

「能動的情報資源」の概念を用いたイントラネット管理支援機構の研究

阿部 亨[†] 木下 哲男[†] 岩谷 幸雄[‡] 今野 将[‡]

[†] 東北大学 情報シナジーセンター

[‡] 東北大学 電気通信研究所

概要

一般に、ネットワークシステムの維持・管理を行うためには、障害等に関する「状況の把握／原因の特定／対策の決定／対策の適用」といった一連の作業が必要となる。近年のネットワークシステムは、ますます大規模・複雑になりつつあるため、ネットワークの管理者がこれら一連の作業を行うに際し要求される労力や専門知識は増加・高度化の一途を辿っている。本研究グループは、このようなネットワーク管理者の負担の軽減を図るために、「能動的情報資源 (AIR)」の概念をネットワーク管理に関する知識・情報へ適用し、これらの知識・情報を自律的に組織化・協調させることで管理作業を能動的に支援する新たな機構 (AIR-NMS) の実現を目指している。本稿では、本研究グループが検討を進めている AIR-NMS の概要について報告する。

1 はじめに

一般に、ネットワークシステムの維持・管理（障害への対応，セキュリティの確保，パフォーマンスの調整等）を行うためには、障害等に関する「状況の把握／原因の特定／対策の決定／対策の適用」といった一連の作業が必要となる。近年、ネットワークシステムは、ますます大規模・複雑になりつつあり、その利用形態も多様化してきているため、ネットワークの管理者がこれら一連の作業を行うに際し要求される労力や専門的知識は増加・高度化の一途を辿っている。現在、この問題に対処するために、いくつかのネットワーク管理支援システムが提案・商品化されている [1-4]。しかしそれらの多くは、管理に必要な機器の状態情報や一般的な対応策を管理者へ提示するに留まり、情報の総合的な判断や具体的対策の決定は依然として管理者の側に委ねられている。また、ネットワークの構成が変更された場合や、管理に関する知識を新たに追加する場合など、ネットワーク管理支援システム自体の変更が必要な状況への対応が非常に困難であるという問題を有している。

本研究グループは、これら従来のネットワーク管理支援システムが有する問題を克服し、ネットワーク管理作業に要する負担の軽減を図るために、本研究グループが提案する「能動的情報資源 (Active Information Resource: AIR)」 [5] の概念を用いた新しいネットワーク管理支援システム (AIR-based Network Management Support System: AIR-NMS) の実現を目指している。AIR-NMS では、ネットワーク管理についての知識やネットワーク構成機器の情報が各々エージェントとして構成され、それらが自律的に組織化・協調することで、ネットワークの障害に関する「状況の把握／原因の特定／対策の決定」の能動的支援が可能となっている。本稿では、本研究グループが検討を進めている AIR-NMS の概要について報告する。

2 ネットワーク管理への能動的情報資源の適用

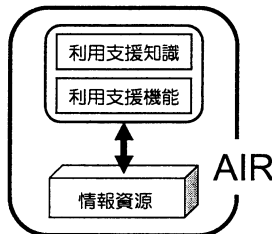
ここでは、本研究グループが提案している「能動的情報資源 (AIR)」の概要と、この AIR の概念をネットワーク管理の場面へ適用することにより得られる効果について説明する。

情報資源をエージェントとして構成

能動的情報資源
(Active Information Resource: AIR)

