

ITS における知的ネットワークシステムの構築

- 知的信号機システムの提案 -

Construction of Intelligent Network Systems in Intelligent Transport Systems

- Intelligent Signal Systems -

中島 史裕

Fumihito NAKASHIMA

Abstract: Recently, the network systems have made rapid progress such as Audio and Visual Systems, Intelligent Transport Systems(ITS) and so on. However, most of them are a kind of the master-slave model. Our proposed Intelligent Network Systems is the autonomous and distributed systems. In this paper, we construct Intelligent Network Systems in ITS, which called Intelligent Signal Systems, and clarify the effect of the proposed systems by simulation.

1 はじめに

最近のシステムは、インターネットの普及に伴って、「ネットワーク化」の関心が急速に高まっている。具体的には、家庭内機器をネットワーク化するホームネットワーク、人・道路・車両をネットワーク化する高度道路交通システム (Intelligent Transport Systems: ITS) などがあり、今後ますますネットワーク化の流れが強くなっていくと考えられる。これに伴い、Jini, Havi などに代表される自律分散型のネットワーク技術が注目されている。

本論文では、我々が提案しており、自律分散型でもある知的ネットワークシステム¹⁾を ITS の分野へ適用する。具体的には、交通信号機をネットワーク化し、各信号機を自律的に動作させることで交通流の最適化を実現する知的信号機システムの提案を行う。また、システム構築の基礎的検討として、あらかじめ判断基準を与えた信号機システムを構築し、シミュレーションによって、システムの有効性を検証する。

2 知的ネットワークシステム

2.1 知的ネットワークシステムの概要

知的ネットワークシステムとは、我々が提案している知的人工物をネットワークにつなぎ、システム化させたものである。ここで知的人工物とは、センサにより環境条件の変化をセンスし、得た情報を基に人工物の機能や性能を最適化する計画を人工物自身が自律的に立て、それに沿って人工物のパラメータを変化させることで、利用者の要望や環境に応じた最高の機能と性能を提供してくれるような人工物である²⁾。

我々が提案している知的ネットワークシステムは、この知的人工物を用いることによって、主制御器が存在せず、ネットワークに接続されている各機器がそれぞれ自

律的に動作する。その結果、ネットワーク全体として与えられた目的に対して協調しあうことで、より知的な振る舞いを行うことができる。これにより、これまで自律分散システムにはなかったある機器の故障、保守等による機能停止を他機器により補い、ユーザの満足を維持し続けることが可能になる。

知的ネットワークシステムの特徴は、主制御器を持たず、部屋・建物等のネットワーク全体に対してユーザが要求する「目的」を常に与えておくことにある。知的人工物はネットワークに接続されると、各自が同じ「目的」を取り込み、その「目的」に合った判断基準を自ら生成する。そして、知的人工物が個々に持つ各種センサからセンスされた情報と生成された判断基準を基にそれぞれが自律的に動作する。実際は、各自が「目的」を満たすよう動作するだけであり、他の知的人工物と協調するのではないが、結果として、ネットワーク全体としてより知的に動作しているように見える。これにより、ネットワークに接続された知的人工物の数のみで「目的」を満たすように動作できると考えられる。

具体的には、ある建物において「部屋を快適にしる」という目的を与えると、接続されている知的照明、知的エアコンなどが例えば「部屋の温度を 28 度に維持し、人がいる所だけを明るくする」等の明るさの判断基準・温度の判断基準を自ら生成する。各知的人工物は部屋の温度が 28 度になるように、また人がいる所だけが明るくなるように動作し、部屋を快適にする。ある機器が故障した場合も、他知的人工物により対処することが可能となる。

2.2 知的ネットワークシステムの有効性

本システムの有効性として、自律分散型システムを基本技術として用いているため、機器のネットワークへの参入・離脱が容易である、機器の故障によるシステム

全体の停止を防ぐ、フレキシブルなシステムの拡張性が挙げられる。さらに、本システムの特徴は、与えられた「目的」に対して、現在ネットワークに接続されている知的人工物だけで満たすように動作できるため、自律分散システムにはない次のような有効性がある。

1. 一つの機器では不可能な作業を行うことができる。
2. ある機器の故障時に起こる機能低下を他機器によって柔軟に対応し、補うことができる。
3. 既存機器のみで新しい機能を生み出すことができる。

3 知的信号機システム

前章で述べた知的ネットワークシステムはこれまでに、照明システムへの適用が試みられ、その有効性が確認されている¹⁾。

ここでは、さらに大規模な問題に対しても、知的ネットワークシステムが有効であるかを検証するために、信号機システムへの適用を行う。

3.1 対象問題

自動車交通は行動の自由度が高く、その他にも様々な利便性を持っているが、一方で事故の発生確率が高い、渋滞などにより目的地への到着時刻が予測できない、排気ガスや騒音による環境への影響など、数多くの問題点も抱えている。ITS とは、これらの自動車交通の問題に対して、近年の計算機技術の発達と、インターネットや携帯電話など通信技術の発達による高度な情報処理技術を適用し、その問題解決を図るものである³⁾。

