

C-PRS を用いた分散 ES の試作

1H-9

松本 一則 横田 英俊 山口 典男 浅見 徹

国際電信電話株式会社 研究所

1. はじめに

分散 ES(Expert System)では個別 ES が自律的に局所情報に基づいた処理を行い、大局的な処理は協調動作によって行う。一般的に個別 ES が知的な処理を行うことから協調動作のための通信量は比較的少なくて済む。このため情報が物理的に離れた場所で発生し、各情報原間の通信路が小さくならざるを得ない場合、単一の大きな ES に比較して分散 ES が有利となる。また複数計算機上で個別 ES を動作させることで実時間性能や対故障性能の向上も可能となる。今後、ES の対象が大規模化し、実時間性の制約が厳しくなることを考えると、複数の ES を疏に結合した分散 ES が重要になってくる。

分散 ES を考える上で複数の ES が単に並列動作するだけでなく協力し合いながら全体として最適な問題解決を図ることが大切である。しかし、協調動作に必要な通信量と協調によって得られる効果との間にはトレードオフがあるため、分散 ES の設計は一般的には難しいものとなっている。このため、筆者らは各種の条件下で行われた各種の協調動作とその効果を事例として調査・蓄積し、今後の分散 ES 設計の参考とすることを考えている。そこで個別 ES の処理内容の違いによる協調の効果が比較しやすくなるように問題を設定した上で、分散 ES を実現することとした。

分散 ES を実現する上で他に考慮したことは、エキスパートシェル間のメッセージ交換が容易となるマルチエージェント指向のエキスパートシェルを利用することである。今回は C-PRS^[1]を用い、3つの ES が異機種ワークステーション (SPARC2、NEWS3860、DECstation5000) 上で動作する分散 ES を作成した。

今回、ES の処理内容については協調動作を行わないような例と協調動作を行う特定例との間で協調の効果を比較した。ただし、今回のシステムでは規則中のしきい値を変更することで ES の処理内容をある程度変更できるようにしているので、ES の処理内容により多くのバリエーションを持たせ、各種の協調動作を比較することは可能である。

2. 分散 ES の概要

2.1 問題の設定

本システムでは以下のような問題を対象としている。

- 3つの地区 (A、B、C) にあるタクシー乗り場に発生する客を目的地までタクシーで運ぶ。
- 各乗り場にいる客の総数を各時点でできるだけ少なくすることを全体の目標とする。
- 各地域の制御局は自地域の客の数やタクシーの情報 (位置、目的地、空車/客を乗せている) のみが直接収集可能である。

- 制御局は収集した情報と他制御局からのメッセージに基づいて他制御局にタクシーの配車を要求したり、配車要求が来た時の受理/不受理を決定する。

具体的には各制御局の処理を別個の ES で実現し、分散 ES の外部世界で起こる客の発生とタクシーの移動を表 1、2 のようにモデル化した。サイクルが n の時 UNIX の random 関数で得た値 $x(0 \leq x \leq 1)$ が表 1 の「サイクル n の客の発生確率」で計算した値より小さければ新たな客が発生する。図 1 にシステムの構成を示す。同図中のシミュレータはこの外部世界のモデルに従い、各地域の客の数や各タクシーの移動をシミュレートする。シミュレーション結果はシミュレーションの 1 サイクル毎に ES に送られる。ただし、ES が受信する情報は担当地区の情報のみである。ここで対象とした問題は、動的に変化する需要に対応して資源を再配分する問題の一例であることから、通信分野等で似通った問題設定が可能なる場合があると思われる。その場合この問題で得られた協調についての見識が役立つことが期待される。

2.2 個別 ES の処理内容

ES の処理内容が異なれば、協調の効果や通信コストは変化する。ES の処理内容としては数多くの処理内容が考えられるが、例として以下の作業をシミュレーションの 1 サイクル毎に行うことを考える。

- (1) 担当地区の客の数をシミュレータから得る。
- (2) 担当地区にいる車の情報をシミュレータから得る。
- (3) 需要が多い (担当地区の客の数が q_1 以上) 時、かつ、資源が少ない (担当地区の乗り場を目指している空車の数が r_1 未満) 時には他 ES に配車を要求するメッセージを送信する。
- (4) 需要が少ない (担当地区の客の数が q_2 未満) 時、かつ、資源が多い (担当地区の乗り場を目指している空車の数が r_2 以上) 時に他 ES から配車の要求がきたら、担当地区の乗り場を目指している空車の中から適当な 1 台を選び、選んだ空車に要求してきた地区への配車を指示する。

この例の場合、ES の判断基準に 4 つのしきい値 (q_1, q_2, r_1, r_2) が存在する。これらのしきい値を変更することで、ES の処理内容にある程度のバリエーションをもたせられる。

3. 協調分散の効果

ES が協調動作しない、つまり各地区の車の数に変化が生じないとすると、C 地区の乗り場で待っている客の数は図 2 のように変化する。一方、各 ES が先ほどの処理例 ($q_1 = q_2 = 1, r_1 = r_2 = 1$ とする) に従って協調動作を行った場合、図 3 のように変化する。図 2 と図 3 を比較するとこの協調動作によって C 地区での乗り場で待つ客の数は平均的に少なくなることがわかる。図には示していないが、同様に A 地区、B 地区の乗り場で待つ客の数は平均的に少なくなっている。ここで示した協調動作は全体目標に良い影響を及ぼす例である。

