

イベント駆動型のユビキタスシステムへのアプローチ

An Approach to Event Driven Ubiquitous Systems

早川 敬介*1

塚本 昌彦*2

寺田 努*3

Keisuke Hayakawa

Masahiko Tsukamoto

Tsutomu Terada

義久 智樹*2

岸野 泰恵*2

柏谷 篤*1

西尾 章治郎*2

Tomoki Yoshihisa

Yasue Kishino

Atsushi Kashitani

Shojiro Nishio

1. はじめに

近年になってインターネット技術に加えて高速な無線通信やコンピュータの小型化によってコンピュータの遍在化(ユビキタス化)が著しく進むにつれて、場所や物や人にコンピュータの計算能力を付加しようという新たなシステムモデル[1]が提案されはじめ、そのようにデザインした“賢い空間”の実現が現実味を帯びてきている。

筆者らはコンピュータ群が個々のシーケンス動作によって相互に協調するイベント駆動型のユビキタスシステムを提案[2]している。本稿ではイベント駆動型のユビキタスシステムによる賢い空間(むしろ、賢く見える空間)を構築するアプローチについて研究背景を述べるとともに研究過程で得られた知見からその課題について議論する。

2. 研究の背景

ユビキタス化したコンピュータによって“いつでも何処でも誰でも”がコンピュータの存在を意識することなく利便性の高いサービスを利用できる“賢い空間”の実現に注目が集まっている。しかし、それを実現するアーキテクチャの方向性は、現在のところ必ずしも一つではなくシステムを構成するコンピュータの形態、技術の収斂、適用アプリケーションなどによって多様であると同時に混沌としている。たとえば、この“賢い空間”を実現するアプローチの一つとしてコンピュータを使った画像や音声の認識処理と人工知能による完全な自動化[3]を目指す方向性がある一方で、自動改札のような実際に我々が目撃する街角シーケンスの組み合わせによって半自動化をさらに推し進める方向性も考えられる。前者の完全自動化によるアプローチはコンピュータがユーザから独立したシステム構成であるのに対して、後者の半自動化によるアプローチではむしろユーザ自身の行動や思考をシステムの一部として取り込んだシステム構成であるという点において両者の設計思想は大きく異なっているといえる。

筆者らが提案するイベント駆動型のユビキタスシステムとは後者の半自動化によるアプローチに関連する。イベント駆動型のユビキタスシステムでは、従来のパーソナルコンピュータやモバイルコンピュータに加えて組込み型コンピュータを含む多種多様な形態のユビキタスコンピュータ

が、簡単なシーケンス動作によって相互に協調してシステムを構成することを目指している(図1)。

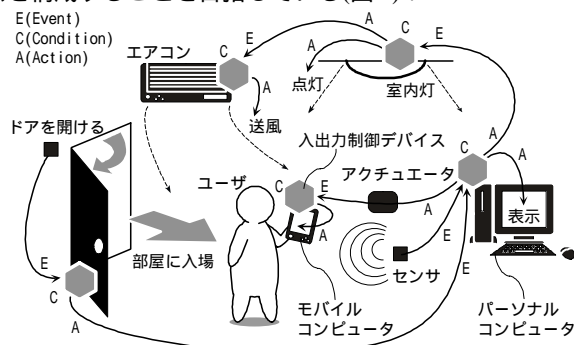


図1 イベント駆動型のユビキタスシステムの概略

一般に人間は外界の事象を因果的に捉える[4]。ゆえに、ユーザが行動するうえで外界である環境とのインタラクションを、このようなユーザ自身と環境とで交わされる入出力情報の相互作用によってシステムをモデル化することでアフォーダンスによる知能[5]が発現した“賢い空間”と呼ばれるユビキタスシステムが実現すると筆者は考えている。イベント駆動型のユビキタスシステムでは、入出力制御をおこなうユビキタスコンピュータが「自律的」に動作しながら「有機的」に結びついてシステム全体を「柔軟的」に構成するホロニックなシステム[6]として実現するために、ECA(Event-Condition-Action)ルールに基づく制御方式をユビキタスコンピュータに実装した。このイベント、コンディション、アクションの各要素から成る動作記述言語を処理する統一的な制御アーキテクチャによってユビキタスコンピュータである PC, PDA, 入出力制御デバイスが連携するユビキタスシステムを構築する。