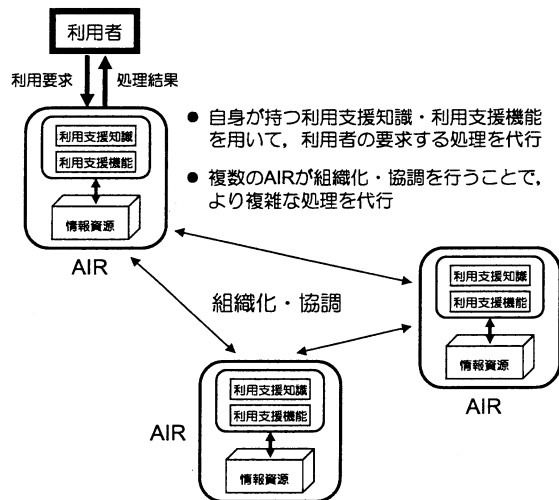


情報資源自身に能動性・自律性を付与



- 利用支援知識・利用支援機能を持つエージェントとして各情報資源を構成
- 各AIRは、利用支援知識・利用支援機能を用い能動的・自律的に動作

AIRの能動的・自律的な動作



- 自身が持つ利用支援知識・利用支援機能を用いて、利用者の要求する処理を代行
- 複数のAIRが組織化・協調を行うことで、より複雑な処理を代行

図 1: 能動的情報資源 (AIR) の構成と組織化・協調

2.1 能動的情報資源 (AIR)

現在、インターネットを代表とする分散環境上には、膨大な量の各種情報資源（文字・記号、画像・図形、音など種々の対象を電子化したデータ）が蓄積されている。一般に、このような分散情報資源を実際に活用するためには、検索／加工／統合など情報資源に対する一連の処理が必要であり、これらに要する煩雑な作業は、専門知識や専用ツールを持たない利用者が分散情報資源を活用する際の大きな障害となっている。AIRは、分散情報資源の有効活用を図るために、本研究グループの一員である木下により提案された手法である [5]。

この手法では、図 1 に示すように、利用支援知識と利用支援機能とを情報資源に付加したエージェントとして各 AIR が構成される。これにより、情報資源自体が能動性・自律性を持つことになり、今まで利用者へ全面的に委ねられていた情報資源に対する処理の一部を情報資源自身が代行できるようになる [6, 7]。例えば、利用者からの利用要求を受けた AIR は、自身が有する利用支援機能により、自身が持つ利用支援知識に基づいて情報資源に対する処理を行い、その結果を利用者へ送信する。あるいは、各自の利用支援知識・機能を用いることで、複数の AIR が組織化・協調を行い、より複雑な処理を能動的・自律的に代行することも可能となる。

2.2 ネットワーク管理

通常、ネットワークシステムを維持・管理するための一連の作業は、ネットワークを構成する各機器の状態情報などネットワーク内に分散した種々の情報と、管理者が持つ経験的知識とを用いることで順次処理されていく。例えば、図 2 (a) に示すネットワークシステムにおいて、サブネット A 内の PC からサブネット B 内のサーバへのアクセスに障害が生じた場合、管理者は、自らの経験的知識を用いて以下の作業を行う必要がある。

- 作業 1 サブネット A 内の PC とルータ、サブネット B 内のサーバとルータ、および基幹ネットワークの状態情報の収集
- 作業 2 収集された情報の統合
- 作業 3 障害の原因の特定
- 作業 4 障害への適切な対策の決定
- 作業 5 決定された対策の適用

ネットワークシステムが大規模・複雑になれば、これらの作業を行う管理者の労力は膨大なものとなる。また、管理者は、各作業を行うに際し、ネットワーク一般に関する高度な経験的知識を有するだけでなく、管理対象に

