

## 26. パッシブ型 IC タグを用いた建設施工現場における 協調的な情報システムの提案

大阪大学大学院工学研究科 ○ 矢吹 信喜  
タイ・チュラロンコン大学 (大阪大学)  
Phatsaphan Charnwasununth  
タイ・チュラロンコン大学 Tanit Tongthong

### 1. はじめに

プレファブ住宅は、壁や床などを部品化して、予め工場生産して現場で組立てるものである。タイなど東南アジア諸国で非常に人気が高く、従来の建設方法に比較して、短期間で、低コストで、効率的にできることから、その建設需要は年々増えている<sup>1)</sup>。タイにおける一般的なプレファブ住宅建設プロジェクトは、数百個の世帯ユニット分を数年間で施工することが多い。施工組織は、プロジェクトによって異なるが、ほぼ、デベロッパ（不動産会社など）と請負業者（コントラクタ）および多くの場合、下請業者（サブコントラクタ）によって構成される。プロジェクトに関与する人員は、その機能によって、設計、製作、管理、監督、施工、検査、補助といったグループに分類される。プレファブ住宅の建設サイトでは、プロジェクトマネージャ、プロジェクトエンジニア、サイトエンジニア、現場監督、移動式クレーン運転者、作業員、点検員が存在する。

プレファブ技術は、住宅建設を従来の手作りの職人的な手法から半分工業生産的な施工方法へと大きく変化させた（図-1、図-2、図-3）。従って、潜在的に高い効率性と大きな効果をもたらすはずなのであるが、その変化が大きいため、問題ももたらしている。例えば、より高いスキルを持ち、経験豊かな現場監督が必要であること、施工従事者達がもっと協調的に仕事を行う必要があること、事前に施工の順番（段取り）を十分に決めておくとともに、臨機応変の対応も求められることなどである。具体的な事例としては、建設現場で、プレファブ・パネルを設置する順番を間違えてしまうと、部材を支持するために余分な構造的仮設材を取り付ける必要が出てきたり、既設の2枚のパネルの狭い隙間に、別のパネルを挿入するために、より多くの時間と作業員を必要としたり（図-4）、

