

ネットワークデバイスのための情報管理機構

木俣 豊^{†1}, 篠宮 俊輔^{†1, ‡2}, 土池 政司^{†1, ‡2}, 中川 晋一^{†1}

概要: IPv6 ネットワークが実現する次世代インターネットにおいては, 様々なデバイスが接続されるようになり, それを活用した新しいインターネットの利用方法が予想されている. 我々は, ネットワークに接続されるデバイスを管理する手法として, NADIA を提案してきた. NADIA(Network Accessible Device on the Internet Architecture)では, 実世界の情報をインターネットに提供したり, ネットワークを通じて実世界に働きかけを行うことを実現することを目指して, 複数の NAD を協調的に動作させて, 複合的な機能を実現するための通信技術と, その管理手法について研究を行っている. 本論文では, 複合的な NAD を実現するための記述モデルとしてラベル付エッジグラフによる表現について述べる.

Information Management Architecture for Network Devices

Yutaka Kidawara^{†1}, Shunsuke Shinomiya^{†1, ‡2}, Seiji Tsuchiike^{†1, ‡2}, Shin-ichi Nakagawa^{†1}

IPv6 network environment realize the NGI (Next Generation Internet) where various devices can be connected to. Such network accessible devices are expected to be used on the Internet in new innovative ways. We have already proposed NADIA(Network Accessible Device on the Internet Architecture) as a system to control these network accessible devices. The NADIA aims to release the real-world information on the Internet and to work in the real-world environment through the Internet. We have researched on communications technologies and management methods to realize composite functions using various NAD(Network Accessible Device)s. In this paper, we describe edge labeled graph as a description model to explain composite NADs.

1. はじめに

インターネットは, 様々な情報を流通させる基幹として発展してきた. 現在では, 通常のコンピュータだけでなく, PDA や携帯電話までがインターネットに接続されそれぞれが大量のデータを通信している. 今後, コンピュータだけでなく, 更に多様なデバイスがインターネットに接続されることが予想されているが, IP アドレスの枯渇に対する解決策として IPv6 ネットワークへの移行が予定されている.

IPv6 ネットワークでは, 大量の IP アドレスにより, 様々なデバイスがネットワークに接続される事が可能となるため, 我々は, そのようなデバイスを実世界との接点として通信する技術として NADIA(Network Accessible Device on the Internet Architecture) を提案してきた. NADIA では, ネットワークに接続された実世界の接点となる様々なデバイスを NAD という単位で管理する. そして, NAD

はネットワークを介して結合された上で通信することで複合的な機能体として扱われるが, その結合に対する記述情報には, 柔軟な記述能力を持つことが要求される. このような場合においては, メタデータによる記述が有効である. メタデータによる記述は, 明確なスキーマがあるわけではないが, 全く無いとまではいえないようなデータを管理することを可能とする. このようなデータモデルとして, 半構造データモデル(semi-structured data model)が提案されている. このデータモデルに関しては, Stanford 大学の OEM¹⁾や Pennsylvania 大学のエッジラベル付きグラフ²⁾などがある. OEM では, エッジに属性がつけられ, ノードは集合オブジェクト, リーフはオブジェクトを表すものであり, 柔軟な記述能力を持っている.

XML は, その半構造データモデルの表現を行う場合に有効であり, 半構造データモデルの実装を行うメタデータとして利用され, 情報の分類や検索に利用する情報を記述するためのものとして利用されている.³⁾

その一方で, その構造化記述の特性を生かして, コンテンツのメディア変換の記述モデルに利用され

^{†1} 独立行政法人 通信総合研究所 次世代インターネット Gr.
(kidawara,shinomiya,tuchiike,snakagawa@crl.go.jp)

^{‡2} 株式会社 ユグドラシル・テクノロジー
(shinomiya,tsuchiike)@yggdrasil.com

る場合⁹⁾や、XMLをオブジェクトリレーショナルデータベースにマッピングして、XMLで表記された情報を効率的に管理するといったデータ交換の技術としても提案されている⁹⁾。

