

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の設計と試作

今野 将* 羽鳥 秀明† 岩谷 幸雄‡ 阿部 亨* 木下 哲男*

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「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。しかしながら、近年のネットワークシステムは、ますます大規模・複雑になりつつあり、ネットワーク管理者がこれら一連の作業を行う際に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。本稿では、この問題を解決するために、能動的情報資源の概念を用いたネットワーク管理支援システムを設計・試作し、管理者の負担を軽減させることを目的とする。

Design and Implementation of Network Management Support System based on Active Information Resource

Susumu KONNO*, Hideaki HATORI†, Yukio IWAYA‡,
Toru ABE* and Tetsuo KINOSHITA*

Abstract Generally, in order to manage and maintain a network system, it is necessary to carry out a series of operations including assessing the network status, determining the network errors, selecting/approving the countermeasures and applying the countermeasures. However, since network systems are becoming complicated and larger in scale in recent years, these operations increasingly require special professional knowledge and quantities of effort and thus the network administrators are carrying heavy workloads. In this paper, we propose and design the AIR-NMS (Active Information Resource architecture based Network Management Support System) for decreasing the network administrators' workloads.

1 まえがき

近年のネットワークシステムは、ますます大規模かつ複雑になってきており、これを管理するための一連の作業（例えば、障害等に関する「状況の把握/原因の特定/対策の決定」）にも、より高度な経験的知識や煩雑な手順が要求されてきており、ネットワーク管理者の負担は増大している。この傾向は、インターネットを構成する AS (Autonomous System) 間ネットワーク等の比較的大規模なネットワークの管理者に対してのみではなく、イントラネット等の中規模なネットワークにおいても同様である。

これらの負担を軽減するために、今日では様々

なネットワーク管理支援システム (NMS: Network Management Support System) が提案されている [1, 2, 3, 4]。しかしながら、これら従来の NMS は、その支援対象に AS 間ネットワーク等の構成の変更が頻繁には生じない大規模ネットワークを対象としているものがほとんどであり、その目的も、AS 間の通信を維持・運用するためのネットワーク機器の管理など特定の管理業務の支援に限定されている。つまり、イントラネット等の中規模なネットワークのように、ネットワーク機器の管理に加え WWW や Mail などのネットワークサービスにも対処することを必要とされるネットワークに対し、従来の NMS を対応させることは困難であるといえる。また、支援方法も管理に必要なネットワークの状態情報や一般的な障害対策を管理者へ提示するに留まっているため、総合的な情報の判断や具体的な対策の決定は、依然として管理者に委ねられている。

* 東北大学情報シナジーセンター, Information Synergy Center, TOHOKU Univ.

† 東北大学情報科学研究科, Graduate School of Information Sciences, TOHOKU Univ.

‡ 東北大学電気通信研究所, Research Institute of Electrical Communication, TOHOKU Univ.

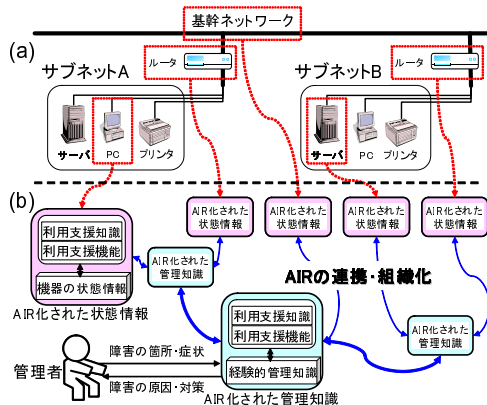


図 1: ネットワークシステムと AIR-NMS

筆者らは、これら従来の NMS が有する問題を克服するために「能動的情報資源 (AIR: Active Information Resource)」 [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-NMS: AIR-based Network Management Support System) [6] を提案している。

AIR-NMS では、ネットワーク管理のための経験的知識や構成機器の状態情報が各々エージェントとして構成されており、それらを自律的に連携・組織化させることで、ネットワーク障害に関する「状況の把握 / 原因の特定 / 対策の決定」の能動的な支援を図っている。本稿では、AIR-NMS におけるエージェント (AIR 化された知識・情報) の構成、および、それらが相互に連携・組織化する機構を説明し、試作したシステムの機能について議論する。

2 ネットワーク管理への能動的情報資源の適用

2.1 AIR の概念に基づいた NMS (AIR-NMS)

通常、ネットワークを維持・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 1 (a) に示すネットワークにおいて、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。

- 構成機器および基幹ネットワークの状況の把握
- 障害の原因の特定
- 障害への適切な対策の決定

● 決定された対策の適用

ネットワークが大規模・複雑になれば、これらの作業を行う管理者の労力は多大なものとなる。また、管理者は、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。