"C-PRS Based Implementation of Distributed Expert System"
Kazunori MATSUMOTO, Hidetoshi YOKOTA, Norio YAMAGUCHI and Toru ASAMI
KDD R & D Laboratories

	A 地区	B 地区	C 地区
各地域の範囲	$0.0 \leq x < 3.5$ $0.0 \leq y < 10.0$	$3.5 \leq x < 10.0$ $0.0 \leq y < 5.0$	$3.5 \leq x < 10.0$ $5.0 \leq y < 10.0$
乗り場位置	$(x, y) = (2.2, 5.0)$	$(x, y) = (6.7, 2.5)$	$(x, y) = (6.7, 7.5)$
サイクル n の 客の発生確率	$\frac{1}{2} \sin(\frac{2n\pi}{150})$ $+\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \sin(\frac{2n\pi}{150} + \frac{\pi}{2})$ $+\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \sin(\frac{2n\pi}{150} + \pi)$ $+\frac{1}{2}$
初期状態の 車の数	4	3	3

表 1: 外部世界のモデル

速度 (サイクル毎の移動距離)	2.2
空車時 (配車中を除く)	元の乗り場に向かう 到着後は乗り場で客を待つ
客を乗せている時	客の目的地 (乗車時にランダム に定まる) に向かう 到着後は空車となる
配車時	ES が指定した乗り場に向かう 到着後は乗り場で客を待つ

表 2: 車の移動に関するモデル

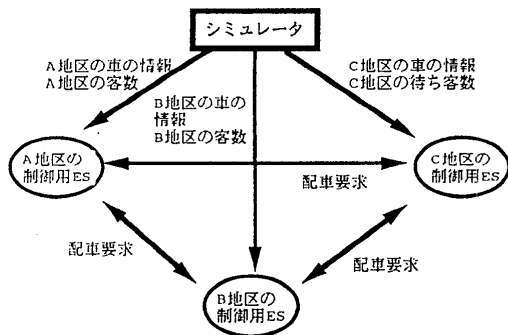


図 1: 分散 ES の構成

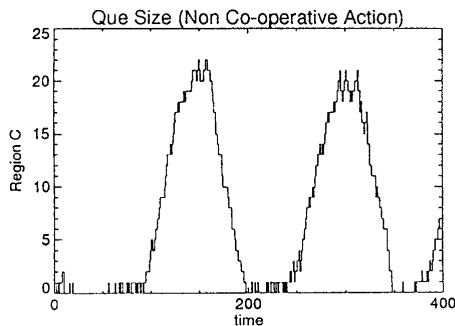


図 2: ES が協調動作しない時の C 地区の客数の変化

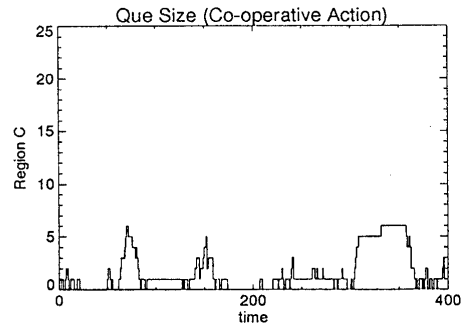


図 3: ある協調動作時の C 地区の客数の変化

4. 検討

協調分散の効果を論ずる場合、4つの駒が1つの動き回る駒を囲むといった問題設定^[2]で論ぜられる場合が多い。ただし同問題の場合、系全体の最終目標は明確であるが、最終段階に至る途中に存在する任意の状況に対し、ヒューリスティックを用いなくて状況を評価することは難しいと思われる。このため、ある協調動作 A によって状態 X から状態 Y に遷移したとしても、状態 X における動作 A の効果は不明瞭になってしまう。

一方、今回提示した協調分散の枠組みの場合、任意の状態において以後の各地域の客数が時系列予測によって推定可能である。よって、本稿の問題設定の場合、任意の状態における任意の動作に対し効果を定義できる。このため、本稿の問題設定の場合、ES の処理内容自体を ES が自動的に獲得する手法が存在すると思われる。

5. おわりに

ES 間のメッセージ機能がサポートされているシェルの利用によって分散型 ES のプログラミングの負担は軽減される。しかし、妥当な通信コストの範囲内で適切な問題解決が図れるように個々の ES の処理内容を決定することの困難さは残ったままである。今回作成した実験環境を用いて、協調動作がうまくいく事例を蓄積し、今後の研究に役立てたい。

謝辞

日頃お世話になる K D D 研究所小野欽司所長、浦野頼義次長、山本誠一 AI 応用グループリーダー、AI 応用グループ研究員各位ならびに通信網支援ソフトウェアグループ研究員各位に感謝します。

文献

[1] M. Georgeff, F. Ingrand, "Decision making in an embedded reasoning systems," Proceedings of the 11th International Joint Conference on AI, pp. 972-978, 1989

[2] L. Gasser, N., Rouquette, R. Hill, and J. Lieb, "Representing and Using Organizational Knowledge in DAI Systems," In Gasser, L. and Huhns, M. N. (eds.): Distributed Artificial Intelligence, Vol. II, Pitman, pp. 55-78, 1989