

推論機構を用いたメール分配システム

岩室元典 †, 田中理恵子 †, 塚本昌彦 †, 西尾章治郎 †

† 大阪大学工学部情報システム工学科

‡ シャープ株式会社技術本部

本稿では、推論システムを用いてグループやメンバに関する情報を扱う、メール分配システム MILD (MaLL Distribution system) の設計および実装について報告する。従来の電子メールシステムでは、メールの宛先をユーザが直接指定するか、グループと個人や個人と属性という単純な関係を用いて間接的に指定していたが、グループウェアなどの多数の人間が関与するアプリケーションにおいては、グループやメンバに関する複雑な情報を扱う機能が必要となる。そこで、MILD では、知識表現と推論の機能を持つシステムを利用してグループ情報を管理することにより、グループやメンバ間の関係や、それらが持つ属性値との関係、またそれらの組み合わせなどのグループ/メンバ情報を、柔軟に扱うことを可能にした。

Implementation of a Mail Distribution System using Reasoning Mechanism

Motonori IWAMURO†, Rieko TANAKA†, Masahiko TSUKAMOTO†, Shojiro NISHIO†

†Dept. of Information Systems Engineering, Faculty of Engineering, Osaka University

‡Corporate Research and Development Group, SHARP Corporation

This paper describes the design and implementation of MILD (MaLL Distribution) system, which manages the information on groups and members using a reasoning mechanism. In the conventional electronic mail systems, mail addresses are specified directly by users, or indirectly by simple relationships between groups and their members or between persons and their attributes. However, in applications jointly worked by many users such as groupware, it is requested to handle very complex information regarding groups, members, and their attributes. As an important component of the MILD, a system with the capability of knowledge representation as well as reasoning is employed, and we can flexibly manage such complex information.

1 はじめに

近年のネットワークの普及にともない、コンピュータによるコミュニケーションの規模が拡大してきた。これによって、コンピュータは、個人作業の支援だけでなく、複数の人間による協調作業の支援にも利用されるようになりつつある。その結果、グループウェアなどの協調作業環境に関する研究が盛んになっており、協調作業を支援するためのソフトウェアが多数開発されている。

協調作業では、同じ作業に従事するメンバが集まってグループを構成する。そのため、グループウェアでは、グループやメンバに関する情報を管理する必要がある。一般的に協調作業では、一つのグループが作業内容によってさらにいくつかの小グループに分割されたり、複数のグループが連係して作業に当たる場合が多いため、グループ/メンバ情報としては、複数のグループ間の関係が木や束などの複雑な構造をもつ場合を考慮する必要がある。さらに、電子メールのような非同期蓄積型の情報を扱うシステムでは、グループ/メンバ情報は主にコミュニケーションを行なう対象を特定するために用いられるため、グループの所属関係だけでなく、個々のグループやメンバの属性に基づいたグループ化を行ないたいという要求がある。

しかし、従来の協調作業環境を提供するシステムでは、グループやメンバの管理において、このように複雑な構造を持った情報を扱うことは考慮されてこなかった。例えば、文献[2][5]で提案されているシステムでは、グループ/メンバ情報の管理を目的とするが、グループのメンバは個人のみであるという均一な構造をしており、また、各々のグループは互いに独立したものとなっている。このようなシステムでは、内部構造を持つようなグループがの表現が困難となる。

また、文献[3]のシステムでは、個々のメンバ毎に付加された情報をキーとして利用するが、これは個人を同定するためののみ用いられている。これをグループを同定するための手段として拡張することも可能であると考えられるが、この手法で表現できる情報は、個人と属性値との関係に限定される。

そこで本稿では、これらの問題を解決し、より多様なグループ/メンバ情報を扱うために、推論機構を持つ知識ベースシステムを導入することを提案する。知識ベースを導入することにより、所属関係や属性値関係などを自由に表現することができる。その結果、グループが内部構造を持つような場合や、グループやメンバに属性値が付加される場合を、統一的な枠組の中で表現することが可能となる。さらに、属性値となる情報が、構造や属性を持つような場合も表現可能である。

以下、本稿では、インターネットにおける電子メールシステムを対象とする、推論機構を用いたメール分配システム MILD (MaIL Distribution system) の設計および実装について報告する。以下、第2章では推論機構を用いたグループ/メンバ情報の管理について述べ、第3章でMILDシステムの概要について記す。最後に第4章でまとめを行なう。