パネル設置をやり直したり、パネルにヒビ割れや穴を生じさせたりといったことが起こる。

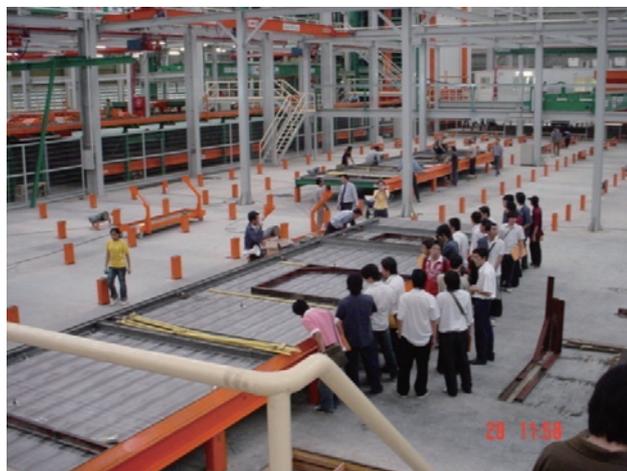


図-1 工場生産されるプレファブ部材



図-2 現場では移動式クレーンでプレファブ部材を吊り上げ、組立てていく

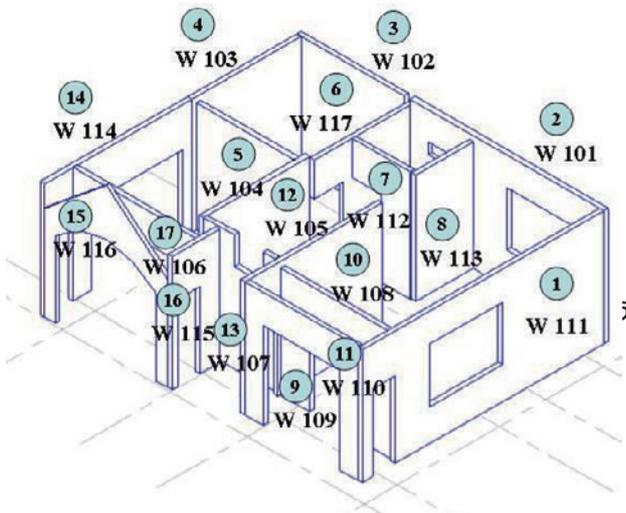


図-3 壁の部材には番号が振られている



図-4 順番を誤って狭い空隙に壁を挿入している

我々の観察と分析によれば、こうした問題の多くは、協調的な作業の欠如であり、これは、情報の貯蔵および共有の欠如、現場、工事事務所、本社という異なった環境と動機付けで働く従事者たちの管理監督手法の欠如と密接な関連がある。そこで、本研究では、IC タグ (RFID: Radio Frequency Identification) 技術<sup>2), 3), 4)</sup>を用いて情報の流れを改善し、情報と知識を貯蔵して、問題解決や将来のために再利用するための枠組みを提案するものである。

## 2. 提案するシステム・アーキテクチャ

前述のように、本研究で提案するシステムでは、RFID 技術と知識マネジメントにおける協調的工学を利用している。RFID は、モノと情報とを容易につなげることができる技術であり、既に多くの分野で利用され、効果を発揮している。RFID に似たもので、バーコードがあるが、バーコードは、工事現場のように土や埃などの汚れが付いたり、

こすって一部が剥がれれば、読み取り不能になるため、本研究では RFID を使用した。本システムは、RFID リーダ (RFID タグを読み取るためのアンテナを含む装置) を取り付けした PDA (Personal Digital Assistant)、工事事務所に設置するノートパソコン、本社や支店など大きな事務所に設置するデスクトップパソコンによって構成される。本システムのユーザは、現場監督、クレーンなどの機械運転者、点検員、および管理者である。システム・アーキテクチャを図-5 に示す。工事事務所のノートパソコンには、6 個のモジュールと 1 個のデータベースシステムがある。6 個のモジュールは、

- (1) 実ケース記録モジュール：資源、スペース、作業場所、作業順序、日付、時刻などの実際の状態を記録することに用いる。
- (2) 代替案作成モジュール：実際の状態と一般的な情報からいくつかの代替案を作成し、各代替案による期待される効果、長所・短所を提供する。
- (3) 品質保証・管理モジュール：品質検査結果を集め、品質保証・管理プロセスのために工具や機械の使用履歴とメンテナンスデータ、チェックリストを提供する。
- (4) 一般的な情報モジュール：プロジェクトの情報、組織図、役割分担、図面、スケジュール、仕様、必要な場所などの一般的な情報をユーザに提供する。
- (5) 特定情報モジュール：施工状態や順序に関する特定の情報を、グラフィカルなフォーマットやステップバイステップの形式で表現する。
- (6) 評価モジュール：実ケース記録モジュールと品質保証・管理モジュールからえら得るデータベースのデータを使用して、工事を分析および評価する。

システム・アーキテクチャでは、ユーザについては 4 人と指定されているが、設計者などの他の技術者も知識を代替案作成モジュール、一般的な情報モジュールおよび特定情報モジュールへ提供することにより、データベースを発展・維持させていくことに協力することが期待されている。品質保証・管理モジュールや点検員の情報によって開発される。評価モジュールは組織管理レベルで利用される。

## 3. システムの適用と期待される効果

本システムは主に、移動クレーンなどの機器運転者、現場監督、点検員、工事長、管理者により利用され、プレファブ部材の設置プロセスの中の、組立、接合、点検、および評価作業をサポートする。本システムでは、全ての人員 (工事長、管理者、機器運転者、現場監督、作業員、および点検