このようにXMLの柔軟かつ強力な記述能力は、ネットワーク上の複数のデバイス間での情報交換において、そのデバイスや入出力データに関する特性情報の記述に有益である。本論文においては、NADに関する情報記述をラベル付エッジグラフで表現する事により、NADの柔軟な記述が可能になることを示す。

2. NADのコンセプト

我々は、ネットワークに接続するデバイスをNAD(Network Accessible Device)と呼び、一つ以上の入出力要素(InputElement/OutputElement)と一つの機能要素(FunctionElement)を持つものとして定義した。以下にそのNADの定義について述べる。

2.1 NADの定義

NADはネットワークに接続されて、ネットワークからの情報を受け取るか、もしくは、ネットワークに情報を提供する機能を持つものとする。また、本研究ではNADを実世界の接点として定義している。つまり、実世界とネットワークの接点として動作することで、実世界情報をネットワークに提供したり、ネットワークから実世界に働きかけを行うことを目的とする。我々はNADとして、要素的なBasicNADを定義した。またそれらを組み合わせる事によって構成される複合的なNADとしてCompositeNADを定義した。また、実装上ネットワークの接続機能を付加することが困難なものに対しては、擬似的にネットワーク接続機能を付与したものをPseudoNADとして定義している。

2.2 Composite NADの構築

NADはネットワークに接続されることから、そのネットワークを介してデータ送受信を行う事により、各NAD間の連携が可能となる。つまりCompositeNADは、それぞれのデバイスが一つの場所に存在する必要なく、データを送受信できるネットワークがあれば、論理的に組み合わせることが可能となる。

そのデータの送受信は、一つのNADが別の一つのNADと接続される場合や複数のNADが一つの情報を共有する場合がある。一つのNADが別のNADと一対一にデータ交換する事をネットワークデータリンク機能と定義し、情報を共有することをネットワークデータバスと定義する。

2.3 ネットワークデータリンク機能

ネットワークデータリンク機能は、各NADの入力

と出力が接続され、各NADで処理されたデータが順番に送り届けられ処理が行われる。これは、複数の異なる機能を持つNADを組み合わせることで、複雑な機能を提供することが可能となる。この場合には、各NAD間はユニキャスト通信でデータの交換が行われ、一対一の情報交換を行う。

2.4 インターネットデータバス機能

インターネットデータバス機能では、NADの一つの出力に複数のNADが接続され、一つのデータストリームを複数のNADで共有するものである。この場合には、複数のデバイスに対して、マルチキャスト通信を行うことで全てのNADが共通のデータを得ることが可能となる。

3. NADの表現

前章で定義を行ったNADの構造と接続に関する機能を表現するためには、それぞれについての情報を記述する必要がある。NADとして、機能するデバイスは多種多様にわたると予想され、その構造に関してもはっきりとしたスキーマを構築することが困難な場合がある。例えば、複数のNADを組み合わせたNADの場合には、性質の異なるNADが組み合わせられ、一つの機能体を表現することとなる。また、機能についての内容記述も複雑になっていくことが容易に考えられる。

このような内容記述は、NADの理解や検索に必要なものであり、記述内容に関する構造化は必要不可欠であると考えられる。しかし、構造化を行うために記述モデルのスキーマを決定すると、新たな種類の情報を記述が困難な場合もあり、柔軟な構造化記述モデルが必要となる。

3.1 NADグラフ

NADは、名前やデータタイプなどの属性情報と、ネットワークに対する入出力に関わる情報、そして、機能に関する情報を記述される必要がある。そこで、NADの各要素をグラフ構造に基づく記述モデルを用いて定義する。図1にNADグラフを示す。

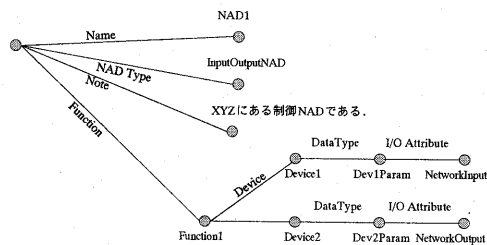


図1. NADグラフ

NAD は、以下の属性を持つものとする。

- NAME
- NADType
- Note
- Function

また、Function ノードには、以下のような階層構造を持つものとする。

- Device
- DataType
- I/Oattribute

この例では、NAD1 という名前を持つ NAD は、ネットワークに対する入出力機能を持つ InputOutputNAD であり、「XYZ にある制御 NAD」であることが記述されている。また、機能としては、Function1 という機能があり、その機能に Device1, Device2 というノードが示すデバイスが関与していることを示している。また、Device1, Device2 には、Dev1Param, Dev2Param というノードに関連する情報が記述されるものと定義する。