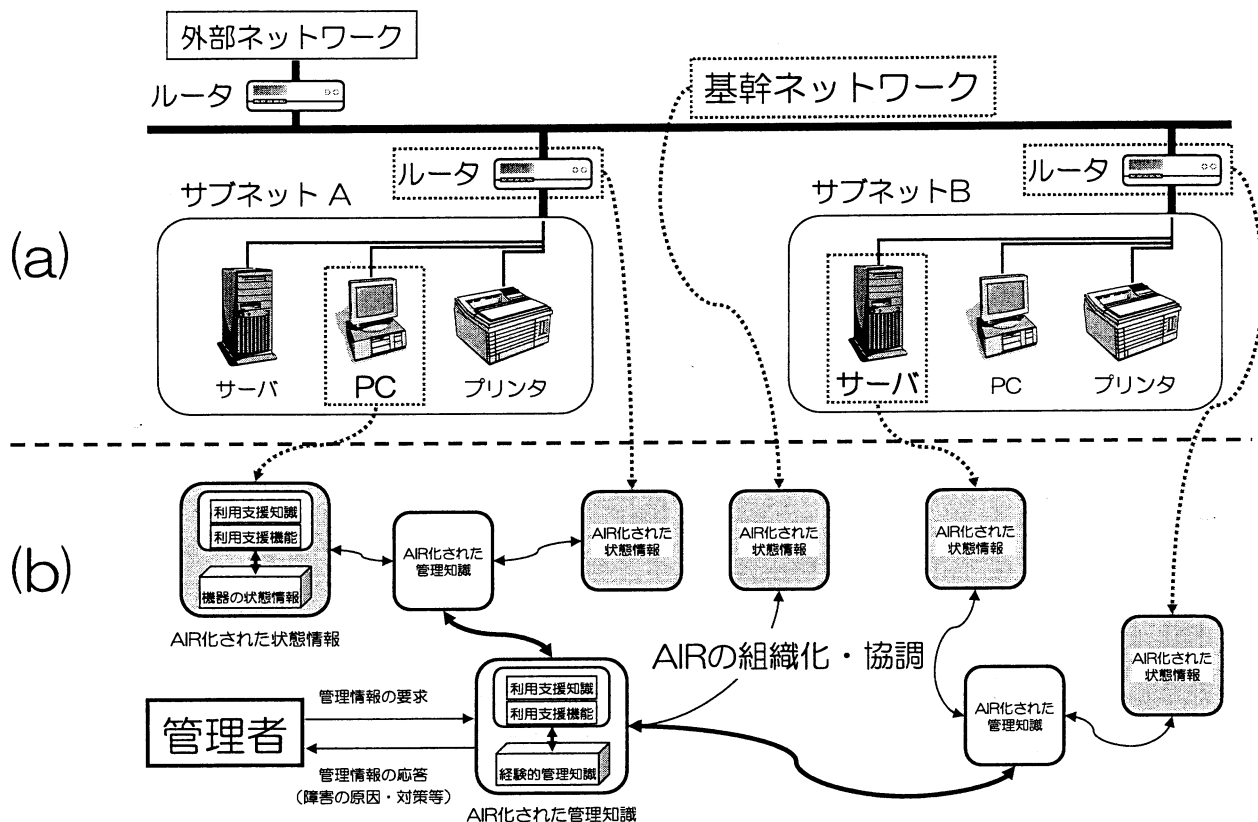


図 2: ネットワーク管理への AIR の導入

固有の知識（ネットワーク内の機器構成等に関する最新の知識）にも精通していることが要求される。

2.3 ネットワーク管理への AIR の導入

このようなネットワーク管理の場面において、各機器の状態情報や管理者の経験的知識を情報資源とみなし、図 2 (b) に示すように、それらを AIR 化すれば、管理作業の大部分を AIR の組織化・協調により代行させることができ、管理者の労力を大幅に削減するための支援が可能となる。さらに、AIR が有する能動性・自律性を用いることで、ネットワーク管理に関する経験的知識の更新/追加/継承が容易となり、また、ネットワーク構成機器の多様な監視が可能となるため、より高度かつ柔軟なネットワーク管理支援の実現が期待できる。

本研究グループは、AIR の概念を導入した新たなネットワーク管理支援システムを提案しており、これを AIR-NMS (AIR-based Network Management Support System) と名付けている [11-14]。AIR-NMS では

- 管理者がネットワークシステムの障害を発見した場合、管理者からの要求に応じて「状況の把握/原因の特定/対策の決定」を行い、それらの結果を管理者へ通知する機能
- AIR-NMS が監視しているネットワーク構成機器に障害が検知された場合、「状況の把握/原因の特定/対策の決定」を自律的に行い、それらの結果を管理者へ通知する機能

の実現を目指している。

3 AIR の概念に基づいたネットワーク管理支援システム (AIR-NMS)

ここでは、AIR の概念に基づいたネットワーク管理支援システム AIR-NMS (AIR-based Network Management Support System) の構成とその動作について説明する。

(a) I_s-AIR

```
<? xml version=" 1.0" ?>
<subnet>
  <subnetname>a_lab</subnetname>      #サブネット名
  <addrspace>172.20.2.0/24</addrspace> #アドレス空間
  <gateway>172.20.2.1</gateway>      #ゲートウェイアドレス
  <firewall>yes</firewall>          #ファイアウォールの有無
  <server> #サーバ情報
    <service>web</service>          #サーバの種類
    <ipaddress>172.20.2.40</ipaddress>
    <name>www.a_lab.ac.jp</name>
    <process>apache2.0</process> #サーバプログラム
    .....
  </server>
  <server>
    .....
  </server>
  .....
</subnet>
```

