status and report any changes, which impacts the 4D site layout models, to the site designer. The site designer will modify the designs and check whether new design conditions are satisfactory in terms of the site layout rules or not. Afterwards, the site designer will send the modified designs to the site manager for execution.

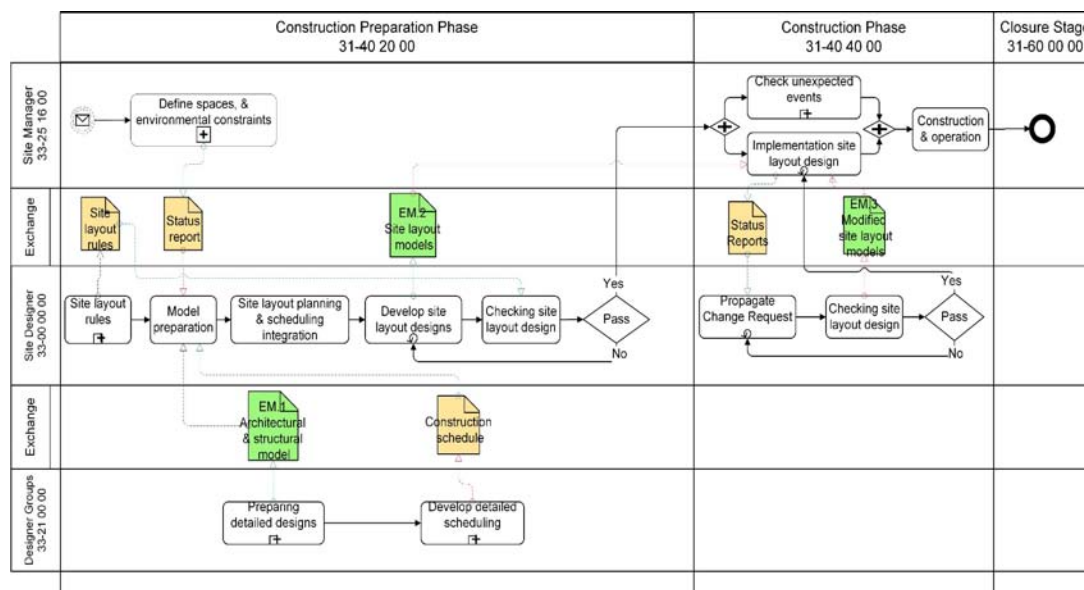


Figure 2. A process model for application of the site layout rule-based checker

CONCLUSION



This research highlighted the importance of a rule-based checking system for site layout designs. As discussed in this paper, the accuracy and correctness of a site layout model can be automatically checked to ensure designing an optimized site layout. Such a model checker assists site planners in designing an optimized site layout by enabling them to easily check their designs against site layout rules and considering the future implications of site layout decisions made in the early stages of a project.

To develop a site layout rule-based checking system, first, several issues should be addressed. For example, since the current IFC documents have a limited set of site layout entities, it's not easy to encode the site layout rules in IFC and this lack makes it more challenging to develop such a comprehensive site layout rule-based checking system. The next phase of this study is to investigate the essential rules and constraints for designing an optimum construction site layout.

REFERENCES

- Abdel-Raheem, M., and Khalafallah, A. "Application of Electimize in Solving the Construction Site Layout Planning Optimization Problem." *Proc., Construction Research Congress 2012@ sConstruction Challenges in a Flat World*, ASCE, 1124-1134.
- Akinci, B., Fischen, M., Levitt, R., and Carlson, R. (2002). "Formalization and automation of time-space conflict analysis." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 16(2), 124-134.
- Akinci, B., and Fischer, M. "4D Workplanner—A Prototype System for Automated Generation of Construction Spaces and Analysis of Time - Space Conflicts." ASCE.
- Akinci, B., Soibelman, L., and East, E. W. "Evaluation of localization algorithms for WLAN-based tracking to support facility management field activities." *Proc., Proceedings of the CIB W78 2010: 27th International Conference*.
- Chau, K., Anson, M., and Zhang, J. (2004). "Four-dimensional visualization of construction scheduling and site utilization." *Journal of construction engineering and management*, 130(4), 598-606.
- Chau, K., Anson, M., and Zhang, J. (2005). "4D dynamic construction management and visualization software: 1. Development." *Automation in Construction*, 14(4), 512-524.
- Chavada, R., Dawood, N., and Kassem, M. (2012). "Construction workspace management: the development and application of a novel nD planning approach and tool."
- Dijkman, R. M., Dumas, M., and Ouyang, C. (2008). "Semantics and analysis of business process models in BPMN." *Information and Software Technology*, 50(12), 1281-1294.
- Eastman, C., Lee, J., Jeong, Y., and Lee, J. (2009). "Automatic rule-based checking of building designs." *Automation in Construction*, 18(8), 1011-1033.
- El-Rayes, K., and Said, H. (2009). "Dynamic site layout planning using approximate dynamic programming." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 23(2), 119-127.
- Elbeltagi, E., Hegazy, T., Hosny, A. H., and Eldosouky, A. (2001). "Schedule-dependent evolution of site layout planning." *Construction Management & Economics*, 19(7), 689-697.