ユビキタスシステムでは生活環境上での利便性や運用性に関する技術的な課題を検証することが必要不可欠になる。本動作記述によりシステムはルールの集合として表現され、個々のユビキタスコンピュータはサブサンクション・アーキテクチャ[7]によるルール群の逐次処理によって動作する。そのため、本制御アーキテクチャでは動作過程でルールの追加や削除により自由に機能の変更や拡張ができることを特徴とする。このようにシステム設計の自由度が高く機能の拡張が容易なプラットフォームの提供は、ユビキタスコンピューティング環境の研究開発や普及を支援するうえでの以下のメリットがある。

- ルール処理エンジンの実装が小型軽量
- 安価な汎用部品で制御システムの構築が可能
- ラピッドプロトotypingによる開発の効率化
- PCなどの既存装置との親和性の維持が容易
- 大量生産による制御デバイスの低価格化が可能

*1 NEC インターネットシステム研究所

Internet Systems Research Laboratories, NEC Corporation

*2 大阪大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Science and Technology,
Osaka University

*3 大阪大学サイバーメディアセンター

Cybermedia Center, Osaka University

3. イベント駆動型のユビキタスシステムの構築

制御システムのモデル化には、状態遷移図や CASE ツールを利用した従来手法が知られている。通常、筆者らがイベント駆動型のユビキタスシステムを設計するにあたって、CASE が採用する構造化分析と同様の手法で想定するアプリケーションの要求定義を設定してからシステム構造を決定することにより ECA ルールを作成するモデル化手法を採る(図 2)。

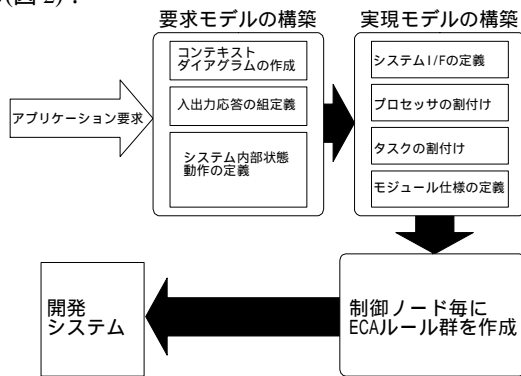


図 2 システム構築の現状

図 2 の要求モデルはイベント駆動型のユビキタスシステムで実現すべき分散並列処理を適切に表現することを設計者に課す。定義するコンテキスト・ダイアグラムから ECA ルールに基づいた制御アーキテクチャで記述可能な入出力イベントとシステム動作の対応を明確にすることで、現実モデルとして実際のユビキタスコンピュータとルールによって分散並列処理を実行する具体的なシステム的设计に至る。デバイス形態やセンサ仕様から具体的にルール群を並列的に積み上げることでアプリケーションが完成する。