(b) I_d-AIR

```
Apr 1 01:38:48 mail sendmail[10892]: ruleset=check_rcpt,
arg1=<noname@noname.nohost.jp>,
relay=nohost.nohost.jp [172.20.2.1], reject=550 5.7.1
noname2@noname.nohost.jp ... Relaying denied
Apr 23 16:17:23 mail sendmail[16925]: ruleset=check_rcpt,
arg1=<noname@noname.nohost.jp>, relay=[172.20.2.2],
reject=550 5.7.1 noname3@noname.nohost.jp ... Relaying
denied. IP name lookup failed [172.20.2.2]
```

図 3: I-AIR (I_s-AIR, I_d-AIR) の例

3.1 ネットワーク管理支援のための AIR

AIR-NMS では、ネットワーク管理支援のために、以下の 2 種類の AIR を導入している。

- ネットワーク構成機器の状態情報を AIR 化した **I-AIR** (Status Information AIR)
- ネットワーク管理に関する経験的知識を AIR 化した **K-AIR** (Management Knowledge AIR)

I-AIR

I-AIR には、ネットワークシステムにおける静的な情報を AIR 化した I_s-AIR (Static I-AIR) と、動的な情報を AIR 化した I_d-AIR (Dynamic I-AIR) の 2 種類がある。

I_s-AIR は、サブネットの構成情報やアプリケーションの設定情報など、同一のネットワークシステム内ならば頻繁には更新されない静的な情報を AIR 化したものである。例えば、サブネットの構成情報を AIR 化した I_s-AIR は、情報資源として、サブネット名、管理者名、管理者 E-mail、サブネットにおける各種サーバ名や IP アドレス等の情報を持つ (図 3 (a))。

I_d-AIR は、ネットワーク構成機器の状態情報など時々刻々と変化する動的な情報を、SNMP や MIB あるいはサーバのアクセスログ等から獲得し、AIR 化したものである。例えば、SMTP サーバの状態情報を AIR 化した I_d-AIR は、情報資源として、メールサーバのプロセスに関するログの情報を持つ (図 3 (b))。

これらの I-AIR は

- 自身が保持する状態情報を必要に応じて更新
- ネットワーク構成機器の状態の監視
- 他の AIR からの要求に応じ自身が保持する情報を加工・提供

するための利用支援知識・機能を有し、これらを用いることで、他の AIR と能動的・自律的に組織化・協調を行う。

K-AIR

ネットワーク管理についての経験的知識 (障害に関する「状況の把握/原因の特定/対策の決定」を行うための作業手順、および障害への対応策) を AIR 化したものが K-AIR である。

図 4 (a) に示すように、管理者あるいは他の AIR からの利用要求 (対処すべき障害の情報) を受けた K-AIR は、まず、与えられた障害に自身が対応可能か否か大まかな判断を行い、対応可能な場合は、自身が有する情報資源 (作業手順) に基づき、障害に関する「状況の把握/原因の特定/対策の決定」作業を進める。その際、情報資源は、図 4 (b) に例を示すように、管理対象の IP アドレス等が特定されていない汎用的なルール型の手順として