- Faraj, I., Alshawhi, M., Aouad, G., Child, T., and Underwood, J. (2000). "An industry foundation classes Web-based collaborative construction computer environment: WISPER." *Automation in Construction*, 10(1), 79-99.
- Heesom, D., Mahdjoubi, L., and Proverds, D. "A dynamic VR system for visualizing construction space usage." *Proc., Proc., Construction Research Congress*.
- Hegazy, T., and Elbeltagi, E. (1999). "EVOSITE: Evolution-based model for site layout planning." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 13 (3), 198–206.
- Lam, K.-C., Ning, X., and Lam, M. C.-K. (2009). "Conjoining MMAS to GA to solve construction site layout planning problem." *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(10), 1049-1057.
- Lam, K., Tang, C., and Lee, W. (2005). "Application of the entropy technique and genetic algorithms to construction site layout planning of medium - size projects." *Construction Management and Economics*, 23(2), 127-145.
- Liebich, T., Adachi, Y., Forester, J., Hyvarinen, J., Karstila, K., and Wix, J. (2006). "Industry Foundation Classes IFC2×3 International Alliance for Interoperability."
- Ma, Z., Shen, Q., and Zhang, J. (2005). "Application of 4D for dynamic site layout and management of construction projects." *Automation in construction*, 14(3), 369-381.
- Marx, A., and König, M. "Preparation of Constraints for Construction Simulation." *Proc., Proceedings of the 2011 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering, Miami, USA*.
- Ning, X., Lam, K.-C., and Lam, M. C.-K. (2010). "Dynamic construction site layout planning using max-min ant system." *Automation in Construction*, 19(1), 55-65.
- Ning, X., Lam, K.-C., and Lam, M. C.-K. (2011). "A decision-making system for construction site layout planning." *Automation in Construction*, 20, 459–473.
- OMG (2008). "Business Process Modeling Notation (BPMN) Version 1.1. OMG Final Adopted Specification, ObjectManagement Group."
- Park, M., Yang, Y., Lee, H.-S., Han, S., and Ji, S.-h. (2011). "Floor-Level Construction Material Layout Planning Model Considering Actual Travel Path." *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(7), 905-915.
- Pheng, L. S., and Hui, M. S. (1999). "The application of JIT philosophy to construction: a case study in site layout." *Construction Management & Economics*, 17(5), 657-668.
- Sadeghpour, F., Moselhi, O., and Alkass, S. T. (2006). "Computer-aided site layout planning." *Journal of Construction Engineering Management*, 132 (2), 143–151.
- Said, H., and El-Rayes, K. (2010). "Optimizing material procurement and storage on construction sites." *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(6), 421-431.
- Sulankivi, K., Makela, T., and Kiviniemi, M. "BIM-based site layout and safety planning." *Proc., Proceedings of the First International Conference on Improving Construction and Use through Integrated Design Solutions*, 125-140.
- Tam, C., Tong, T. K., Leung, A. W., and Chiu, G. W. (2002). "Site layout planning using nonstructural fuzzy decision support system." *Journal of construction engineering and management*, 128(3), 220-231.
- Tam, C., and Tong, T. K. L. (2003). "GA-ANN model for optimizing the locations of tower crane and supply points for high-rise public housing construction." *Construction Management and Economics*, 21(3), 257-266.
- Yeh, I. C. (1995). "Construction-site layout using annealed neural network." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 9(3), 201-208.
- Zhang, J., and Li, D. "Research on 4D virtual construction and dynamic management system based on BIM." *Proc., Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, ICCBE*.

