

機器選択配置エキスパートシステムの設計

1G-8

鶴島 彰

齊藤 宗昭

セコム I S 研究所

1. はじめに

著者らが開発中の、オンライン監視システム設置時の機器選択配置を支援するエキスパートシステム (ESSPL) は、次の作業の支援を目的とする。

(1) センサーの選択と配置

建築物を監視するために、所要所に適切なセンサーを適切な位置へ配置する。

(2) 室内電波搬送

各センサーから制御機までの電波搬送経路を決定する。

(3) ケーブリング

有線搬送経路、および電源ライン経路を決定する。ここでは、センサーの選択と配置のみを対象としたプロトタイプシステムについて報告する。

2. 知識ベースの概要

建築物にオンライン監視システムを設置する際、適切なセンサーを必要なだけ選択し、建築物内での設置位置を特定しなければならない。従来、人により行われてきたこの作業には、次の6種類の知識が必要である。

建築物 監視システム
フレーム フレーム

- | | | |
|--------------------|---|---|
| ① 建築物に関する知識 | ◎ | |
| ② 監視システムに関する知識 | | ◎ |
| ③ 安全性判断のための知識 | ○ | |
| ④ 設置順序に関する知識 | ○ | |
| ⑤ センサー選択知識 | ○ | |
| ⑥ センサー配置 (位置決定) 知識 | | ○ |

知識ベースは、建築物フレーム、監視システムフレーム、制約管理フレームに分かれている。

建築物フレームは、建築物各部を表すフレームの集まりであり、建築物、フロア、部屋、壁面、その他 (ドア、窓、等) というように has-a リンクにより空間的包含関係で階層化されたクラスフレームからなる。各フレームは、SecurityCheckRule スロット、MessageOrderRule スロット、SelectionRule スロットを持ち、それぞれ③安全性判断のための知識、④設置順序に関する知識、⑤センサー選択知識が納められている。建築物各部の、形状、大きさ等、幾何学情報は、点、線、多角形、多面体を表す Prolog 事実節の形で三次元 CAD データとして与えられる。入力情報が与えられると、該当するインスタンスフレームが作られる。

監視システムフレームは、監視システムを構成する各種機器を表すクラスフレームからなり、制御装置、

センサー類、通信装置など構成機器の種類別に分類されている。各フレームは、PlacementRule スロットを持ち、⑥センサー配置知識が納められている。

入力として与えられる建築物の情報は、建築物フレームのインスタンスとなる。推論結果として、設置位置の特定されたセンサーフレームのインスタンス群が生成され、システムの出力となる。

3. 推論手続き

ESSPL の推論は機器の選択と配置の二つからなる。選択は、建物の状態を見て、(1) センサー監視が必要かどうか判断し、(2) 必要であるなら、まず建物のどの特定部分にセンサー設置をするかを決め、(3) その部分を監視するのに最適なセンサーを選択することを言う。選択と配置は、ひとつながりの作業であり、選択されたセンサーが配置に失敗したならその選択は取り消される。選択配置に関するルールは、Prolog 節の形で書かれている。推論は、フレーム間のメッセージパッシングにより建築物フレーム主導で行われる。

建築物フレームには、推論手続きが書かれた Secure スロットがあり、メッセージの到着により動き出す。

Secure 手続き:

A: SecurityCheckRule を利用して、そのフレームが安全であるかどうか (監視の必要があるかどうか) 判断し、安全であるなら成功を返し処理を終了する。そうでないなら、B1, B2, B3 を実行する。

B1: 下位フレーム (has-a スロットに記述) があれば、MessageOrderRule を利用して、順番に下位フレームの Secure スロットにメッセージを送っていく。

B2: SelectionRule を利用してセンサーを選び、自分の名前 (TargetName) を伴ったメッセージをセンサーフレームの Instantiate スロットに送る。

B3: SecurityCheckRule を利用して安全かどうか判断し、安全なら成功を、そうでないなら失敗を返す。

監視システムフレームには、配置及びインスタンス生成手続きがかかれた Instantiate スロットがあり、建築物フレームからの TargetName を伴ったメッセージの到着により動き出す。

Instantiate 手続き:

A: A1, A2, A3 を実行し、失敗すれば B を実行する。

A1: 自分のインスタンスを生成する。

A2: 値を決めなければならない全てのスロット (MustFillSlot のメンバー) に対し、HowTo

Fillフィールドに書かれた手続きを利用して、値を満たして行く。成功ならばA3へ、失敗ならばBへいく。

A3: 生成されたインスタンスの名前を、TargetNameフレームのhas-aスロットに書く。

B: 生成したインスタンスを消し、失敗を宣言。

A2のMustFillSlotスロットの値のメンバーは、生成されたインスタンスを解として固定するとき、必ず値が決められなければならないスロットを指す。例えば、あるセンサーの建物内での取り付け場所を示すPositionスロットはMustFillSlotのメンバーである。Instantiate手続きは、インスタンスを固定するためにPositionスロットに値を入れようとし、値決定の手続きが書いてあるHowToFillフィールドを読みにいき、その手続きを実行する。