3.2 NAD ファンクションサブグラフ

NAD は、ネットワークを通じて機能が接続されるものであり、その記述は、その NAD がどのような処理を行う事ができるのかを表現するとともに、その機能を実現するにあたり、どのような入出力が必要であるのかを表現する。つまり、Function エッジで記述されたサブグラフは、その NAD の機能を表しており、その情報を組み合わせることで複数の NAD の機能の組み合わせを表現できる。我々が試作した NAD である IPControlCarNAD の NAD グラフは図 2 の様に表現できる。

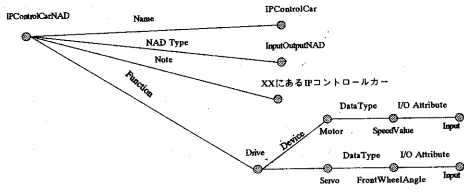


図 2. IPControlCarNAD の NAD グラフ

この NAD は、Drive という機能を持ち、Motor デバイスと Servo デバイスをネットワークから入力された SpeedValue ノードと FrontWheelAngle ノードで示されるパラメータをネットワークを通じて入力することで利用することができる事が記述されている。このように Function ノードに複数の Device エッジが記述されているものは、その Function ノードの機能を利用するためにそのノードで記述された全てのデ

バイスの操作が必要であることを示している。

3.3 NAD オーサリング

複数の NAD が組み合わせられて複合的な NAD である CompositeNAD が構築される。この場合、組み合わせられることによって、各デバイスが協調して動作することとなり、複合的な処理が行えるようになる。しかし、その複合的な機能も基本的にはそのデバイスを構成するそれぞれのデバイスの機能が基本となっており、それらの要素としての機能を組み合わせることが重要となる。

我々は、そのような複合的な CompositeNAD を表現することを NAD のオーサリングと定義する。以下にその例を挙げる。前節で述べた我々が試作した IPControlCarNAD のボディに図 3 の構造を持つ Web カメラを搭載する。

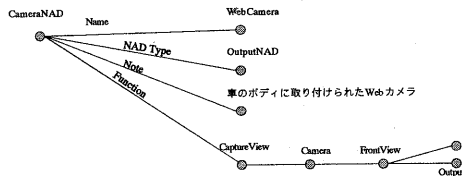


図 3. CameraNAD の NAD グラフ

そしてそれを CameraNAD として以下のような定義を行う。そして、その CameraNAD を IPControlCarNAD のボディとして一体化させることによって、IPControlCameraCarNAD を構築するものとする。この場合、IPControlCameraCarNAD は、ボディに取り付けられたカメラの映像を見ながら操縦することができるようになる。つまり、Drive 機能として、新たに前方の映像を取得しながら操縦できる機能を得たと考えることができ、結果として図 4 に示す記述を行う事ができる。

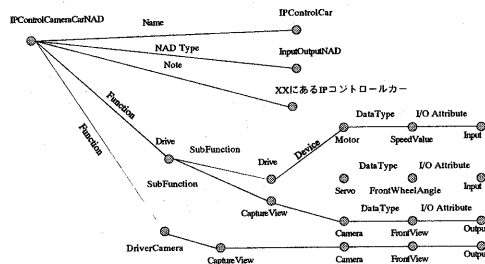


図 4. IPControlCameraCarNAD の NAD グラフ

この記述については、Function エッジによって新しい Drive というノードが定義されており、Drive 機能

を実現するためには、Motor デバイスと、Servo デバイスへの入力を実現することと、Camera デバイスからの出力を受け取る必要がある。また、それ以外に、IPControlCameraNAD に取り付けられたカメラの映像を見る機能として、DriveCamera 機能が定義されている。