Current Trends in Construction Site Layout Planning

ASCE

01 Minguk Kim

Page 1

6/11/2019 0:35

현장 직원 또는 건설 근로자는 대부분의 건설 시간을 건설 현장 내에서 보냅니다. 건설 작업자가 현장 내에서 쉽고 빠르게 이동할 수 있으면 시간을 절약하고 생산성과 안전성을 향상시킬 수 있습니다. 프로젝트의 비용, 안전 및 생산성 최적화는 종종 건설 현장 레이아웃의 최적 계획에 의존합니다. 그러나 각 건설 프로젝트마다 고유 한 사이트 레이아웃 계획은 작업 영역 및 시설 위치와 같은 많은 변수에 따라 다릅니다. 작업장 사용을 최적화하고 건설 충돌을 최소화하려면 프로젝트 참여자는 각 건설 프로젝트에 수반되는 제약 조건을 고려해야 합니다. 현재 최적화 된 시공 현장 레이아웃의 개념은 명확하게 정의되어 있지 않으므로 실무자는 시공 현장 레이아웃을 관리하는 지침이나 정책을 지정하지 않았습니다. 따라서 본 백서의 목적은 현장 배치 계획에 대한 현재 관행을 평가하고 건설 현장 배치 평가에 대한 규칙 기반 접근법의 필요성을 강조하는 것입니다. 이 백서에 제시된 결과는 건설 회사에 규칙 기반 시스템이 사이트 레이아웃 계획에서 중요한 이유를 더 잘 이해할 수 있도록 합니다.

02 Minguk Kim

Page 1

6/11/2019 0:35

건설 프로젝트 공간 내에 재료, 시설 및 장비를 배치하는 것을 "현장 레이아웃 계획"(Pheng and Hui 1999)이라고 합니다. 부지 배치는 건물, 주차 및 보관 공간, 진입로 및 임시 시설 위치로 구성됩니다 (Marx and König 2011). 최적화 된 부지 배치 계획은 가용 공간의 최적 사용, 프로젝트 비용 절감, 건설 중 자재 재배치 감소, 부지 접근성 및 보안 강화, 작업 환경의 안전성을 보장합니다. 최적의 시공 현장 배치를 개발하기 위해 시공 관리자는 다양한 요소를 고려하며, 그 중 많은 요인이 현장 배치 계획을 방해합니다. 변수에 따라 각 프로젝트에는 고유 한 사이트 레이아웃 계획이 있습니다 (Tam et al. 2002). 사이트 물류와 관련하여 결정을 내리는 사이트 레이아웃 계획의 첫 번째이자 가장 중요한 변수는 사이트의 실제 크기와 위치입니다. 사이트 레이아웃에 영향을 미치는 중요한 변수 목록이 그림 1에 나와 있습니다.

각 프로젝트에는 고유 한 변수 세트가 필요하므로 사이트 레이아웃 계획은 건설 단계마다 다른 다목적 작업입니다. 따라서, 사이트 레이아웃 계획은 사이트의 3 차원 (3D) 모델에서 역동적인 활동이어야 합니다 (Ma et al. 2005). 즉, 3D 기반 사이트 레이아웃 계획은 여러 단계에서 동적 건설 사이트 레이아웃의 계획을 용이하게 할 수 있습니다. 사이트 레이아웃 공간을보다 잘 시각화하기 위해 사이트 관리자는 BIM (Building Information Model)을 사용할 수 있습니다. 또한 BIM은 크레인 이동 또는 임시 시설 배치로 인한 잠재적 안전 위험을 식별하고 (Sulankivi et al. 2009) 기존 제약 조건을 시뮬레이션 할 수 있습니다. BIM 기반 모델에서 기존 사이트 레이아웃 구속 조건을 제어하고 사이트 레이아웃 계획을 나타내려면 크레인, 재료 저장 및 주차 공간과 같은 3D 사이트 계획 객체를 작성해야 합니다. 또한 개발 된 계획의 정확성을 확인하려면 보안, 작업자 순환 및 조명과 같은 상황을 평가하는 규칙 기반 검사기가 생성되어야 합니다. 최신 기술을 검토 한 결과, 사이트 레이아웃 디자인을 위한 규칙 기반 검사 시스템에 대한 제한된 연구가 진행되고 있음을 알 수 있습니다. 따라서 이 백서의 목적은 사이트 레이아웃 계획의 현재 및 최신 트렌드에 대한 개요를 제공하고 규칙 기반 사이트 레이아웃 확인 시스템의 필요성을 강조하는 것입니다. 먼저 이 백서에서는 사이트 레이아웃 계획을 위해 이전에 개발 된 접근 방식을 조사한 후 향후 사이트 레이아웃 계획 동향을 살펴 봅니다.

6/11/2019 0:35

27/9/2019 0:32

6/11/2019 0:35

건설 현장 내에서 임시 시설 및 재료 보관 장소의 배치뿐만 아니라 작업자 및 기계 이동 경로에 대한 많은 연구가 이루어졌습니다. 다음 섹션에서는 이 백서에서 사이트 레이아웃 도메인을 최적화하기 위한 몇 가지 노력에 대해 설명합니다.