2 推論機構を用いたグループ/メンバ情報の管理

2.1 知識ベースシステム DOT

まず、メール分配システム MILD で用いる推論機構 DOT(Deductive Object-oriented Term representation)[6][7] の概要について説明する。DOT とは、ドット記法と IS-A 関係を用いて知識を表現し、IS-A 関係の順序性と継承関係をもとに推論を行なう知識ベースシステムである。以下に DOT の構成要素を示す。

- **DOT 式:** A の L_1 の...の L_n ($n \geq 0$)
 A をオブジェクト名, L_i ($1 \leq i \leq n$) をラベルと呼ぶ。
- **IS-A, IS-NOT-A 関係にもとづく知識:**
 A, B を DOT 式とするとき,
 - IS-A 関係: A は B である。
 - IS-NOT-A 関係: A は B でない。
- **推論規則:** A, B, C を DOT 式, p をラベルとする。
 - 反射律: A は A である。

- 推移律: A が B であり, かつ B が C であるならば, A は C である.
- 継承律: A が B ならば, A の p は B の p である.
- 問合せ: A, B を DOT 式, p をラベルとする.
 - 何が A か?/何の p が A か?
 - A は何か?/ A は何の p か?
これらの場合, 解が正規表現で表されることが示されている [8].
 - A は B か?
この場合, 解は次のいずれかである.
 - * A は B である.
 - * A は B でない.
 - * 知識の範囲ではわからない.

次に, 知識表現および問合せの例を示す. まず, 以下のような知識があるとすると,

- 柳川 は Period の 設計者 である.
- 岩村 は MILK の 実装者 である.
- Period は プログラム である.
- MILK は プログラム である. ... (1)

ここで, 以下のような問合せを行なうとする.

- 誰 が プログラム の 実装者 か?

この問合せからどのような解が得られるかを示す. まず反射律により,

- プログラム の 実装者 は
プログラム の 実装者 である.

が成立し, また継承律により,

- Period の 実装者 は
プログラム の 実装者 である.
- MILK の 実装者 は
プログラム の 実装者 である.

が成立する. 次に推移律により,

- 岩村 は プログラム の 実装者 である.

が成立する. その結果,

- プログラム の 実装者,
Period の 実装者,
MILK の 実装者,
岩村
が プログラム の 実装者 である. ... (2)

という解が得られる.

2.2 DOT を用いた情報管理の利点

MILD では推論機構として DOT を採用している. DOT では, ドット記法と IS-A 関係を用いて, グループやメンバといった要素に関する所属関係や属性値関係を記述する. これにより, これらの関係を組み合わせた複雑な情報の表現が可能となる.

また, DOT の推論は, 知識と問合せを元に, その全解集合を受理する非決定性有限オートマトンを構築し, その受理集合を表す正規表現を求めるというものである [4]. DOT は知識の内容によらず必ず停止することが保証されており, また, 解は正規表現となるため, 本来は無限集合となるような結果でも有限の形で求められる.

例えば, 「人の親は人である」という知識のもとで, 「何が人か?」という問合せを行なった場合, 解は, 「人(の親)*」となる.

DOT を情報の管理手段として用いた場合, 停止性が保証されていることから, システムの安定性に関して大きな利点となる.

さらに, DOT は, IS-A 関係, NOT-A 関係によって生じる矛盾を検出することが可能である. これを制約条件に利用することにより, グループやメンバに関する情報の保守のための有効な手段となる.

例えば, グループの所属関係が循環してはならない場合を考える. グループ G_i がグループ G_j に属す ($i \neq j$) とき, 「 G_i は G_j である」と 「 G_j は G_i でない」の二つの知識を保持するとする. 循環が生じた場合, その上の全てのグループは 「 G_i は G_j である」と 「 G_j は G_i でない」が同時に成立して矛盾を生じる. これにより, 制約条件を満たしているか否かを検出することが可能である.

これらの特長により, DOT を用いたグループ/メンバ情報の管理は, 有用性が高いと考えられる.