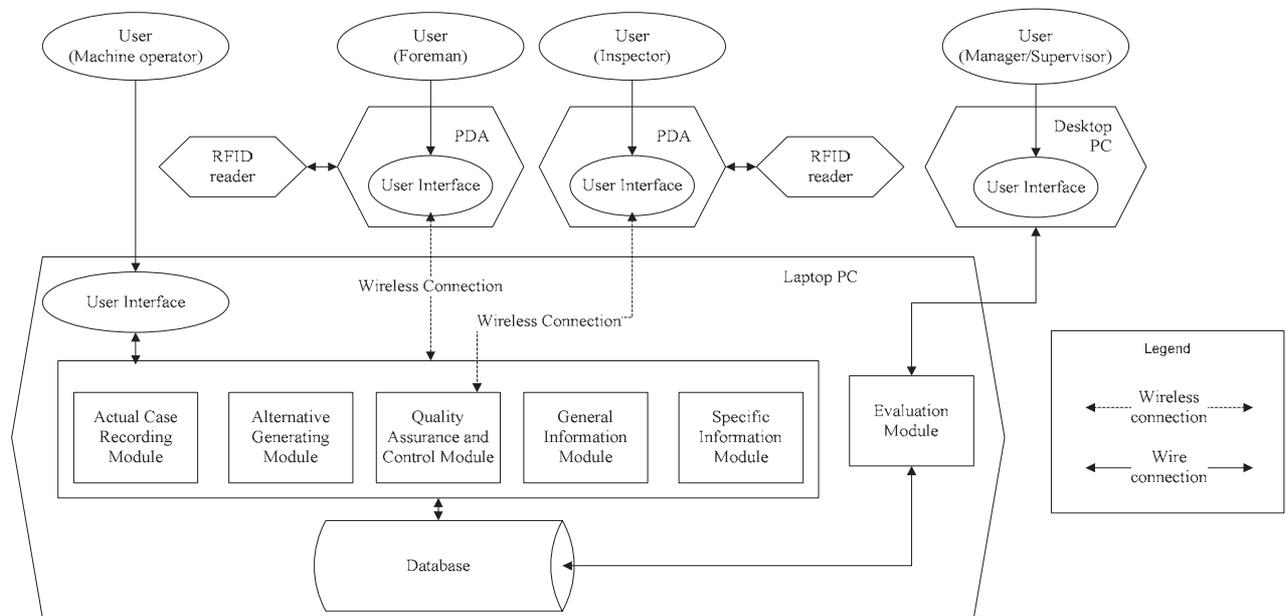


図-5 システム・アーキテクチャ

員), プレファブ部材, 道具類 (ベースプレート, 突っ張り棒, ドリル, フック, ケーブル, レンチなど), および移動式クレーンに RFID タグが取付けられる. 各ユーザは, 適切なアクセス権を得て, ユーザ自身を記録するために, 自分の RFID タグを PDA についている RFID リーダを使用して読取る必要がある.

プレファブ部材設置プロセスの前に, 現場監督は自分の PDA で各部材の RFID タグを読取る. 一方, 機器運転者は, 機器がアクセスできないエリアを入力する. 次に, 現在の状態が捉えられ, 建設資源, 場所, 時間などに影響された, 実際の状況とは異なるいくつかの代替案が生成される. このシステムがなければ, 現場監督は, 適切な代替案を生成するためには, 設計者, 管理者などと協力し合わなくてはならない. あるいは, 現場監督自ら, 適切な代替案を考え出し, その代替案によって生み出される結果を予想できなくてはならない. 代替案, 予想される結果, 長所・短所を得た後, 現場監督は, 工事を停止するか代替案を用いて継続するか判断しなくてはならない.

プレファブ・パネルが設置されている最中, 現場監督と機器運転者は, 情報とチェックリストをシステムから得るとともに, 品質結果をシステムに入力しなければならない. 次に, 点検員が重要な部材をクロスチェックしたり, ランダムに点検したりする. こうすることにより, 点検員の作業量を減らすことができる. また, 現場監督, 機器運転者, および点検員間の協力が改善される. 現場監督から信号を得るために, 本システムは, 機

器オペレータの役割をレベルアップさせている. これにより, 機器オペレータは持ち上げるパネルを持っていく位置やその次の作業順序を本システムから事前に知ることができる. 従って, 現場監督と機器オペレータの協力が向上し, 効率が改善される. 部材の RFID タグを読取ることにより, 各オペレーションは, いつ, 誰が, どこで, 何を, どのようにしたのかを記録できる. さらには, 現場監督と機器オペレータは, 一般的な情報モジュールから一般的な情報をリクエストすることができる.