4. システム構築の課題

筆者らは、ECA ルールに基づく制御方式を利用することで幾つかのイベント駆動型のユビキタスシステムを構築して、ユビキタスシステムのモデル化手法などの技術課題について検討を進めている。前述のイベント駆動型のユビキタスシステムのモデル化手法は、構造化分析による分散並列型のトランザクション処理をモデル化する一般的なアプローチである。構造化分析によるモデル化手法では、要求モデルや実現モデルの作成時に設計者の経験や感性に強く依存する傾向にありシステムのモデル化に関して形式論が十分に確立していない。つまり、設計者によって分析や設計アプローチが異なる可能性が排除しきれず一意にシステムが決定するとは限らない。ゆえに、デザインしたシステムを客観的に評価することが難しくなるという問題に直面することがある。また、事象が並列に発生するイベント駆動型のユビキタスシステムでは構造化分析のモデル化手法で入出力タイミングを考慮した制御の記述が必ずしも容易ではないという問題もある。さらに、ユビキタスシステムの運用において最も重要となるシステムの安定性と正当性についてモデルが大規模になるにつれて検証することが非常に困難になるという大きな問題を抱えている。実際に、現状の構造化分析に沿ったイベント駆動型のユビキタスシステムを構築した場合、システム構築後の動作試験を行いながらシステムの適正を検証する必要がある、その検証作業に多くの時間が割かれることがよく発生する。

そこで、イベント駆動型のユビキタスコンピューティングのような分散的、並列的、非同期的な事象をシミュレーションする手法として、ペトリネット[8]によるシステムのモデル化手法を検討する。ペトリネットは離散事象システムの挙動を数学的にモデル化するため、事象とそれに関連する条件、状態、状況を集合要素で表現する。

これにより、ペトリネット中のトークンによってシステムの動的な事象を可視的にシミュレートすることができるため、システムの正当性や安定性の評価が可能である。ただし、従来からのペトリネットではその低記述性から抽象化の枠組みが弱いという欠点があり、データ処理の記述などが困難であることから大規模システムの開発には適用が難しいことが知られている。これらを改善するために、従来ペトリネットを拡張した高水準ペトリネットが提案されている[9]。本研究においても ECA ルールに基づく本制御方式をペトリネットによって論理的に記述するためにペトリネットの拡張が必要になる。

本制御方式のユビキタスコンピュータは、入出力制御、内部状態管理、タイマ管理、メッセージ送受信、コマンド送受信の 5 つの主要機能を持っている。さらに、複数アクションの逐次実行や排他的通信の機能があるほか、制御方式の仕様拡張として現在実装を進めているアナログデータ処理の機能が加わる予定である。これらの機能をモデル化するためにペトリネットに対して以下の拡張が必要となり、その記述形式については今後の検討課題である。

- 入出力制御、内部状態管理、アナログデータ処理によるアクションの発火条件を論理式で記述
- タイマ管理によって発火する時間的要素の記述
- メッセージ送受信、コマンド送受信を記述するためのデータ構造を有するマークの設定
- 複数アクションの効率的な記述
- 排他的通信を利用した場合のアークの切り替え表現

5. おわりに

本稿ではイベント駆動型のユビキタスシステムへのアプローチとしてその研究背景と現状のモデル化手法の課題を述べ、ペトリネットによるモデル化手法の拡張項目を抽出した。今後、拡張項目の記述形式を検討しながらユビキタスシステムの安定性評価についても研究をすすめる。

参考文献

- [1] SMART DUST
<http://robotics.eecs.berkeley.edu/~pister/SmartDust/>
- [2] 早川敬介, 塚本昌彦, 寺田努ほか: ユビキタスコンピューティングのための入出力制御デバイス, WISS2002, pp.127-132 (2002)
- [3] PROJECT OXYGEN <http://oxygen.lcs.mit.edu/>
- [4] 松野孝一郎: 内部観測とは何か, 青土社 (2000).
- [5] J.ギブソ: 生態学的視覚論, サイプレス社 (1986).
- [6] A.ケトラ: 機械の中の幽霊, 筑摩書房 (1995).
- [7] R.ファイファー: 知の創造 身体性認知科学への招待, 共立出版 (2001).
- [8] W.レヴィン: ペトリネット理論入門, ショプリンガ-フェアラー東京 (1988).
- [9] K. Wasaki, Y. Fuwa, M. Eguchi and Y. Nakamura: Logical Coloured Petri Net Expanded to be Suitable Making the Control System Model, ICARCV'96, pp.708-713 (1996)