(a) K-AIR の機能

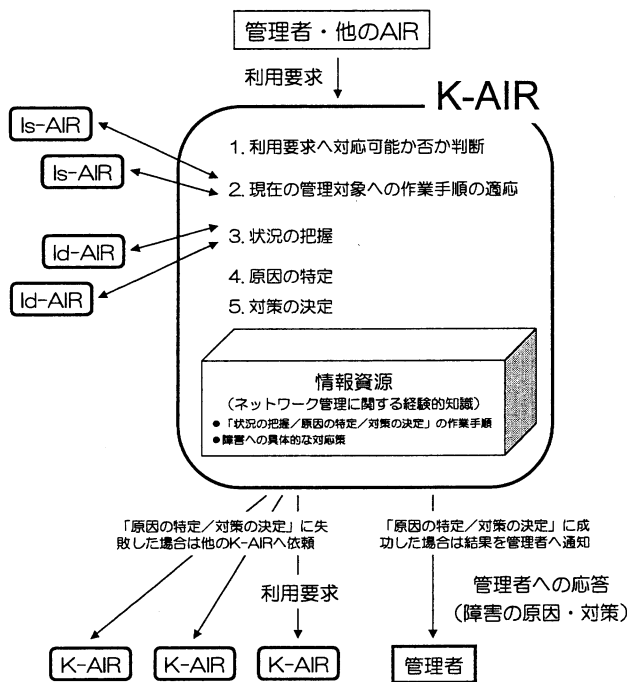


図 4: K-AIR の機能と K-AIR が情報資源として保持する作業手順の例

(b) K-AIR が情報資源として保持する作業手順の例

- A) サブネット____においてメールが送信出来ない
 - サブネット____のSMTP サーバの特定作業としてサブネットの構成情報を持つK-AIR からSMTPサーバのIP獲得→B)へ
- B) SMTP サーバ____の異常特定作業の実行
 - SMTP サーバ____のログの確認→C)へ
 - SMTP サーバ____の動作状況確認
 - メールクライアントソフト____の設定確認
 - クライアントPC____のネットワーク設定確認
 - 途中経路____の状況確認
- C) SMTP サーバのログの確認
 - SMTP サーバ____のログ情報を持つId-AIRの呼び出し→D)へ
- D) SMTP サーバのログ情報検査
 - エラーの有無の検査
 - エラー有り→エラー____の解決知識を持つK-AIRの呼び出し
 - エラー無し→終了

記述されているため、 I_s -AIR を呼び出すことで管理対象の具体的な情報を獲得し、情報資源を現在の管理対象に適応させる。次に、必要に応じ I_d -AIR を呼び出すことでネットワークの状態を調査し、「状況の把握/原因の特定/対策の決定」を行う。与えられた障害について「対策の決定」に成功した場合は、決定された対策を障害の原因と併せて管理者に通知する。また、自身が保持する情報資源では対応しきれず「対策の決定」に失敗した場合は、他の K-AIR へ利用要求を送り作業を依頼する。

以上のように、K-AIR は

- I_s -AIR と連携・協調することで、自身の保持する汎用的な作業手順を具体的な管理対象へ適用可能
- I_d -AIR と連携・協調することで、作業に必要な各種の情報を能動的に獲得可能
- 他の K-AIR と連携・協調することで、動作時に作業手順を自律的に組織化可能

という特徴を持つ。これにより、ネットワーク管理に関する経験的知識の更新/追加/継承、ネットワーク構成の変更への柔軟な対応が容易に可能となる。さらに、複数の K-AIR が動作時に自律的に組織化を行うため、単一の K-AIR が単純な作業手順しか持たない場合でも、複数の K-AIR が協調することで複雑な作業手順を構成することができ、より高度なネットワーク管理支援の実現が可能になるという利点を持つ。

3.2 AIR-NMS の動作

AIR-NMS は、以下の 2 種類の状態が発生した場合に、その活動を開始する。AIR の動作の概要を図 5 に示す。

- 管理者がネットワークシステムに障害を発見した場合
- I_d -AIR がネットワーク構成機器に障害を検知した場合

管理者が障害を発見した場合

管理者がネットワークシステムに障害を発見した場合、管理者は、「障害対象」や「障害状況」等からなる利用要求を AIR-NMS へ入力する。例えば、“サブネット A 内でメールが送信できない”という障害ならば、「障害対