4D 시뮬레이션 사이트 레이아웃

시공 과정은 역동적이므로 일상적인 변화가 예상됩니다. 따라서 정적 모델에서 적절하고 최적의 사이트 레이아웃 계획을 예상하는 것은 쉽지 않습니다. 예를 들어, 굴삭기가 트렌치를 파서 현장 유틸리티를 설치하는 경우, 트렌치를 파는 모든 위치는 건설 현장에서 진행 중인 작업을 방해 할 수 있는 잠재적 위치입니다. 더욱이, 트렌치는 도로, 접근 점, 누워있는 영역, 또는 다른 트렌치를 가로지를 수 있다. 이러한 상황이 발생하지 않도록 프로젝트 관리자는 여러 유틸리티가 임시 / 영구 도로, 인도, 건물, 출입구, 자재 배치 구역 및 크레인 위치와 교차하는 구역에 특별한주의를 기울여야 합니다. 그러나 4D 모델을 사용하면 프로젝트 관리자가 작업 공간을 명확하고 역동적으로 볼 수 있습니다. 많은 연구원들이 프로젝트 관리자에게 동적 건설 현장을보다 효율적이고 효과적으로 시각화 할 수 있는 4D 시뮬레이션 모델을 개발했습니다. 효과적인 4D 모델에는 다음이 포함됩니다.

? 미래의 건물

? 사이트 경계 내부 또는 외부에서 프로젝트에 영향을 미치는 도로 및 인프라

? 향후 발굴을 방해 할 새로운 진입로, 인도 및 건물 입구

? 보안 펜싱, 크레인 패드 및 접근 도로와 같은 임시 인프라

? 신규 및 기존 지하 유틸리티

? 임시 시설 위치

건설 활동을 위한 공간 할당 프로세스는 시간과 비용이 많이 소요됩니다. 시공간 충돌은 시공성 문제 또는 시공 프로세스의 지연과 같은 다양한 문제를 만듭니다. 건설 활동에 필요한 공간을 지정하고 시공간 충돌을 관리하기 위해 Akinci et al. (2000)은 4D WorkPlanner를 나타내며, 먼저 지정된 작업 영역 내에서 충돌을 감지 한 다음 감지 된 시간 공간 충돌을 집계합니다. 다음 단계에서는 충돌을 설계 및 안전 충돌과 같은 다양한 범주로 분류 한 다음 심각도에 따라 분류합니다. 이러한 시스템을 통해 프로젝트 관리자는 건설 현장에서 잠재적 인 공간 충돌을 예상하고 건설 프로젝트를 시작하기 전에 솔루션을 제공 할 수 있습니다. 또한, 작업 요청 장소를 찾는 프로세스를 단순화하기 위해 Taneja et al. (2010)은 지문 알고리즘을 통해 WLAN 기반 지역화 프레임 워크를 모델링했습니다. 제안 된 프레임 워크는 사용자 위치를 지역화하고 예측하는 데 더 정확한 가치를 제공했습니다. 건설 활동의 작업 공간을 실시간으로 관리하기 위해 Chavada et al. (2012)는 프로젝트 일정을 시공 모델의 BIM 데이터와 통합하여 4D / 5D 모델을 설정했습니다. 마찬가지로, Ma et al. (2005)는 동적 사이트 레이아웃 계획을 위한 4D 그래픽 시각화를 개발하기 위해 4D CAD (Computer-Aided Drawings)와 일정, 3D 모델, 리소스 및 사이트 공간을 통합했습니다. 이러한 시스템은 2D 도면과 비교하여 사이트 레이아웃 계획을보다 잘 시각화 할 수 있지만 데이터 교환 표준의 기능 부족으로 인해 사용자가 다른 4D 시스템과 데이터를 공유 할 수는 없습니다 (Ma et al. 2005).

06

Minguk Kim

Page 3

27/9/2019 0:32

07

Minguk Kim

Page 3

6/11/2019 0:35

08

Minguk Kim

Page 3

6/11/2019 0:35

이러한 시스템은 2D 도면과 비교하여 사이트 레이아웃 계획을보다 잘 시각화 할 수 있지만 데이터 교환 표준의 기능 부족으로 인해 사용자가 다른 4D 시스템과 데이터를 공유 할 수는 없습니다 (Ma et al. 2005).

09

Minguk Kim

Page 3

6/11/2019 0:35

10

Minguk Kim

Page 3

6/11/2019 0:35

차우는 등. (2005)는 수많은 현재 4D 접근 방식이 자원 관리 및 데이터 교환과 같은 제약의 일부 측면이 없음을 발견했습니다. 따라서 건설 계획을위한보다 포괄적 인 시스템을 제공하기 위해 작업 분석 구조, 3D 모델, 일정, 리소스 및 의사 결정 지원 도구를 통합했습니다. Marx와 König (2011)는 시공 방법을 제공하는 데 필요한 시공 방법, 건축 및 시공 부지 배치 및 자재 이동과 같은 필수 구속 조건을 식별했습니다. 구성 시뮬레이션은 현재 일정의 효과적인 관리 또는 새로운 일정 생성을 용이하게합니다. 그러나 계획된 레이아웃을 시뮬레이션하면서 변경 사항을 적용하는 기능과 같은 일부 제한 사항이 있습니다 (Marx and König 2011; Zhang 및 Li 2010).

