

LG-008

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 Network Management Support System Based on Active Information Resource

今野 将* 加藤 真也† 岩谷 幸雄* 阿部 亨‡ 木下 哲男‡
Susumu Konno Shinya Kato Yukio Iwaya Toru Abe Tetsuo Kinoshita

1. まえがき

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、「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, 2, 3, 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。

これに対し筆者らは、能動的情報資源 (Active Information Resource: AIR) [5] の概念を各機器の状態情報や管理に関する諸知識へ適用することで、これらを自律的に連携・協調させ「状況の把握/原因の特定/対策の決定」を能動的に実行させる手法を提案する。本稿では、提案手法を用いたネットワーク管理支援システム (AIR-based Network Management Support System: AIR-NMS) の設計を行い、その特徴について議論する。

2. 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 (AIR-NMS)

2.1 能動的情報資源 (AIR)

能動的情報資源 (AIR) は、情報資源の構造を強化することで、利用者の要求へ各情報資源を能動的・自律的に対応させ、情報資源のより高度な活用を図る機構である。具体的には、図 1 に示すように、各情報資源 (コンテンツ) に利用支援知識および利用支援機能を付加したエージェントとして AIR を構成し、利用支援知識・機能を用い AIR 相互間で連携・協調処理を行わせることにより、利用者からの処理要求 (例えば、コンテンツ検索・統合・分析など) を AIR 側 (すなわちコンテンツ側) で自律的に実行させるものである。このとき、AIR が実際に活動する作業空間を AIR ワークスペースと呼び、利用者からの処理要求は AIR インタフェースを介してワークスペース内の各 AIR へ伝達される。

2.2 AIR によるネットワーク管理支援

通常、ネットワークシステムを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やログ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

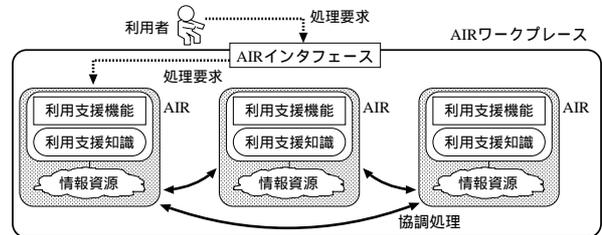


図 1: 能動的情報資源 (AIR) の概念図

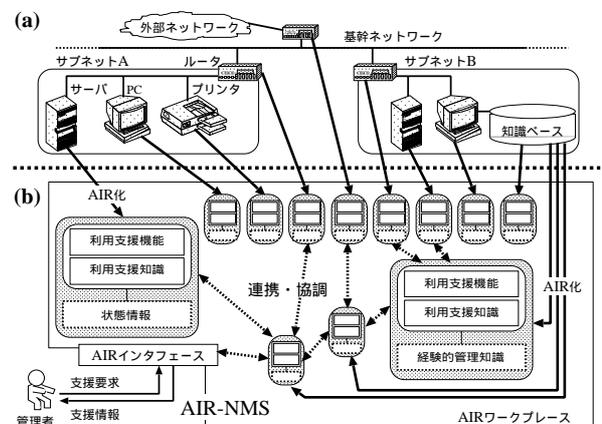


図 2: ネットワークシステムと AIR-NMS

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、現状では、管理者が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 収集された状態情報の統合
- 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。さらに、管理者は、ネットワーク一般に関する高度な知識を有するだけでなく、管理対象に固有の知識 (サブネット内の機器構成など) にも精通していることが要求される。

このようなネットワークシステム管理の場面で、各機器の状態情報や知識ベースに蓄積された管理者の経験的知識を情報資源とみなし AIR 化すれば (図 2 (b)), 管理作業の大部分 (前述の例ならば作業 1~4) を AIR の連携・協調処理により自律的に実行させることができ、管理者の労力を大幅に削減することが可能となる。また、