3.4 NAD の制御

NAD は、ネットワークを通じて情報の伝達が行われることによって、与えられた機能の操作と、その結果の観測が可能となり、その結果、ユーザがネットワークを介して NAD を制御することができるようになる。このような状態においては、ユーザが存在する実世界と NAD が設置されている実世界がネットワークに介して、NAD に与えられた機能の一つを通じてつながると言える。

例えば、IPControlCameraCarNAD にそれを制御するための装置としての SteeringAndViewerNAD を図 5 に示す。

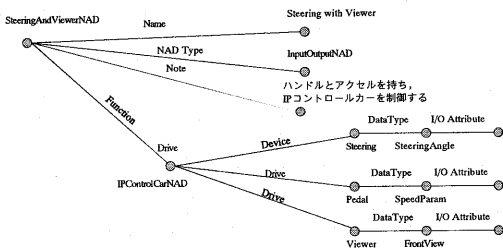


図 5. SteeringAndViewerNAD の NAD グラフ

この SteeringAndViewerNAD は一つの入力と、2 つの出力を持つ。この SteeringAndViewerNAD と、IPControlCameraCarNAD とを、ネットワークを介して結合させると、図 6 になる。

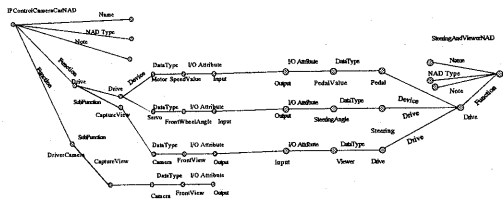


図 6. IPControlCameraCarNAD と SteeringAndViewerNAD の結合

この時、SteeringAndPedalNAD の Drive 機能は、IPControlCameraCarNAD の Motor デバイスと Servo デバイスに対して、SteeringAndPedalNAD の Pedal デバイスと Steering デバイスが操作を行うことを表現している。また、そのデバイスに関する情報は、Camera

デバイスによって観測することを表現している。そして、これらの入出力を満たすことによって、IPControlCameraCarNAD は、SteeringAndPedalNAD によって、制御可能となる。このような場合、操作される NAD の全ての入力がネットワークを通じて操作される NAD の出力と接続されている場合を、可操作な状態であると定義する。また、IPControlCameraCarNAD の Drive 機能の全ての出力が、SteeringAndPedalNAD の入力に接続されている場合を可観測な状態であると定義する。そして、上記の例の様に SteeringAndPedalNAD が IPControlCameraCarNAD に対して可操作かつ可観測な状態を可制御な状態であると定義する。従って、NAD の機能を活用するためにはその機能を可制御な状態とすることが必要となる。

3.5 コンテンツとしての管理

CompositeNAD は、複数の機能を持つことが可能であり、その機能は互いに独立しているものがある。例えば、IPControlCarNAD の Camera は、第三者に FrontView として、映像を配信することも可能である。またこれらの NAD に対して、あらかじめ決められたパラメータを与えることで、コンテンツとしての振る舞いを提供することができる。たとえば、図 7 の様に Course A を走るコンテンツとして、Pedal データと SteeringAngle データを与えることで、ユーザは、A コースを走る映像をコンテンツとして参照することができる。

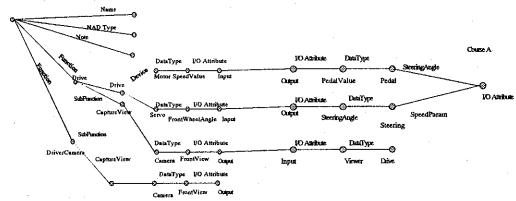


図 7. IPControlCameraCarNAD のコンテンツ表現

4. NAD ネットワーク

NAD は、複合的な構造を持つものが多く、そのデバイスへのアクセス方法で、利用できる情報が異なる。例えば、前述の IPControlCameraCarNAD においても、単純に CameraNAD へのアクセスを行う場合と、IPControlCameraCarNAD の一部としてアクセスする場合には、帯域の割り当てやアクセス優先度などが異なる場合が多い。これらの制御を行うためには、ネットワークを再構成することが望ましい。しかし、インターネット上に接続された NAD を物理的に近隣