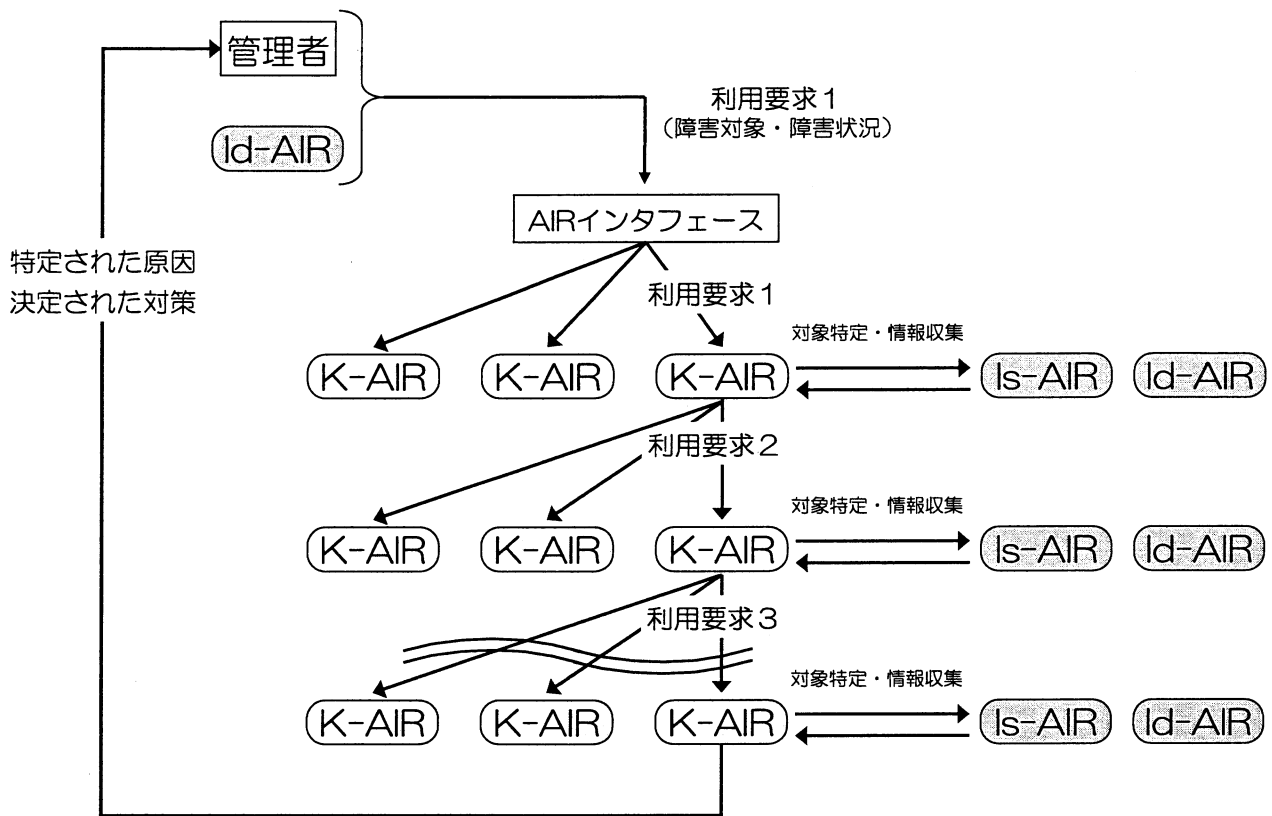


図 5: AIR-NMS の動作

象」は「サブネット A」,「障害状況」は「メールが送信できない」となる。

利用要求を受けた K-AIR で、その利用要求に対応可能なものは、与えられた障害に関する「状況の把握/原因の特定/対策の決定」作業を開始する。例えば、図 4 (b) に示す情報資源を保持する K-AIR の場合、まず、作業手順 A) を実行することになる。この K-AIR は、サブネット A 内の SMTP サーバを特定するために、サブネット A の構成情報を保持する I_s -AIR と連携・協調し、サブネット A 内の SMTP サーバの IP アドレス等を獲得する。次に、K-AIR は、作業手順 B) を実行し、障害の状況を把握ために各種状態情報の収集を行う。例えば、SMTP サーバのログ情報を獲得するためには、SMTP サーバのログを情報資源として保持する I_d -AIR を呼び出す。必要な状態情報を取得後、K-AIR は、それらの情報を基に、与えられた障害に関する「原因の特定/対策の決定」を行い、その作業に成功した場合は、決定された対策を障害の原因と併せて管理者に通知する。