11

Minguk Kim

Page 3

6/11/2019 0:35

건설 계획을위한보다 포괄적인 시스템을 제공하기 위해 작업 분석 구조, 3D 모델, 일정, 리소스 및 의사 결정 지원 도구를 통합했습니다.

12

Minguk Kim

Page 3

6/11/2019 0:35

13

Minguk Kim

Page 3

6/11/2019 0:35

Marx와 König (2011)는 시공 방법을 제공하는 데 필요한 시공 방법, 건축 및 시공 부지 배치 및 자재 이동과 같은 필수 구속 조건을 식별했습니다.

6/11/2019 0:35

6/11/2019 0:35

지난 수십 년 동안 많은 연구원들이 사이트 레이아웃 계획의 4D 시뮬레이션에서 정보 기술의 잠재적 인 사용에 초점을 맞추었습니다. 인공 지능 (AI) (Elbeltagi et al. 2001), 가상 현실 (VR) (Heesom et al. 2003) 및 빌딩 정보 모델링 (BIM)과 같은 디지털 기술 (Chau et al. 2005; Chavada et al. 2012; Ma et al. 2005)는 건설 현장 배치 계획을 최적화하기 위해 광범위하게 적용될 수 있습니다. 예를 들어, 인공 지능 도구를 결합함으로써 Elbeltagi et al. (2001)은 사이트 공간 할당 일정에 따라 시스템을 모델링했습니다. 이러한 시스템은 다양한 시공 단계에 최적화 된 현장 레이아웃 대안을 제공합니다. 표 1은 사이트 레이아웃 계획의 4D 시뮬레이션에 대한 현재 및 최근 연구 결과를 요약 한 것입니다.

6/11/2019 0:35

인공 지능 (AI) (Elbeltagi et al. 2001), 가상 현실 (VR) (Heesom et al. 2003) 및 빌딩 정보 모델링 (BIM)과 같은 디지털 기술 (Chau et al. 2005; Chavada et al. 2012; Ma et al. 2005)는 건설 현장 배치 계획을 최적화하기 위해 광범위하게 적용될 수 있습니다.

6/11/2019 0:35

6/11/2019 0:35

임시 시설 레이아웃

각 프로젝트마다 고유하고 많은 변수에 따라 사이트 레이아웃 계획 (Tam et al. 2002)은 다목적 문제와 유사합니다. 부지 배치 계획을 최적화하기위한 가장 큰 과제는 프로젝트 및 시설의 위치 및 건설 부지의 형태와 같은 다양한 제약 조건을 설명하는 것입니다. 이러한 다중 기준 문제에 대한 사이트 레이아웃을 설계하기위한 의사 결정 지원 모델을 제공하기 위해 Yeh (1995)는 소둔 된 신경망을 제안했다. 그는 두 가지 사례 연구를 통해 현장 계획에는 여전히 인간의 경험이 필요하고 쉽게 미리 결정되지 않은 일부 필수 변수가 있음을 발견했습니다. 사이트 그리드에서 시설 배치를 최적화하기 위해 Hegazy et al. (1999)는 유전자 알고리즘 절차를 통합하여 사이트 레이아웃 모델을 공식화했습니다. 제안 된 모델은 시설 배치를위한 기준으로 수평, 수직 및 직사각형 위치로 구성되었습니다. 모델이 효율적으로 작동했지만 모델을 평가하면 몇 가지 제한 사항이 확인되었습니다. 예를 들어, 크고 작은 시설이 특정 순서로 배치되지 않은 경우 제안 된 솔루션에 시간이 오래 걸리거나 소규모 시설이 건설 현장에 배치 된 경우 큰 시설을 배치하는 것이 더 어려울 수 있습니다. 현장 배치 계획에 영향을 미치는 또 다른 주요 요인은 이동 거리를 제어하는 시설 간의 밀접한 관계입니다. 시설 간의 밀접한 관계를 방해하는 주요 구성 요소는 작업 흐름, 정보 흐름, 안전, 작업 공간 및 개인 취향입니다 (Lam et al. 2005). 또한 사전 계획된 시설의 수는 기존의 무료 장소 수보다 적어야합니다 (Lam et al. 2009). Lam et al. (2009)은 건설 현장 레이아웃 계획을 위해 기존 시설이없는 기존 시설의 비율을 최적화하기 위해 최대 최소 시스템 유전 및 유전자 알고리즘을 결합하여 모델을 공식화했다. 표 2는 시설 배치 최적화에 대한 이전 연구의 요약을 보여줍니다.