の場所に集めて、ネットワークを再構築することは事実上不可能である。そこで、我々は、既存のネットワークの上で論理的にネットワークを構築し、CompositeNADのためのネットワークを構築する手法について提案する。

4.1 NADIAのネットワークモデル

NADはネットワークに接続されるデバイスをその単位とすることは述べたが、次にCompositeNADとその要素NADを構成するネットワークモデルについて述べる。

CompositeNADのFunction Elementはその要素NADに対して、その振る舞いについて規定している。その規定される事項として、CompositeNADの要素NADとしてのアクセスコントロールおよび、帯域コントロールがある。

NADの用途や特徴によって、要素NADへ対して直接のアクセスを許すことが有用な場合や不都合を生じる場合がある。たとえば、IPControlCameraCarNADの前方の映像を入力しているCameraNADの映像が、IPControlCameraCarNADの操縦者以外に閲覧されることは場合によっては有用なこととなるが、モータ動力のコントロールへのアクセスは多くの場合において問題となる。それは、IPControlCameraCarNADは、モータへの動力とステアリングコントロール機能が協調し動作することにより車の動きをコントロール可能であるが、その片方が他者へわたることにより、その協調が崩れるためである。

しかし、IPControlCameraCarNADのCameraNADからの映像をコンテンツとして提供する場合には、操縦者以外にアクセスを許す必要がある。しかし、そのIPControlCameraCarNADがそのコンテンツを特定他者へ提供することを目的とした場合にはそれぞれの閲覧者へのアクセスコントロールを行わなければならない。

また、あるCompositeNADの複数の要素NADと同時に接続する場合、それぞれの要素NADとの間で取り扱われるデータの特徴や重要性に応じて、それぞれ消費するネットワーク帯域を制限する必要がある。これは、通信経路の状態が不安定で十分な帯域が確保できない状況において、そのNADのコントロール系のデータと、映像データが取り扱われていた場合、コントロール系のデータを優先する場合などである。このように優先度を取り扱うためには、それぞれのデータの流れを調停する仕組みが必要である。

4.2 NAD ルータ

CompositeNADにおいて、アクセスコントロールおよび帯域コントロールの必要性を述べたが、それらを実現する一つの手法として、Function ElementによりコントロールされるNADルータについて述べる。

NADルータは、CompositeNADのFunction Element

により規定されるパラメータに従い、要素NADへのアクセスコントロールおよび帯域コントロールを行うNADである。要素NADはこのNADルータにより構築されるネットワークの内部に配置され、NAD外部との通信はこのNADルータを通して行われる。

NADルータは、Function Elementの記述にもとづき、パケットフィルタリングおよびキューイングによりアクセスコントロール、帯域コントロールを実現する。

4.3 IPv6 ネットワークでの構成方法

NADルータにより構築されるネットワークの内部に要素NADを配置することにより、アクセスコントロールおよび帯域コントロールを行うことが可能であるが、この手法ではCompositeNADの構成がネットワークポロジより制限される。複数のNADを自由に組み合わせ、CompositeNADを構成することが特徴の一つとしてあげられるが、それとNADを同一のネットワークセグメントに集め、ネットワークを構築することはNADIAの柔軟性を大きく制限することとなる。また、インターネットにおいてそのようなネットワークを構築することは事実上不可能である。

しかし、インターネットにおいても、IP over IP トンネリングを用いることによりネットワークポロジの制約を受けずにNADネットワークを構築することができる。NADルータをトンネリングの一端点とし、他方を要素NADとすることにより、NADルータを中心とした仮想ネットワークを構築、パケットフィルタリングおよびキューイングを実現することができる。図8にトンネリングによる仮想ネットワークの概念を示す。