工場の評価は, 評価モジュールを使って, データベース内のデータを評価することにより実施できる. 評価結果は, 組織的な管理レベルへ転送される.

本システムを使用することによって期待される便益は, 作業の協調性と効率性が向上し, ミスが減少することである. さらに, 効率的な情報の流れと提供された知識の支援によって, プレファブ部材の設置プロセスにおいて中心的な役割を果たす現場監督に対するスキルと経験の要求水準を相当に軽減することができる.

#### 4. プロトタイプシステムの開発

本研究で提案しているシステムを実証するために, プロトタイプシステムを現在, 開発中である. PDA としては, ヒューレット・パッカード社の HP iPAQ212 Enterprise Handheld を使用し, RFID リーダには, シーエフカンパニー社の CF RFID Reader Card 6E を用いている. 周波数帯は, 13.56MHz で

ある。使用可能な RFID タグの種類は、複数あるが、本研究では、テキサス・インスツルメンツ社の TI Tag-it HF-I Standard を使用している。図-6 に、PDA、RFID リーダ、RFID タグを示す。

RFID タグの ID を RFID リーダが読取った後、PDA のプログラムでその ID を受け取って処理することができるようにすることは容易ではない。通常、RFID を製造販売している会社に業務委託しなければならず、そのソフトウェア開発費は、かなり高額になるのが一般的である。そのため、工事現場などで、ちょっと PDA で RFID を使ってみたい、と思っても中々できないのが現状である。本研究では、オゴー開発株式会社と株式会社 ePI-NET が、株式会社ソア・システムズのル・クロン (Le Courent) ディベロッパーを利用して開発した PDA と RFID のインタフェースソフトウェアをレンタル利用することにより、問題解決した。

工事現場に設置するノートパソコンに内蔵させる 6 個のモジュールについては、プログラミング言語 Java および JADE (Java Agent Development Framework) を用いて、マルチエージェントシステムとして開発する予定である。データベースには、MySQL を使用している。



図-6 PDA, RFIDリーダ, RFIDタグ

## 5. 結論

本研究では、プレファブ住宅建設における協調的な作業を促進し効率化を図るために、6 個のモジュールとデータベースシステムを有するコンピュータと RFID 技術を用いたシステムを提案した。ここで言う協調的な仕事は、作業員達のプロジェクトレベルでの協力に止まらず、システム構築、データベースの維持、情報の共有によって組織的なレベルでの協調性を包含する。

尚、本研究は現在進行中であり、提案したシステム・アーキテクチャに従って、プロトタイプシステムを構築して、実際の建設現場に適用し、評価を行う予定である。

## 謝辞

本研究は、タイ高等教育委員会のファカルティデベロップメント奨学金 (AUN/SEED-Net と共同) によって支援されている。ここに感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) Tobaramkul, M.: A Study of Prefabrication System for Building Construction in Bangkok Metropolitan Area. Master's Thesis, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, 1997
- 2) Jaselskis, E.J., Anderson, M.R., Jahren, C.T., Rodriguez, Y., Njos, S.: Radio-Frequency Identification Applications in Construction Industry, Journal of Construction Engineering and Management, 121(2), pp.189-196, 1995
- 3) Chin, S., Yoon, S., Choi, C., Cho, C.: RFID+4D CAD for Progress Management of Structural Steel Works in High-Rise Buildings, Journal of Computing in Civil Engineering 22(2), pp.74-89, 2008
- 4) Yabuki, N., Shimada, Y., Tomita, K.: An On-site Inspection Support System Using Radio Frequency Identification Tags and Personal Digital Assistants, Conference proceedings, CIB, W78, Aarhus, Denmark, vol. 2, pp.14-19, 2002