Positionスロットの値決定は、センサー配置ルールを利用して行われる。センサー配置ルールは、主にセンサーの位置を決めるための制約条件を記述したものであり、強い制約と弱い制約の二つに分かれている。強い制約は、位置決定の際、絶対満足されねばならない制約を表し、弱い制約は満たされれば望ましい制約条件を表し取扱いが異なる。

全てのMustFillSlotのメンバーに値が決定されたなら、生成されたインスタンスは解として固定され、その名前が配置先のフレーム(TargetNameフレーム)のhas-aスロットに書かれる。

以上が、基本的な推論手続きである。通常、推論は、対象建築物全体を表す建築物フレームのインスタンスのSecureスロットに対し、メッセージを送ることによりスタートする。上で述べた手続きにより、メッセージは順番に下位のフレームに伝わってゆき、建築物全体に対して選択配置手続きが行われる。この手続きは、建築物全体が安全と判断されるまで繰り返され、終了時に残っている監視システムフレームのインスタンス群が解となる。

4. 制約伝搬ネットワーク

配置は、配置ルールで示された制約条件を満たすような建物内の具体的な位置(x座標 y座標 z座標)を見つけることである。例えば、赤外線型侵入感知空間センサーの制約条件は以下の様である。

- ・監視対象と同じ部屋内に設置
- ・壁面または、天井に設置
- ・床面から1.5m-5mの高さに設置
- ・設置角度は水平に対し45度-60度の範囲
- ・最短監視距離1m
- ・最長監視距離5m
- ・対象物が監視範囲にはいるよう設置
- ・監視方向を窓に向けない
- ・監視方向が、監視対象面に対し斜めであることが好ましい。

広大な探索空間から、これらの制約条件を満たす点を見つけるには探索効率が重要である。例えば、盲目的に候補点を生成してゆき、それぞれが上記制約条件を満たしているかどうかテストするという方法は効率面で受け入れられない。効率的な探索のためには、明示的に与えられた制約条件から、それらを満たす配置位

置を導き出すという逆方向の評価機構が望まれる。ここでは制約条件を制約伝搬ネットワークとして表し、ネットワーク上の値の伝搬を利用した解探索を行う。

監視システムフレームは、配置ルールにより必要な制約条件を描えると、後の処理を制約管理フレームに一任する。制約管理フレームは、数値的な制約条件に関する推論を専門に取り扱う部分であり、方程式の形で与えられた制約条件を制約伝搬ネットワークに展開し、全ての制約条件を満たすような値を探索する。制約伝搬ネットワークは、変数、定数、不等号、及び双方向評価可能な演算要素をノードとするネットワークである。

制約伝搬ネットワークを使う目的は、制約条件を宣言的に記述できるようにすることと、解探索を効率よく行うことである。宣言的な記述の利点は、制約条件を記述する際、それがいつ、どのように使われるかを記述者が考慮しなくてすむことである。また、制約伝搬ネットワークは、常に制約が満足されるように変数の値が決められるから、効率の良い探索ができる。これらの目的のために制約伝搬ネットワークが持たねばならない機能に以下のものがある。

- ・変数の双方向的な評価
- ・制約条件の遅延評価
- ・等式と不等式による記述

制約伝搬ネットワークは設置位置決定のための一時的なものであり、制約管理フレームにより各配置毎に生成され、設置位置が決まると消去される。このように制約伝搬ネットワークは、制約管理フレームにより管理されており、制約伝搬ネットワークへのアクセスは全て制約管理フレームを通して行われる。制約管理フレームの主な機能を次にあげる。

- ・制約伝搬ネットワークへのアクセス(生成、変更、消去、参照、等)
- ・制約伝搬(解の伝搬)の制御
- ・強い制約と弱い制約の扱い分け

5. まとめ

オンライン監視システム設置用機器選択配置エキスパートシステムのプロトタイプについて報告した。知識ベースは、フレームを基調に表現され、建築物フレーム、監視システムフレーム、制約管理フレームの三つの部分からなる。本知識ベースは、TAO-ELIS上に構築されている。

謝辞

日頃御指導いただくセコムIS研究所の橋本新一郎所長、並びに本研究に御協力いただいたセコムテクニカルセンター開発部の方々に感謝致します。

参考文献

Y. Ogawa, K. Shima, T. Sugawara and S. Takagi, "Knowledge Representation and Inference Environment: KRINE, --- An Approach to Integration of Frame, Prolog and Graphics." Proceedings of The International Conference on Fifth Generation Computer Systems, 1984