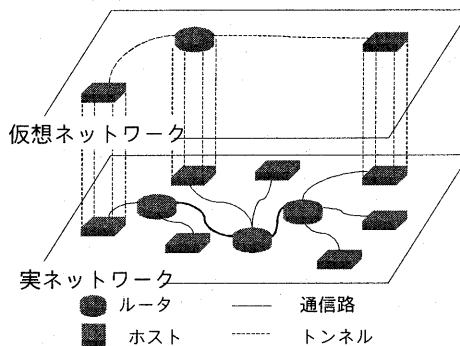


図8.トンネリングによる仮想ネットワーク

また、仮想的に構築されたネットワークであるため、その構成の変更を行うことが容易であり、利用者が自由にNADを組み合わせ新たなNADを構成するオーサリングを制限することもない。また、その

ネットワーク構成はネットワークトポロジに依存していないため、一ノードが任意ネットワークに所属することができ、また、任意であるとともに、複数のネットワークに同時に所属できるため、複数の CompositeNAD に所属する要素 NAD も複数の NAD ネットワークに所属することにより実現できる。

NAD が複数の NAD の要素となる場合の概念図を図 9 に示す。CameraNAD が, IPControlCameraCarNAD のカメラとして利用され、また同時に、その映像を第三者に提供す SightseeingNAD 用映像ソースの一つとして利用された場合、その CameraNAD には、ネットワークトポロジ依存のアドレスのほかに IPControlCameraCarNAD ネットワークのアドレスおよび、SightseeingNAD ネットワークのアドレスが付与される。CameraNAD は、カメラの閲覧者が接続してきたアドレスにより、IPControlCameraCarNAD の要素 NAD(図 9 での CompositeNAD B の NAD α)への接続であるか、もしくは SightseeingNAD の要素 NAD(同 CompositeNAD C の NAD α)への接続であるかの区別が可能である。また、NAD が複数の CompositeNAD の要素 NAD となった場合、CompositeNAD 毎に異なるアドレスがつくため、その NAD が何らの行動を起こす場合にその送信元アドレスおよび受信先アドレスによりその NAD がどの CompositeNAD として振る舞っているかを判断することができる。

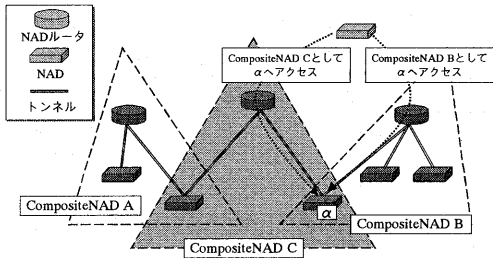


図 9. 同一 NAD の複数の CompositeNAD への所属

5. おわりに

IPv6 ネットワークによる新しい次世代のインターネットにおける新しい利用形態を実現するために研究を進めている NADIA について概要を述べると共に、その記述モデルについて検討を行った。この検討に基づき、現在、XML への実装を進めている。また、XML のパス検索による NAD の検索やコンテンツとしての内容検索を実現する機構についても検討を進めている。

その一方で、これらの NAD の機能を十分に活用するためのリアルタイム通信可能なネットワーク構築技術の検討と、IPv6 に基づく柔軟なネットワークの再構築の有効性の検討を行っている。

今後は、これらの実装を行いつつ、高速ネットワーク上で評価を行い有効性の確認を行う予定である。

参考文献

- 1) R.Goldman,S.Chawathe,A.Crespo,K.McHugh:A Standard Textual Interchange Format for the Object Exchange Model(OEM),Technical Report,October,1996
- 2) P.Buneman,S.Davidson and D.Suciu: Programming Constructs for Unstructured Data.Proceedings of International workshop on DBPL electronic workshop in Computing'96,pp506-516,1996
- 3) 高橋,川村,遠山:芸術情報のデジタルアーカイビングにおける XML の利用,情報処理学会データベース研究会報告 DBS122-1,pp.9-15,2000
- 4) 服部,沢中,灘本,田中:Web の受動的視聴のための同期化可能領域の発見と番組化用マークアップ言語 S-XML,情報処理学会データベース研究会報告 DBS122-2,pp.9-16,2000
- 5) 西岡,鬼塚:XML のオブジェクトリレーショナルマッピングに関する一手法,情報処理学会データベース研究会報告 DBS122-3,pp.17-24,2000