自身が保持する情報資源では対応しきれず「対策の決定」が行えなかった場合は、作業結果を基に自身が受けた利用要求を変更し、新たな利用要求として他の K-AIR へ依頼する。これにより、別の情報資源（作業手順）に基づいた「状況の把握/原因の特定/対策の決定」作業を続行する。

I_d -AIR が障害を検知した場合

I_d -AIR は、利用支援知識・機能を用いることで、ネットワーク構成機器の状態を監視することができ、機器等の障害を検知することができる。 I_d -AIR が機器等の障害を検知した場合、「障害対象」や「障害状況」等からなる利用要求を K-AIR へ送信する。以降は、先に述べた「管理者が障害を発見した場合」と同様に作業が進められる。

AIR-NMS では、 I_d -AIR が障害を検知することができるため、「対策の適用」を行う AIR を導入すれば、障害の検知から復旧までを自律的に行い障害の発生そのものを管理者から隠蔽することが可能となり、管理者の負担をさらに軽減するシステムを実現できる。しかしながら、これを実現するためには、管理権限の確認方法等、セキュリティ上の課題を多数解決する必要がある。このため、現在の AIR-NMS では、ネットワークシステムの維持・管理の場面に必要な「状況の把握/原因の特定/対策の決定」までをその機能として想定している。

```

(rule SMTP-Server-Check
(Message :performative request :from AIR-Interface :content (SMTP-Server-Check
:network ?network :cl_os ?cos :cl_soft ?csof :cl_ip ?cip))
->
(SendMessage :performative request-information :to broadcast :content Ask-SMTP :network ?network)
(make (SMTP-Server-Check :network ?network :cl_os ?cos :cl_soft ?csof :cl_ip ?cip))
)
(rule GET-SMTP-Server-IP
(SMTP-Server-Check :network ?network :cl_os ?cos :cl_soft ?csof :cl_ip ?cip)
(Message :performative information :from ?Is-AIR :content SMTP-Server-IP :ip ?ip)
->
(SendMessage :performative accept :to ?Is-AIR)
(make (SMTP-Server-Check :network ?network :ip ?ip :cl_os ?cos :cl_soft ?csof :cl_ip ?cip))
)
(rule Run-SMTP-Check
(SMTP-Server-Check :network ?network :ip ?ip :cl_os ?cos :cl_soft ?csof :cl_ip ?cip)
->
(control Server-Log-Check(SMTP ?network ?ip))
(control Server-Stat-Check(SMTP ?network ?ip))
(control Client-Soft-Check(SMTP ?cos ?csof ?cip))
(control Client-Net-Check(SMTP ?cos ?csof ?cip))
(control Route-Check(?ip ?cip))
)
)

```

図 6: K-AIR が持つ利用支援知識の例

4 AIR-NMS の実装方法

AIR は、ルール型の知識に基づき、自律的・能動的に活動するプログラムとして実装される。このような AIR の実現するために、マルチエージェントシステムを用いる手法が提案されている [6, 7]。これは、AIR の持つ

- 知識に基づいた活動
- 複数の AIR による組織化・協調
- 外部からの要求・イベントに応じた活性化

等の特徴を実現する上で、マルチエージェントシステムが提供する機能や動作特性が効果的に活用できることによる。

そこで、本研究グループは分散環境上でマルチエージェントシステムを実現するためのフレームワークである ADIPS/DASH フレームワーク [8, 9] を用い、AIR-NMS の実装を進めている。ADIPS/DASH フレームワークでは、ルール型の知識記述言語によりエージェント知識が記述され、また、このフレームワークが備えるインタフェースを介することで、エージェント知識に基づいた Java プログラムの自律的な制御が可能となっている。ADIPS/DASH フレームワークを用いることにより、AIR-NMS を構成する AIR は、ルール型の知識として与えられた利用支援知識に基づき、Java プログラムとして実装された利用支援機能を起動し、情報資源（ネットワーク管理のための作業手順／障害への対応策／機器の状態情報）の加工処理や他の AIR との連携・協調処理を実行する。