To: mild@coffee
Subject: バグ報告です
 [プログラムの実装者]

柳川です。MILK にバグを発見しました。

図 1: MILD システムを利用したメールの例

3 MILD の実装

メール分配システム MILD の設計方針は、既存のメールシステムおよび関連アプリケーションを変更することなく、グループ通信機能を強化するというものである。このため、メールはメーリングリストと同様に特定のアドレスに送信することとし、本来の宛先は電子メールのメッセージ形式 [1] に収まるような形で追加することとする。

3.1 MILD における宛先の表記法

MILD における宛先は、次の形式で記述する。なお、MILD では、オブジェクト名やラベル名、演算子等に日本語表現を用いることができるが、それぞれの区切りには空白が必要である。

- 「To:」欄には、通常のメーリングリストシステムと同様に、受信者が MILD システムと設定されている電子メールアドレスを記述する。
- 宛先は「Subject:」欄に、大カッコ「[...]」で括って記述する。宛先自身には「[」,「]」を含めることはできない。
- 大カッコの内部は、アドレス導出式、単項演算子、二項演算子、およびこれらを小カッコ「(...)」でくくったものからなる式で記述する。アドレス導出式の結果は電子メールアドレスであり、各演算子は、電子メールアドレスに対する集合演算を行なうものである。
- アドレス導出式は、 A を DOT 式、 p をラベルとすると、
 - a) A
 - b) p が A

のいずれかの形式で記述する。詳細は次節に譲る。なお、 b では「が」の代わりに「は」、 $[:]$ も用いることができる。また、オブジェクト名、ラベルを結合する記号として、 $[.]$ を用いることもできる。

- 単項演算子は、補集合演算（「!」、「以外」）のみであり、式の前後どちらにおいてもよい。これは他の演算子に優先する。
- 二項演算子は、和集合（「|」、「|」、「と」、「または」）と積集合（「&」、「かつ」）であり、優先順位は存在しない。
- 複数の大カッコが存在すれば、それらの解の和集合をとる。特定の文字列を無視するよう指定することも可能である。

宛先の例としては、以下のようなものが挙げられる。

- プレリユードのオーナー
- 出身地が関西
- 車のオーナー以外
- 研究室の学生かつ4年生以外
- 研究分野がマルチメディア
または趣味がゲーム

3.2 DOT を用いた電子メールアドレスの導出

MILD では、グループやメンバに関する情報を、前章に示したような DOT の知識として保持する。そして、宛先におけるアドレス導出式を元に、DOT に対して以下のような問合せを行なう。

- a') 誰が A か?
- b') 誰の p が A か?

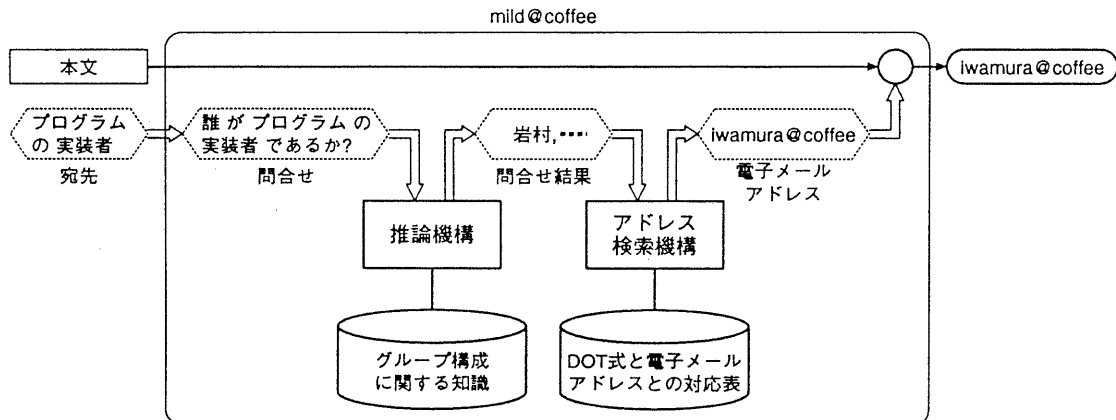


図 2: 推論機構を用いたメール分配システム

問合せの結果は、DOT 式と電子メールアドレスとの対応表と比較される。アドレス導出式の結果は、最終的に電子メールアドレスとなる(図 2)。

例を挙げて説明する。表 1 のような、DOT 式と電子メールアドレスとの対応表があったとする。

ここで、知識ベースに前章の例に示した知識 (1) が格納されている場合、宛先として、図 1 のように「プログラムの実装者」と記述すると、MILD では DOT に対する問合せ結果 (2) と表 1 とを比較し、iwamura@coffee というアドレスを導出し、メールの宛先とする。この例では、メンバの属性値を元にメールを送信する対象を決定している。