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分散情報資源とみなし、図 1 (b) に示すように、それらを AIR 化すれば、経験的知識や状態情報自体に能動性・自律性を持たせることができる。この結果、AIR 相互の連携・組織化により

- 管理作業の大部分を AIR 側で代行可能
- 経験的知識の更新 / 追加 / 継承が容易に可能
- 各機器の構成情報や状態情報の効果的な利用が可能
- 経験的知識や状態情報の分散管理が可能

となり、高度かつ柔軟なネットワーク管理支援と、管理者の労力の大幅な削減が期待できる。

筆者らは、この考えに基づき、AIR の概念を用いたネットワーク管理支援システム AIR-NMS: AIR-based Network Management Support System を提案している [6]。

2.2 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、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) と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) の 2 種類の AIR を導入している。

I-AIR には、ネットワーク内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。 I_d -AIR は、ネットワーク構成機器の状態情報など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。これらの I-AIR は

- 他の AIR からの利用要求メッセージに応じて、自身が保持する情報資源を加工・提供
- 自身が保持する情報資源（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

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・自律的に連携・組織化を行う。

一方、ネットワーク管理についての経験的知識を AIR 化したものが K-AIR である。管理者あるいは他の AIR からの要求メッセージ（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う。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。K-AIR が保持する経験的知識は、汎用的な内容（具体的な IP アドレスなどは含まれない形式）で記述され、K-AIR は I-AIR と協調・連携することで、それら知識を具体化してゆく。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期待できる。

2.3 AIR-NMS の動作

AIR-NMS の駆動方式には、管理者の要求に基づく要求ベースな駆動と障害の検知によるアラームベースの駆動の 2 種類がある（図 2）。

前者の「要求ベース」の駆動は、管理者からの要求を AIR インタフェースを介して受信した K-AIR が、要求を満たす可能性があると判断した際に発生し、後者の「アラームベース」の駆動では、I-AIR が保持する情報資源中に、障害に関する情報を検知した場合に、その旨を K-AIR に通知することで発生する。両者とも、K-AIR が必要な情報を I-AIR や他の K-AIR と協調・連携することで取得し、具体化された知識を管理者に提示する。

このように、AIR-NMS を導入することで、ネットワーク管理者が行うべき作業は

1. AIR-NMS に対する支援要求の発行

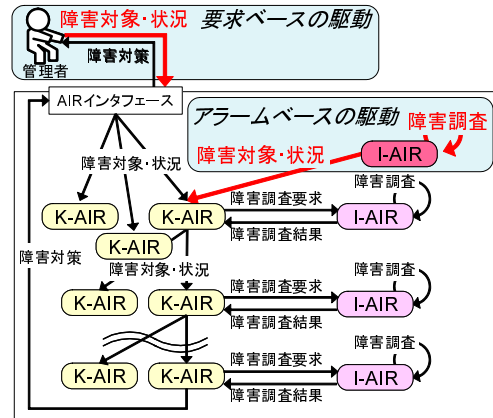


図 2: AIR-NMS の駆動方式

2. AIR-NMS が提示した対策法の実行

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検知することにより、障害への早期対応が可能
- AIR の協調・連携の履歴を保持することにより、同一の障害への早期対応が可能
- 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を AIR が代行

等、AIR-NMS の持つ特長により、さらなる効果が期待される。

3 AIR-NMS の設計と実現方法

3.1 ネットワークと AIR-NMS の構成

AIR-NMS は管理対象とするネットワークの機器構成により様々な形態をとりうる。本稿では、管理対象とするネットワークを、図 3 に示すように NAT 機能を実現したファイアウォール・各種 PC からなり、1 つの DMZ（非武装地帯）と 3 つのサブネットから構成されるネットワークを想定した .. DMZ は、プライベートアドレス空間（172.16.0.0/24）を持つサブネットであり、サーバ各種（Mail, WWW, DNS 等）が動作し、サブネット A～C に対してサービスを提供する。サブネット A～C は、それぞれプライベートアドレス空間（172.20.1.0/24, 172.20.2.0/24, 172.20.3.0/24）を持つサブネットであり、各サブネットのルータには DHCP サーバ機能が実現されており、必要に応じてサブネット内の PC に対してアドレスなどの情報を配布する。また、サブネット A には、このネットワーク全体を管理するネットワー