6/11/2019 0:35

규칙 기반 사이트 레이아웃 체킹 시스템 필요

이전 건설 현장 배치 계획 연구에 대한 일반적인 검토 후이 연구는 일부 건설 현장 배치 계획 문제를 강조합니다. 문제 중 하나는 자원 이동과 건설 현장 내 시설 간의 밀접한 관계입니다 (Hegazy and Elbeltagi 1999; Ning et al. 2010). 다음 문제는 부지 계획자가 일반적으로 부지 시설을 건설 현장의 어느 위치에서나 쉽게 배치 할 수 있도록 직사각형 블록으로 보는 것입니다 (Sadeghpour et al. 2006). 이러한 관점은 불균등 한 지역 건설 현장 배치 계획에 대한 도전을 만듭니다 (Ning et al. 2011). 또한 재료가 종종 건설 현장에 잘못 배치되기 때문에 위치 (예 : 재료가 작업 영역에서 너무 멀리 배치 된 경우)는 실제로 플래너가 적절한 위치로 추측 한 것을 기반으로하므로 재료가 여러 번 재배치 될 수 있습니다. . 따라서, 교육감과 부지 관리자는 현재 재료와 시설을 배치하기 위해 선착순 시스템을 고수하여 안전 문제가있는 부지가 제거되었습니다 (Sadeghpour et al. 2006; Tam and Tong 2003). 잘 계획된 현장 배치 계획은 자재 취급에 소요되는 이동 시간과 노력을 최소화하고 생산성과 안전성을 높입니다 (Sadeghpour et al. 2006).

계획 및 설계 단계는 사이트 플래너가 레이아웃을 재구성하고 프로젝트 사이트 내에서 시설, 자재 보관소, 주차장 및 사무실을 재배치 할 수있는 실질적인 기회를 제공합니다. 건설 현장 레이아웃 계획에서 의사 결정에 사용되는 현재 사이트 레이아웃 계획 방법은 주로 하나 또는 몇 개의 사이트 레이아웃 변수에 중점을두기 때문에 효과적이지 않습니다. 따라서 3D-BIM에서 건설 현장 레이아웃을 설계하기 위해 자동화 된 실시간 규칙 기반 검사기를 적용하면 관리자가 사전 정의 된 규칙과 비교하여 현장 레이아웃 계획을 확인하고 시공 전에 설계와의 충돌을 최소화 할 수 있습니다. 그러나 현장 배치 계획에 대한 이러한 규칙과 규정은 공식화되지 않았으므로 건설 프로젝트에 관련된 모든 당사자는 자신의 경험에 따라 결정을 내려야합니다. 불행히도, 그들의 결정은 일반적으로 불완전하며 건설 현장의 복잡성을 고려할 때 잘못된 결정은 비효율적이며 갈등을 유발하며 안전하지 않은 사이트 레이아웃으로 이어질 것입니다.

사이트 플래너는 결정을 내리기 전에 사이트 경계 설계, 시설 배치 간 물리적 중첩 제약, 시설 간 최대 / 최소 거리 제약, 시설 배치 및 건설 활동 구역에 대한 구역 제약과 같은 현장 레이아웃 설계시 다양한 제약을 고려해야 합니다 (El-Rayes and Said 2009). 사이트 레이아웃 규칙 기반 검사 시스템을 개발하기 위해 사이트 레이아웃 제약 조건을 조사합니다. 설계에 제약 조건을 구현하기 위해 컴퓨터 기반 모델 검사기는 컴플라이언스 검사를 자동으로 코딩하고 설계자가 설계의 정확성과 정확성을 확인할 수 있도록 합니다. 규칙 기반 검사 시스템은 디자인을 수정하지 않고 객체 구성을 기반으로 디자인을 평가하는 소프트웨어를 말합니다 (Eastman et al. 2009). 규칙 기반 시스템은 사용자가 "통과"및 "실패"결과로 규칙과 구속 조건을 모델에 적용하도록 지원합니다 (Eastman et al. 2009). 사전 정의 된 사이트 레이아웃 규칙과 비교하여 사이트 레이아웃 디자인을 확인하기 위해 규칙 기반 검사 시스템은 BIM 모델 내에서 규칙을 적용하고 사전 정의 된 사이트 레이아웃 규칙을 기반으로 솔루션을 제공합니다. 규칙 확인 프로세스는 4 가지 주요 단계로 구성됩니다 (Eastman et al. 2009).

31/10/2019 15:53

계획 및 설계 단계는 사이트 플래너가 레이아웃을 재구성하고 프로젝트 사이트 내에서 시설, 자재 보관소, 주차장 및 사무실을 재배치 할 수 있는 실질적인 기회를 제공합니다. 건설 현장 레이아웃 계획에서 의사 결정에 사용되는 현재 사이트 레이아웃 계획 방법은 주로 하나 또는 몇 개의 사이트 레이아웃 변수에 중점을두기 때문에 효과적이지 않습니다.