AIR-NMS における AIR が持つ利用支援知識の例として、K-AIR が図 4 (b) の管理手順 A) を実行する際の利用支援知識を図 6 に示す。また、AIR が保持する情報資源は、図 3 (a) に例を示したように、RDF/XML [10] に準拠した形式で記述される。RDF/XML データ形式を用いることにより、AIR による情報資源の扱いを容易にし、AIR 間の連携・協調を柔軟に行わせることが可能となる。

このような知識を持つ AIR-NMS を実現することにより、ネットワーク管理者は管理作業の大部分を AIR の組織化・協調処理に任せることが可能となり、管理者の労力を大幅に削減することができる。

5 おわりに

本稿では、AIR の概念を導入したネットワーク管理支援システム AIR-NMS を提案し、その構成と特徴について述べた。

AIR-NMS を用い、ネットワークシステムの維持・管理に必要な一連の作業を部分的に代替することにより、ネットワーク管理者の労力を大幅に削減できる。さらに、提案システムを用いることで、管理者の経験的知識の継承や初級管理者の支援を行うことができ、より高度かつ柔軟なネットワーク管理をネットワーク管理者に依存せずに容易に行えるようになる。

今後、提案手法に基づく実用的な知的管理支援ツールの実現を目指して、AIR-NMS における AIR 相互の組織化・協調手法を中心に、実環境での実験を含めた検討を継続してゆく予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり多大なご支援を賜りました財団法人 石田（實）記念財団ならびに関係者の方々に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] M.P. Consens and M.Z. Hasan, "Supporting network management through declaratively specified data visualizations," Proc. IEEE/IFIP 3rd Int. Symposium Integrated Network Management, pp.725–738, 1993.
- [2] M. Hasan et al., "A conceptual framework for network management event correlation and filtering systems," Proc. 6th IFIP/IEEE Int. Symposium Integrated Network Management, pp.233–246, 1999.
- [3] A. Virmani et al., "Netmon: Network management for the SARAS softswitch," Proc. IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium, pp.803–816, 2000.
- [4] N. Damianou et al., "Tools for domain-based policy management of distributed systems," Proc. IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium, pp.203–218, 2002.
- [5] 木下 哲男, "分散情報資源活用の一手法 — 能動的情報資源の設計 —," 電子情報通信学会技術研究報告, AI99-54, pp.13–19, 1999.
- [6] B. Li, T. Abe, K. Sugawara, and T. Kinoshita, "Active information resource: Design concept and example," Proc. 17th Int. Conf. Advanced Information Networking and Applications, pp.274–277, 2003.
- [7] B. Li, T. Abe, and T. Kinoshita, "Design of agent-based active information resource," Proc. 1st Int. Conf. Agent-Based Technologies and Systems, pp.233–244, 2003.
- [8] 藤田 茂, 菅原 研次, 木下 哲男, 白鳥 則郎, "分散処理システムのエージェント指向アーキテクチャ," 情報処理学会論文誌, vol.37, no.5, pp.840–852, 1996.
- [9] "DASH – Distributed Agent System based on Hybrid architecture," <http://www.agent-town.com/dash>
- [10] "RDF/XML Syntax Specification (Revised) W3C Working Draft 23 January 2003," <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/>
.....
- [11] 加藤 真也, 今野 将, 岩谷 幸雄, 阿部 亨, 木下 哲男, "能動的情報資源によるネットワーク管理支援機構," 2003 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, SD-1-7, March 2003.
- [12] 加藤 真也, 今野 将, 岩谷 幸雄, 阿部 亨, 木下 哲男, "ネットワーク管理支援のための能動的情報資源の設計," 平成 15 年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集, 2J-7, August 2003.
- [13] 今野 将, 加藤 真也, 岩谷 幸雄, 阿部 亨, 木下 哲男, "能動的情報資源の概念に基づくネットワーク管理支援システムの設計," 情報処理学会研究報告, 2003-DPS-114, pp.189–194, August 2003.
- [14] 今野 将, 加藤 真也, 岩谷 幸雄, 阿部 亨, 木下 哲男, "能動的情報資源を用いたネットワーク管理支援システム," Information Technology Letters / 2003 年情報科学技術フォーラム (FIT2003) 講演論文集 (FIT2003 論文賞受賞), pp.135–137, September 2003.