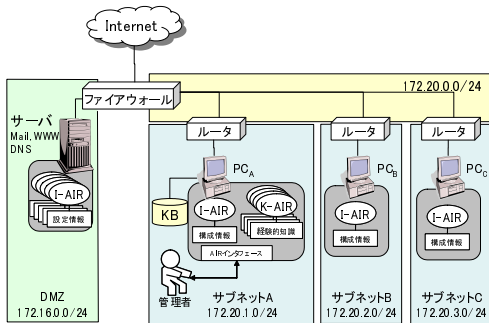


図 3: ネットワークと AIR-NMS の構成



図 4: BNF による K-AIR の知識表現形式の定義

ク管理者が存在し、PC_A には AIR-NMS のインタフェースと、このネットワークにおける経験的知識が蓄積された知識ベース (KB) が実現されている。

3.2 AIR の利用支援知識と機能

AIR は、各々が持つ情報資源 (管理知識 / ネットワーク構成情報 / ログ情報等) を利用する際に用いられる利用支援知識と利用支援機能を持つ。

例えば、K-AIR の利用支援知識には、AIR 識別知識 (AIR-Identifier: ID)、情報資源に関する知識 (Information Resource: IR)、利用支援機能操作の知識 (Control Method: CM)、協調プロトコル処理知識 (Communication Protocol: CP) の 4 つの知識があり、BNF 記法により図 4 のように表現される。

また、利用支援機能は、各情報資源を処理するためのプログラムにより実現される。たとえば、I_d-AIR の場合、ログ情報から特定エラー箇所のみを発見し、抜き出す等であり、K-AIR の場合は、汎用的な知識から具体化された知識を生成し提示するための機能である。

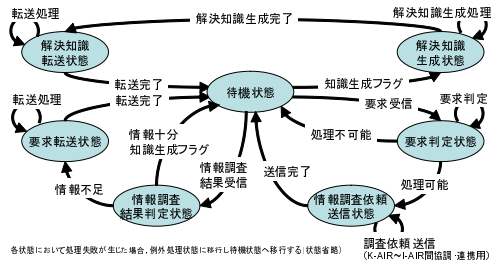


図 5: K-AIR の状態遷移図

3.3 AIR の内部状態設計

AIR-NMS を構成する各 AIR は、それぞれに内部状態を持ち、その状態を遷移させることにより処理を進めてゆき、ネットワーク管理者の要求する障害解決知識を生成する。本稿では、K-AIR の状態遷移について述べる。

図 5 に示すように、幾つかの状態を持ち、その状態を遷移させることにより、各処理を進めてゆき、AIR-NMS に対して障害状況の報告や、状態情報の提示を行う。以下にそれぞれの状態について述べる。

- 待機状態 調査要求、調査結果、知識生成フラグを待つ初期状態
- 要求判定状態 調査要求が処理可能であるかを判定する状態
- 情報調査依頼送信状態 自身の知識を具体化するための情報を I-AIR に要求する状態
- 情報調査結果判定状態 I-AIR からの情報が知識の具体化に十分かを判定する状態
- 要求転送状態 知識の具体化が出来ないと判断した場合、他の K-AIR に処理の続きを依頼する為に要求を転送する状態
- 解決知識生成状態 知識の具体化に十分な情報が収集出来たら、知識の具体化処理を行い、知識を生成する状態
- 解決知識転送状態 生成した解決知識を AIR インタフェースを介して管理者に提示するための状態
- 例外処理状態 発生した例外に関する後処理をする状態

3.4 AIR 協調プロトコル設計

AIR-NMS は各 AIR の協調・連携により、ネットワーク管理者に対して障害を解決するための知識を提供する。そこで、本研究では AIR 間の協調・連

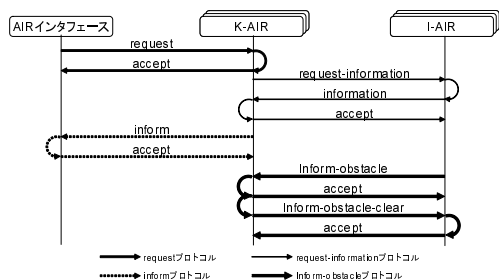


図 6: AIR-NMS プロトコルシーケンス

携に用いるプロトコルとして4つのプロトコルを定義した(図6)。以下に、それぞれのプロトコルについて説明する。

- request プロトコル 管理者からの支援要求を AIR インタフェース～K-AIR, K-AIR 間に送信する際に用いるプロトコル。
- request-information プロトコル K-AIR～I-AIR 間で知識の具体化に必要な情報を獲得する際に用いられるプロトコル。
- inform プロトコル K-AIR が生成した管理知識を AIR インタフェースを介して管理者に提示する際に用いるプロトコル。
- inform-obstacle プロトコル I-AIR が障害を検知した時にその障害情報を他の AIR に送信する際に用いるプロトコル。