따라서 3D-BIM에서 건설 현장 레이아웃을 설계하기 위해 자동화 된 실시간 규칙 기반 검사기를 적용하면 관리자가 사전 정의 된 규칙과 비교하여 현장 레이아웃 계획을 확인하고 시공 전에 설계와의 충돌을 최소화 할 수 있습니다.

그러나 현장 배치 계획에 대한 이러한 규칙과 규정은 공식화되지 않았으므로 건설 프로젝트에 관련된 모든 당사자는 자신의 경험에 따라 결정을 내려야합니다.

불행히도, 그들의 결정은 일반적으로 불완전하며 건설 현장의 복잡성을 고려할 때 잘못된 결정은 비효율적이며 갈등을 유발하며 안전하지 않은 사이트 레이아웃으로 이어질 것입니다.

31/10/2019 15:53

6/11/2019 0:35

1. 규칙 해석 단계 : 건물 설계 규칙은 인간 언어 형식이며 기계 처리 가능한 형식으로 해석해야 합니다.
2. 건물 모델 준비 단계 : 필수 규칙 확인 정보를 효과적으로 제공하려면 건물 모델에 대한 규칙 확인 유형을 정의해야 합니다.
3. 규칙 실행 단계 : 설계자는 규칙 검사를 동시에 적용하여 대상 모델을 구현합니다.
4. 결과보고 단계 : 규칙 검사 보고서는 설계 조건이 만족스러운지 여부를 보여줍니다.

규칙 검사 방식의 네 단계는 BIM 프로그램에 대한 사이트 계획 규칙 기반 검사기를 개발하는 데 중요한 열쇠입니다. 현재까지 기존 BIM 설계 도구는 사이트 레이아웃에 대한 모델 검사 기능을 제공하지 않으므로 BIM 플랫폼에서 응용 프로그램 또는 플러그인을 개발하는 것이 유리할 수 있습니다. 이러한 시스템을 통해 건설 관리자 또는 현장 계획자는 정의 된 현장 배치 규칙에 따라 실시간으로 모델을 평가할 수 있습니다. 그러나 다양한 BIM 플랫폼간에 데이터를 교환하는 것은 쉽지 않습니다. IFC (Industry Foundation Class)는 규칙 교환을 위한 건물 모델을 설명하는 유일한 중립적 모델로, 데이터 교환 문제를 해결하는 데 도움이 됩니다 (Liebich et al. 2006). IFC는 객체 지향 데이터베이스 관리 시스템 (Faraj et al. 2000)이며 독립적인 디자인 툴이며 대부분의 BIM 디자인 모델을 수용하는 중립 데이터 모델 표현입니다 (Eastman et al. 2009).

6/11/2019 0:35

규칙 기반 검사 시스템은 BIM-3D 디자인에서 사이트 레이아웃 디자인을 검토하고 사이트 레이아웃 원칙을 준수하는 솔루션을 대화식 또는 자동으로 제안합니다. 이러한 시스템을 통해 의사 결정 과정에서 설계 자나 사이트 플래너는 건설 사이트 레이아웃을 디자인 할 수 있습니다. 또한 사이트 레이아웃 디자인의 요구 사항을 확인하고 집중할 수 있으며 규칙 기반 검사 시스템으로 제공된 보고서를 사용하여 개발 된 사이트 레이아웃 디자인을 개선 할 수 있습니다. 사이트 레이아웃 검사기의 규칙 확인 프로세스에는 다음 규칙이 포함됩니다.

1. 규칙 해석 단계 : 먼저 포괄적 인 사이트 레이아웃 규칙을 개발해야 합니다. 그런 다음 규칙은 컴퓨터가 이해할 수 없는 설명이 아니므로 사람 언어에서 기계로 처리 가능한 형식으로 변환해야 합니다.
2. 건물 모델 준비 단계 : 사용자는 일련의 구성 객체 및 위치 구속 조건을 정의합니다. 사용자는 객체 유형과 속성이 올바르게 할당되도록 디자인을 준비해야 합니다. 또한 올바른 번역 및 테스트를 구현하려면 소프트웨어 개발자가 사이트 레이아웃 규칙을 IFC로 올바르게 인코딩해야 합니다. 그러나 현재 IFC 문서에는 제한된 사이트 레이아웃 엔티티 세트가 있습니다.
3. 규칙 실행 단계 : 규칙 확인을 적용하기 전에 사용자는 규칙 확인에 필요한 데이터가 BIM 모델에서 제공되는지 확인해야 합니다 (Eastman et al. 2009). BIM 모델의 정확성과 정확성을 확인하기 위해 규칙 기반 검사 시스템은 사이트 레이아웃 모델에 대해 기계 판독 가능 코드를 구현합니다.
4. 결과보고 단계 : 규칙 확인 시스템은 사이트 레이아웃 디자인을 개선하기 위한 솔루션을 포함한 보고서를 생성합니다. 보고서는 그래픽 또는 텍스트 형식으로 표시 될 수 있습니다. 설계 조건이 만족스러운 경우 규칙 검사기 시스템 결과가 전달됩니다. 그렇지 않으면 결과가 실패합니다.