DOT 式	電子メールアドレス
柳川	yanagawa@coffee
岩村	iwamura@coffee

表 1: DOT 式と電子メールアドレスとの対応表

別の例として、次のような知識を考える。

- ・ 柳川の出身地は浜松である。
- ・ 浜松の名産は鰻である。
- ・ 鰻は魚である。

ここで、宛先として、「出身地の名産が魚」と指定すると、「柳川」が得られ、表 1 よりアドレスと

して yanagawa@coffee が得られる。この例では、グループの属性値をキーとして、そのグループに属すメンバを特定している。

このように、推論機構を利用することによって、従来のシステムでは表現できないような、グループ間の所属関係やグループ/メンバと属性値との関係を組み合わせた表現が可能となる。

3.3 MILD システムの構成

MILD システムの構成を図 3 に示す。

sendmail は、一般的なメール配送システムである。このシステムは、メールの受信者としてプログラムを指定することが可能であり、MILD はこの機能を利用して、メールの送受信を行なっている。

MILD システムは、ヘッダからの宛先情報の取得、DOT カーネルへの問合せ、問合せ結果と対応表との比較、導出した電子メールアドレスに関する集合演算、およびメールの再分配を行ない、

DOT カーネルは、知識情報の管理、および問合せ処理を行なう。

4 おわりに

本稿で提案したシステムでは、グループやメンバに関する情報を推論機構を用いて管理すること

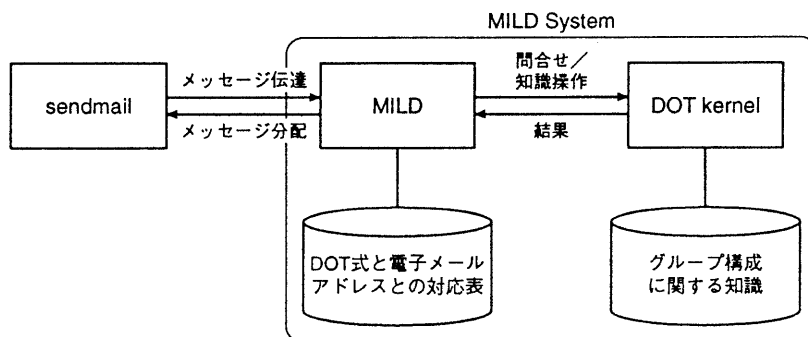


図 3: MILD の構成

により、従来のシステムでは考慮されていなかった、グループとグループや、グループとメンバとの関係、グループやメンバの持つ属性を、統一された枠組の中で表現できるようにした。その結果、所属関係や属性値関係を組み合わせ、より柔軟な表現が可能となった。また、推論機構として DOT を採用することによって、知識の内容によらず停止性が保証され、システムの安定性に関して大きな利点となった。

今後の課題としては、IS-NOT-A 関係による矛盾検出能力などを用いて、グループ/メンバ情報を保守する機構といったものが挙げられる。

謝辞

システムの実装にあたって御協力いただいた清一隆氏、柳沢豊氏、および八幡孝氏に深謝の意を表す。なお、本研究の一部は、文部省科学研究費によるものである。

参考文献

- [1] Crocker, David H.: Standard for the format of ARPA Internet text messages, RFC #822 (1982).
- [2] 平岩真一: グループウェア管理支援システムの構築, 情報処理学会研究報告 マルチメディアと分散処理 63-21 / グループウェア 5-21, pp.157-164 (1994).
- [3] 落合真一, 齋藤正史, 田中朗, 福岡久雄: IMES 電子メールシステム, 情報処理学会研究報告 マルチメディアと分散処理 47-8, pp.1-8 (1990).

- [4] 清一隆, 塚本昌彦, 西尾章治郎: ドット記法と IS-A 関係を用いた推論システムの高速化に関する研究, 第 8 回人工知能学会全国大会論文集 (1994 掲載予定).
- [5] 田中啓介, 井田昌之: Apostle の名前管理機構, 情報処理学会研究報告 マルチメディアと分散処理 40-4, pp.1-7 (1989).
- [6] Tsukamoto, M., Nishio, S., and Fujio, M.: DOT: A Term Representation using DOT Algebra for Knowledge-bases, *Proc. of the 2nd Int'l Conf. on Deductive and Object-Oriented Databases*, pp.231-410 (1991).
- [7] Tsukamoto, M., Nishio, S., Fujio, M., and Miyamoto, M.: Query Processing for a Knowledge-base Using DOT Algebra, *Proc. of Int'l Workshop on Interoperability of Multi-Database Systems*, pp.46-53 (1991).
- [8] 塚本昌彦, 西尾章治郎: ドット記法と IS-A 関係を用いた知識表現システム DOT, *人工知能学会誌*, Vol.10, No.1 (1995 掲載予定).