* 東北大学電気通信研究所
† 東北大学大学院情報科学研究科
‡ 東北大学情報シナジーセンター

(a) I-AIR

```
Apr 1 01:38:48 mail sendmail[1892]:ruleset=check_rcpt,
arg1=<noname@noname.nohost.jp>,relay=nohost.nohost.jp
[192.168.0.1],reject=550 5.7.1<noname2@noname.nohost.jp>
... Relaying denied
Apr 3 16:17:23 mail sendmail[1925]:ruleset=check_rcpt,
arg1=<noname@noname.nohost.jp>,relay=[192.168.0.2],
reject=550 5.7.1 <noname3@noname.nohost.jp>
... Relaying denied. IP name lookup failed[192.168.0.2]
```

(b) K-AIR

- 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
 サブネット_____の構成情報を持つ K-AIR から SMTP サーバの
 IP アドレス獲得 B) へ
- B) SMTP サーバ_____の障害特定作業の実行
 ・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 I-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

図 3: I-AIR, K-AIR における情報資源の例

AIR の導入により、経験的管理知識の継承や修正・追加、あるいは機器構成の変更への対応が容易になるため、より高度かつ柔軟なネットワーク管理が実現できる。

本稿では、以上の考えに基づくネットワーク管理支援システムを提案し、これを AIR-NMS (AIR-based Network Management Support System) と呼ぶ。

3. AIR-NMS の設計とその特徴

3.1 AIR-NMS の構成

AIR-NMS では、以下の 2 種類の AIR を導入する。

- ネットワーク構成機器の状態情報を持つ I-AIR (Status Information AIR)
- 管理者の経験的知識を持つ K-AIR (Management Knowledge AIR)

I-AIR は、SNMP/MIB/アクセスログなどから、ネットワーク構成機器の状態情報を獲得する。例えば、SMTP サーバの状態情報を管理する I-AIR は、情報資源として、メールプロセスに関するログの情報を持つ (図 3 (a))。また I-AIR は、ログから必要な情報だけを抽出する等の処理を行う利用支援機能や、抽出した情報を他の AIR との連携・協調に用いるための利用支援知識を持ち、これらを用いることで能動的・自律的に活動する。

一方、K-AIR は、ネットワーク管理の経験的知識を知識ベースから獲得する。管理知識は知識ベースに格納されており、例えば、図 3 (b) に示すように、IP アドレスなどが特定されていないルール型の汎用的な管理知識として記述される。K-AIR は、このような知識を具体的な対象に特化した知識とするため、他の K-AIR や I-AIR との連携・協調を行う。

例えば、図 3 (b) に示した K-AIR の管理知識 C) では、SMTP サーバのログが確認される。その際、前述の I-AIR が呼び出され、SMTP サーバの IP アドレスが特定される。この後、管理知識 D) が起動され、ログ中の

エラーの有無によって動作が能動的に変化する。このような処理を実現するため、K-AIR では、利用支援機能として、ルール型の汎用的な管理知識を加工する機能が付与される。また、他の AIR との連携・協調により情報資源を具体化する知識が利用支援知識として付加されている。

以上のように、K-AIR は、I-AIR と連携・協調することにより、自身の持つ汎用的な管理知識を具体的な管理知識へと変化させる。この機構により、管理知識の継承・修正・追加、あるいは機器構成の変化への柔軟な対応が容易に可能となる。さらに、K-AIR は他の K-AIR と連携・協調するため、単一の K-AIR が単純な管理知識しか持たない場合も、複数の K-AIR が組み合わせることで複雑な管理知識を構成することができ、より高度な管理知識を提供すること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。

- K-AIR が管理者からの支援要求を受信した場合
- I-AIR が機器の状態情報から障害を発見した場合

例えば、“サブネット A 内でメールが送信できない”という支援要求が管理者から K-AIR へ送られた場合、K-AIR は、まず、図 3 (b) の管理知識 A) を実行する。次に、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 の構成情報を持つ K-AIR と連携・協調し、サブネット A 内の SMTP サーバの IP アドレス等を特定する。SMTP サーバが特定されると、K-AIR は、図 3 (b) の管理知識 B) を実行し、メール送信障害の原因を特定するための各種状態情報の取得作業を行う。例えば、SMTP サーバのログ情報を獲得するために、SMTP サーバのログを情報資源として持つ I-AIR を呼び出す。各種状態情報の取得が完了後、それらの情報を基にエラー箇所を特定し、該当するエラーに関する解決知識を持つ K-AIR からエラーへの対処法を獲得する。獲得された対処法は、管理者からの支援要求を受信した K-AIR を介し、管理者へ提示される。