이러한 시스템은보다 효과적인 의사 결정 프로세스를 제공하며 프로젝트 팀은 프로세스 초기에 사이트 레이아웃 디자인 문제를 쉽게 찾을 수 있습니다. 또한 시설 및 자재의 재배치 횟수와 자재 취급 거리를 줄입니다.

건설 프로젝트 내 규칙 기반 검사 시스템의 적용을보다 잘 이해하기 위해 BPMN (Business Process Modeling Notation)을 사용하여 프로세스 모델링 표기법을 개발합니다. BPMN은 비즈니스 프로세스 모델을 표준화하고 기본 흐름 요소로서 활동 노드, 제어 노드 및 게이트웨이로 구성됩니다 (Dijkman et al. 2008; OMG 2008). BPMN을 사용하면 다양한 당사자가 특수 정보를 전달하고 새로운 아티팩트 개념을 연관을 통해 현재 프로세스에 연결할 수 있으므로 새로운 아티팩트는 기본 시퀀스에 영향을 미치지 않습니다 (OMG 2008OMG 2008).

그림 2는 사이트 레이아웃 규칙 기반 검사 시스템의 통합을 보여줍니다.

건설 프로젝트 내에서, BPMN 다이어그램은 구성 프로세스에서 규칙 기반 검사 시스템의 통합과 다양한 당사자 간의 상호 작용 및 정보 교환을 보여줍니다. 먼저, 건설 준비 단계 (31-40 4000)에서 사이트 관리자는 프로젝트 사이트의 조건 및 제약 조건을 조사하고 사이트 디자이너에게 상태 보고서를 보냅니다. 그런 다음 사이트 디자이너는 규칙 기반 검사 시스템에 대한 모델을 준비하고 프로젝트 디자이너가 제공 한 디자인을 프로젝트 일정과 통합하여시기 적절한 사이트 레이아웃 디자인을 보장합니다. 다음 단계에서 사이트 디자이너는 사이트 레이아웃 규칙 기반 검사 시스템을 통해 개발 된 사이트 레이아웃 모델의 정확성을 확인합니다. 사이트 디자이너는 사이트 레이아웃 모델이 미리 정의 된 규칙을 충족 할 때까지이 프로세스를 반복해야 합니다. 다음 단계에서 구성 단계 (31-40 40 00)에서 사이트 디자이너는 구현을 위해 4D 사이트 레이아웃 모델을 사이트 관리자에게 보냅니다. 사이트 관리자는 항상 프로젝트 상태를 제어 및 모니터링하고 4D 사이트 레이아웃 모델에 영향을 미치는 변경 사항을 사이트 디자이너에게보고해야 합니다. 사이트 디자이너는 디자인을 수정하고 사이트 레이아웃 규칙 측면에서 새로운 디자인 조건이 만족스러운지 여부를 확인합니다. 나중에 사이트 디자이너는 수정 된 디자인을 사이트 관리자에게 보내 실행합니다.

6/11/2019 0:35

이 연구는 사이트 레이아웃 디자인을 위한 규칙 기반 검사 시스템의 중요성을 강조했습니다. 이 백서에서 설명한 것처럼 사이트 레이아웃 모델의 정확성과 정확성을 자동으로 확인하여 최적화 된 사이트 레이아웃을 설계 할 수 있습니다. 이러한 모델 검사기는 사이트 계획자가 사이트 레이아웃 규칙에 따라 설계를 쉽게 확인할 수 있게하고 프로젝트 초기 단계에서 결정된 사이트 레이아웃 결정의 향후 영향을 고려함으로써 사이트 레이아웃을 최적화 할 수 있도록 도와줍니다. 사이트 레이아웃 규칙 기반 검사 시스템을 개발하려면 먼저 몇 가지 문제를 해결해야 합니다. 예를 들어, 현재 IFC 문서에는 제한된 사이트 레이아웃 엔터티 집합이 있으므로 IFC에서 사이트 레이아웃 규칙을 인코딩하기가 쉽지 않으므로 이러한 포괄적 인 사이트 레이아웃 규칙 기반 검사 시스템을 개발하기가 더 어려워집니다. 이 연구의 다음 단계는 최적의 건설 현장 레이아웃을 설계하기 위한 필수 규칙과 제약을 조사하는 것입니다.