3.5 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を提案している [6]。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。

4 試作システムと実験例

AIR-NMS の動作を検証するために、図3に示したネットワーク及び AIR-NMS を構築する。

本実験では、“サブネット C の PC_C から DMZ の WWW サーバに HTTP 接続を試みたらエラーが発生した”という障害を考え、PC_C の利用者が管理者に対して障害報告を行った場合を考えた。

一般的に、上記のようなエラーが発生した場合に考えられる原因として

- WWW サーバがダウンもしくは過負荷状態である
- WWW サーバ上にコンテンツが存在しない
- WWW サーバやファイアウォールでアクセス制限されている
- PC_C～WWW サーバ間の経路上の機器がダウンしている
- PC_C の設定が間違えている

等、様々なケースが考えられ、通常のネットワーク管理手法において管理者は、上記のケースに対して逐次検証を行い、原因の特定をしていく。その後、その原因を解消するための方法(例えば、サーバプロセスの再起動方法等)を考え実施する必要があった。

本実験では、これら煩雑な作業を AIR-NMS により支援する。すなわち、従来であれば逐次的に行わなければならない各種作業を、AIR 化した管理知識や状態情報が並行的に動作することにより、管理者の負担を軽減する。そのために、以下のような管理者の経験的知識を知識ベースに格納した。

- WWW サーバに関するエラーの種類と確認方法
- WWW サーバの動作状況を確認する方法

- WWW サーバのログから状況を判断する方法
- ファイアウォールの設定状況を確認する方法
- ネットワーク機器の状況を確認する方法
- WWW サーバのエラーを解消する方法
- WWW サーバを再起動する方法
- WWW サーバの設定を変更する方法
- ファイアウォールの設定を変更する方法
- ネットワーク機器を再起動する方法

そして、それぞれの知識を独立した 10 個の K-AIR として、PC_A 上に実現した。また、サーバやファイアウォールの状況を得るために、本実験では以下の 9 個の I-AIR を実現した。

- 各サブネットの機器構成情報を持つ I-AIR_A, I-AIR_B, I-AIR_C, I-AIR_{DMZ}
- WWW サーバの設定情報を持つ I-AIR_{W1}
- WWW サーバのログ情報を持つ I-AIR_{W2}
- ファイアウォールの設定情報を持つ I-AIR_{F1}
- ファイアウォールのログ情報を持つ I-AIR_{F2}
- ネットワーク機器の状態情報を持つ I-AIR_N

本実験では、“サブネット C の PC_C から DMZ の WWW サーバに HTTP 接続を試みたらエラーが発生した”という障害を考えた。そして、実際の原因としては“WWW サーバがダウンしている”とした。このような障害の場合、管理者は AIR インタフェースに対して“障害対象：WWW Server, PC_C”，“障害状況：WWW Server Access deny”と入力する事で要求を伝える。

この要求を受けた AIR インタフェースは、要求を ACL に変換し request プロトコルを用いて K-AIR に要求を送信する。要求を受け取った K-AIR は自身の知識を用いて対処できる可能性があるかを判断する。対処可能な場合、各 K-AIR は汎用化されている知識を、具体化された知識に変えてゆくために、各 I-AIR と協調・連携をする。本実験例題の場合は、最終的に“WWW サーバに関するエラーの種類と確認方法”，“WWW サーバを再起動する方法”の知識を持つ K-AIR らが、WWW サーバの再起動方法を管理者に提示することで動作を完了する。

これら一連の作業は、各環境上で並行的に行われる。また、管理者の行うべき作業は、AIR インタフェースに要求を入力する作業と、システムに提示された対処方法“WWW サーバの再起動方法”を実

行するだけとなる。これらにより、従来の NMS では管理者が逐次的に作業を行う必要があり困難であった、原因の特定作業や対処方法の選定などの諸作業を AIR-NMS 代行することにより、管理者の負担を軽減しているといえる。

5 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。

参考文献

- [1] M.Consens, et al. Supporting network management through declaratively specified data visualizations. In *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. In *IEEE/IFIP 6th Int. Symposium on Integrated Network Management*, pp. 233–246, 1999.
- [3] A.Virman, et al. Netmon: Network management for the saras softswitch. In *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. In *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 —. 信学技報 AI99-54, pp. 13–19, 1999.
- [6] S.Konno, et al. Design of network management support system based on active information resource. In *The 18th Int. Conf. on Advanced Information Networking and Applications*, pp. 102–106, 2004.
- [7] B.Li, et al. Design of agent-based active information resource. In *The 1st Int. Conf. on Agent-Based Technologies and Systems*, pp. 233–244, 2003.
- [8] 藤田茂, 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>.