上記の問題のうち、渋滞に注目すると、その発生箇所のほとんどが交差点や合流部であるといわれている。つまり交差点における交通管理の役割を果たす交通信号機が渋滞解消のために大きな影響を与えられられる。

3.2 知的信号機システムの概要

今回提案するシステムは、知的人工物である各信号機をネットワークに接続し、ネットワーク全体に「交通渋滞を減らす」という目的を与える。各信号機はその共通の目的に対して、それぞれが自律的に動作し、結果的に全体の交通渋滞を減少させることを目指す。

具体的には、全体あるいは一交差点の交通量をセンスし、前状態の交通量と比較して、信号機自身が自律的に判断基準を生成し、その判断基準を基に次の動作を決定する。この時、各信号機は他の信号機の動作状況を把握していないが、結果的に目的を達成していることになる。これは他の信号機の状況に依存しないということを表しており、故障などによって全体の性能が低下した時でも、他の信号機の働きにより、全体の目的は達成されることになる。

3.3 判断基準を与えた信号機システム

知的信号機システムを構築するための基礎的検討として、まず信号機に判断基準を与えた場合、周期的に動作している一般の信号機と比べて、どのような結果が出るのかを検証する。今回は次のような信号機システムについて考え、ここでは、エージェント信号機システムと呼ぶことにする。

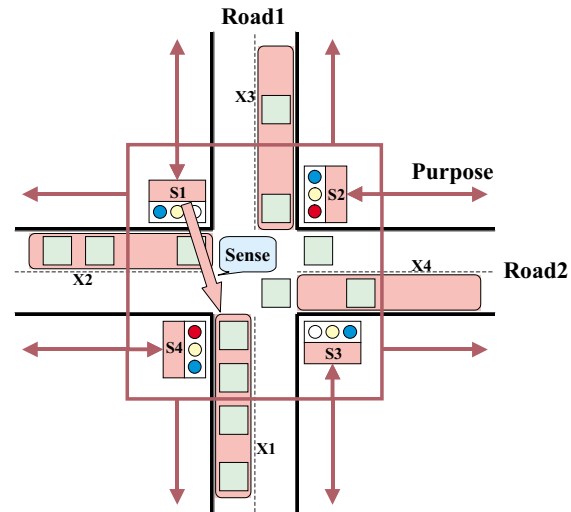


Fig. 1 Agent Signal Systems.

各信号機には車両感知器が備わっており、Fig.1のようにそれぞれの信号機前方の車両の台数 (Fig.1におけるX1~X4) を測定する。こうして得られた情報を基に各信号機がその情報を共有し、あらかじめ与えられた判断基準によりサイクル (信号が一周する時間) を調節し、スプリット (主道路 (Road1) と従道路 (Road2) の青信号の時間の割合) を随時変更する。ここでの判断基準とは「Road1 と Road2 の交通量の比較」であり、この判断基準は全ての信号機が共通に持っていることとする。また、各信号機には基本的なサイクルとスプリットが設定してあり、通常はこのパラメータに従って動作するものとする。

このシステムでは、知的信号機システムのように全体に目的を流すのではなく、与えられた判断基準に従って動作するだけである。しかし、判断基準を見れば分かるように、これに従って動作していれば、結果的に交通量を減らすことになると考えられる。

以下に、Fig.1に基づくエージェント信号機システムのアルゴリズムを示す。

1. 各信号機 (S1~S4) は前方の交通量 (X1~X4) を測定し、他の信号機と情報交換する。
2. $X1+X3$, $X2+X4$ を計算し、それぞれの計算結果を $R1$, $R2$ とする。

3. $R1 > R2$ の場合は 4) の動作を, $R1 < R2$ の場合は 5) の動作を行う. $R1=R2$ の場合, 通常動作を行う.
4. Road1 の青信号時間を延長, または赤信号時間を短縮する. Road2 はその逆.
5. Road2 の青信号時間を延長, または赤信号時間を短縮する. Road1 はその逆.
6. 手順 1) ~ 5) の繰り返し.

4 シミュレーション

前章で述べたアルゴリズムを基に, 二種類のシミュレーションを行った. シミュレーションでは, 4×4 の格子状の道路 (16 交差点) を設定し, 車の発生確率は各道路, 一定である. 発生後の車は, 発生時の進行方向を目的方向とし, 基本的に直進するが, 交差点の先が渋滞していた場合は左折して渋滞を回避し, 左折後, 次の交差点で右折して元の進行方向に復帰するものとする. また, 信号機の基本サイクルは, 青 15(steps) と赤 15(steps) の計 30(steps) に設定し, 判断基準によるサイクル調整は 3(steps) の延長または短縮とする. 今回は基本的な性能を見るために, 最もシンプルなスプリット値 (1:1) にした. 各シミュレーションとも, 実行時間は 5000(steps) である.

4.1 シミュレーション 1

シミュレーション 1 では, 通常交通シミュレーションを行った. 測定したデータは, 画面上にある車の台数で, 結果は Fig.2 の通りである. 平均台数を見ると, 一般の信号機システムが約 154 台でエージェント信号機システムが約 132 台となっているが, それほど開きはないように思われる.