また、I-AIR は機器の状態情報を常時モニタリングしており、自らの知識を用いて機器等の障害を自律的に発見することができる。I-AIR が機器等の障害を発見した場合、必要な K-AIR および他の I-AIR を呼び出すことにより、原因の特定・対処法の獲得を自律的に行い、発見された障害・特定された原因と共に、獲得された対処法を管理者へと提示する[§]。

このように、AIR-NMS を導入することにより、管理者が行うべき作業は

- AIR-NMS に対する支援要求の送信
- AIR-NMS が提示した対処法の実行

[§]獲得された対処法を実行するための機能を K-AIR へ付与すれば、障害の発見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システムが実現できると考えられる。この場合、管理者の負担はさらに軽減されることになるが、これを実現するためには、管理権限の確認方法など、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
      :client_os ?cos :client_soft ?csof :clinet_ip ?cip))
  -->
  (SendMessage :performative request-information
    :to broadcast :content Ask-SMTP-Server-IP
    :network ?network)
  (make (SMTP-Server-Check :network ?network
    :client_os ?cos :client_soft ?csof :clinet_ip ?cip))
)
(rule GET-SMTP-Server-IP
  (SMTP-Server-Check :network ?network :client_os ?cos
    :client_soft ?csof :clinet_ip ?cip)
  (Message :performative information :from ?K-AIR
    :content SMTP-Server-IP :ip ?ip)
  -->
  (SendMessage :performative accept :to ?K-AIR)
  (make (SMTP-Server-Check :network ?network :ip ?ip
    :client_os ?cos :client_soft ?csof :clinet_ip ?cip))
)
(rule Run-SMTP-Check
  (SMTP-Server-Check :network ?network :ip ?ip
    :client_os ?cos :client_soft ?csof :clinet_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-Network-Check(SMTP ?cos ?csof ?cip))
  (control Route-Check(?ip ?cip))
)

```

図 4: K-AIR における利用支援知識の記述例

の 2 つに集約され、管理作業にかかる負担の大幅な削減が期待できる。また、I-AIR が機器等の障害を自律的に発見することにより、障害への早期対応が可能となる。さらには、従来のネットワーク管理業務では困難であった障害原因の特定作業などについても、AIR-NMS の導入により、その煩雑さの軽減が期待される。

3.3 AIR-NMS の実現方法

AIR-NMS における各 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 の実現方法として、マルチエージェントシステムを用いる方法が提案されている [6, 7]。これは、AIR の持つ

- 知識に基づいて活動を行う
- 複数の AIR が連携・協調を行い問題を解決する
- 外部からの要求・イベントに応じて活性化される

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、本稿では、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 の実装を試みる。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で、AIR-NMS を構成する AIR は、ルール型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（経験的管理知識/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 利用支援知識の一例として、K-AIR が図 3 (b) の管理知識 A) を実行する際の利用支援知識を図 4 に示す。

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 の連携・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。

4. まとめ

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、その設計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ことが確認された。さらに、本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 相互の連携・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 本研究の一部は、平成 14 年度石田 (實) 記念財団研究助成金、および、日本学術振興会科学研究費補助金 (萌芽 15650007) により行われた。

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 on 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 on 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, "分散情報資源活用の一手法 — 能動的情報資源の設計—," 信学技報, AI99-54, pp.13-19, 1999.
- [6] B. Li et al., "Active information resource: Design concept and example," Proc. 17th Int. Conf. Advanced Information Networking and Applications, pp.274-277, 2003.
- [7] 加藤 他, "能動的情報資源によるネットワーク管理支援機構," 2003 信学総大, SD-1-7, 2003.
- [8] 藤田 他, "分散処理システムのエージェント指向アーキテクチャ," 情処学論, vol.37, no.5, pp.840-852, 1996.
- [9] "DASH - Distributed Agent System based on Hybrid architecture," <http://www.agent-town.com/dash>