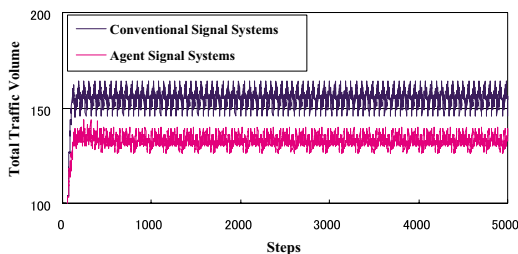
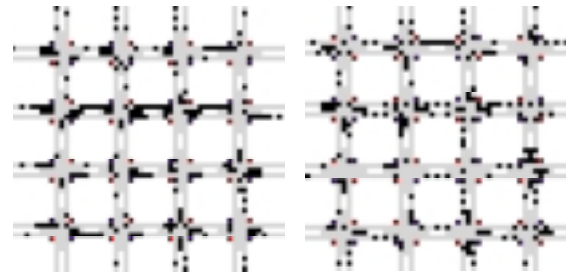


Fig. 2 Simulation results1.

次に, Fig.3 を見ると, (a) の方は横方向の 2 列目で渋滞が目立っている. しかし, (b) の方を見ると分かるが, それほど渋滞はなく, 多少の渋滞もそれほど気にならないほどのレベルである. このような結果から, エー

ント信号機の制御によって, 一般の信号機システムの時に比べ, 数値以上に渋滞は解消していると考えられる.

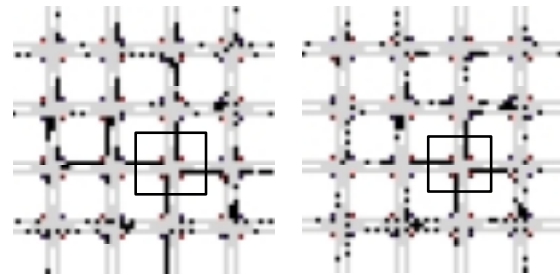


(a) Conventional Signal Systems (b) Agent Signal Systems

Fig. 3 Comparison of Conventional Signal Systems and Agent Signal Systems.

4.2 シミュレーション 2

シミュレーション 2 では, 信号機が故障した時のシミュレーションを行った. 2500(steps) まではシミュレーション 1 と同じく, 通常動作であるが, それ以降は Fig.4 の四角で囲んである交差点の信号機を故障 (全て赤信号) させた. これにより発生する渋滞が周囲の交通状況に影響を及ぼすと考えられ, その時の信号機の影響を見ることができる. Fig.5 はその結果である.



(a) Conventional Signal Systems (b) Agent Signal Systems

Fig. 4 Comparison of Conventional Signal Systems and Agent Signal Systems under troubled conditions.

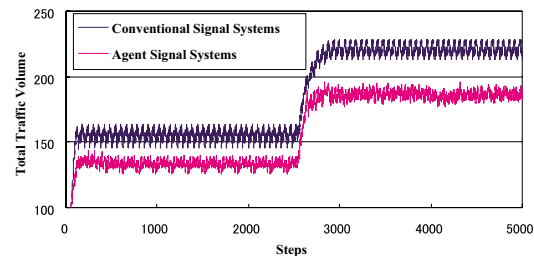


Fig. 5 Simulation results2.

2500(steps) あたりまではシミュレーション 1 と変わ

らないが、それを境に急激に交通量が増加していることが分かる。ここで注目したいのは、信号機が故障する前と後で、全体の交通量の差が開いているということである。また、Fig.4 を見ても、(a) は四角で囲んである交差点の周囲でかなり渋滞しているのに対し、(b) はそれほど渋滞していないことが分かる。この結果から、エージェント信号機システムでは、信号機が故障しても、他の信号機は与えられた判断基準により、自分の周囲の交通量を減らすように動作しているため、結果的に一般の信号機システムよりも渋滞は少なくなっていると考えられる。

5 結論と今後の課題

今回、我々の提案する知的ネットワークシステムを信号機システムに適用し、知的信号機システムを提案した。また、知的信号機システム適用の基礎的検討として、あらかじめ判断基準を信号機に与えたシステムについて考え、シミュレーションにより、その有効性を検証した。その結果、従来の信号機システムに比べ、良い性能を示した。

今後は、実際に知的信号機システムの構築を行っていく。具体的には、各信号機が自ら判断基準を生成できるように、強化学習を用いた最適化アルゴリズムを適用し、その有効性をシミュレーションによって検証していく。

参考文献

- 1) 廣安, 三木, 富田, 知的人工物を用いた次世代ネットワークシステム-知的照明システムの構築による基礎的検討-, 日本機械学会 第9回設計工学・システム部門講演会, pp.518-521, 1999
- 2) M.Miki and T.Kawaoka, Design of Intelligent Artifacts:A Fundamental Aspects, Proc.JSME International Symposium on Optimization and Innovative Design(OPID97), pp1701-1707, 1997-9
- 3) 松下 温, 屋代 智之, 特集 ITS「ITSの実現に向けて」, 情報処理 Vol.40 No.10, pp960-963, 1999-10