

Relationship: インターネットを機器間配線の基盤として 利用するための技術の提案

横山 輝明¹, 山口 英¹

インターネットのグローバル性、安価な通信コスト、通信媒体への非依存性から、インターネットの機器間配線への利用が期待され、様々な取り組みが行われている。機器間配線を行うには、インターネットはネットワーク側の機構をエンドノードが設定し、通信相手も発見する必要があるため、現在はアプリケーションと機器を一体化して提供するものや、特定のネットワーク内での機器間接続の実現にとどまっている。そこで、我々は機器間配線基盤を構築する Relationship 技術を提案する。提案技術は、エンドノードの働きのみによって実現され、インターネットのどこであっても配線関係の維持や、切替などの高機能通信を提供する。本論文では、Relationship 技術の設計を議論し、提供する機能について紹介する。

Relationship: A proposal of platform for device wiring on the Internet

Teruaki Yokoyama², Suguru Yamaguchi²

It is always anticipated that a platform exists for Internet that would keep the inter-connection (relation) between network identifiable devices regardless of where and when the devices access to the Internet. Say, an Internet connected web camera, which usually directly hard wired to the host computer with the specific application bundle with it, would be identical to the specific host computer and its application regardless of where it connects to. Obviously the Platform for Virtual Wired Devices, as we call it, would significantly reduce the cost in various areas and improve the global accessibility of the devices. Currently there are some applications available which scale only in very limited network environment. Our purpose is to develop the technology for global Internet. Thus, we propose an approach that would handle the inter-connection and relationship between devices. The approach consists of modules which manage communication on each device and inter-module network. Therefore it can provide high capability communications, which are to keep communication link between devices, to support communication migration, etc,.. We also discuss the designing of the proposal and explain its functions.

1 はじめに

¹ 奈良先端科学技術大学院大学 インターネット工学講座

² Nara Institute of Science and Technology, Internet Engineering Laboratory

今日では、PCや家電など、様々な機器が身の回りにあふれ、様々な機能を提供している。実装技術やハードウェア能力の向上によって、これらの機器の計算能力は向上し、インターネット接続能力を有す

ることも珍しくない。ユビキタスやパーベイスブコンピュータリングにおいては、これらの機器が他の機器と結びつき、連携することによって、より高性能なサービスを提供することが期待されている [1]。通信の低コスト性や、世界規模の通信網という広域性、また多様な通信媒体が利用可能などへの期待から、インターネットは機器間通信の有力な通信路と考えられ、様々な取り組みが行われている [2] [3] [4]。

こうした取り組みは、インターネットをトンネル通信路として利用するものや、ホームサーバを用いる限定された環境での利用などがある。これらの手法は、静的なネットワーク設定によって配線関係を規定するため、ネットワーク接続位置の変更や、機器の構成変更に対して再設定が必要となること、管理サーバを用意する必要があるといった制約を持ち。既存のインターネットを、そのまま配線基盤として利用することはできない。

そこで私は、既存のインターネットを配線基盤として利用するための、Relationship 技術の開発を行う。この技術は、エンドノードで動作するモジュールとモジュール間の連携によって配線基盤を構築する。エンドモジュールが配線関係を管理し、インターネット側の通信切替を隠蔽するため、ネットワーク中にサーバを必要とせず、インターネットを配線基盤として利用することを可能とする。この配線基盤は、配線関係の維持、配線先の変更、配線相手の状態検知、安全な配線路の確立などの高機能通信を提供する。これらの機能を利用するための API の開発を行う。機器間連携の開発者はこの API を用いることで、インターネットを機器間配線のための透過的な通信路として利用することが可能となる。

2 インターネットの配線基盤としての利用

インターネットを配線として利用するためにはいくつかの問題がある。この章では、配線について考察し、インターネットを配線として利用する際の問題について延べ、解決すべき問題を指摘する。

2.1 機器間配線とは

現在では、生活の身近に、様々な通信機器、家電機器、電子機器などがあふれている。それらの機器

は、単独で何かのサービスを提供するのはもちろんのこと、機器同士が連携することでより多様で高性能なサービスを提供することになる。こうした例には、リモコンと操作対象機器の連携による遠隔操作、センサー部と情報収集部の連携による遠隔監視、遠隔からの機器管理による遠隔監視などが挙げられる。またスピーカーとアンプや、カメラとテレビとをつなぐことも、こうした連携と考えられる。

これらの連携は、各機器間の配線と、各機器の提供するサービスの組み合わせによって構成されている。機器間の配線とは、有線や無線媒体を利用して機器を互いに接続することである。配線は、配線先を明示的に指定して接続する。機器はお互いに送受信する情報の形式をあらかじめ定義されており、接続媒体や接続端子の形状の違いや、情報の形式による制約を受ける。

2.2 既存の取り組み

インターネットが普及し、TCP/IP によるネットワークが生活のすみずみまで入りこんでいる。インターネットを利用して、世界中のあらゆるところとの End-to-End コミュニケーションが可能となっている。無線 LAN や Ethernet など、インターネット技術の利用したネットワークの構築コストは低廉化し、TCP/IP ネットワークは安価に敷設することができる。インターネットの広域性、通信コストの低廉化、配線の統合、配線敷設コストの低廉化がへの期待から、インターネットを配線基盤として利用するための試みが行われている。

そうした取り組みは、以下の 3 つに大別することができ、それぞれ問題がある。

- 専用アプリケーションとして実装

アプリケーションと、アプリケーションを構成する機器を、不可分なものとして一体化して提供する手法である。全ての通信の管理をアプリケーションが行う (図 1)。この手法では、提供するアプリケーションのためにあらかじめ構成機器を用意し、構成機器間の接続関係もアプリケーションの実装に依存して決定される。そのため、機器の他アプリケーションへの転用は困難となる。

- インターネットを通信経路として利用

機器間の通信伝送路にインターネットを利用するために、対向機器とのネットワーク設定を行

う手法である。この手法では、ネットワーク設定に依存して配線関係が決定されるため、ネットワーク設定の変更や、ネットワークロケーションの変更によって、接続関係が切断される。

- サーバによるノード管理

機器のネットワーク内位置や、状態などの管理サーバを用いる手法である。この手法では、管理サーバの設置を必要とし、ホームネットワークなどの限定されたネットワークでの利用に制限される。

インターネットを配線基盤として利用するための統一的な方法は存在せず、そのままのインターネットを機器間配線に利用することはできない我々は、インターネットを利用して、機器間での透過的な配線関係を結ぶことを可能とする配線基盤を構築することが重要だと考える。

3 Relationship の提案

我々はインターネットを配線基盤として利用するために Relationship 技術を提案する。Relationship は、ネットワーク内に特別な要素を必要とせずに、エンドノードのみによって配線基盤を提供する。Relationship 技術によって、開発者はインターネットを配線のための透過な通信路として利用することが可能になる (図 2)。本章では、Relationship 技術の設計について説明する。

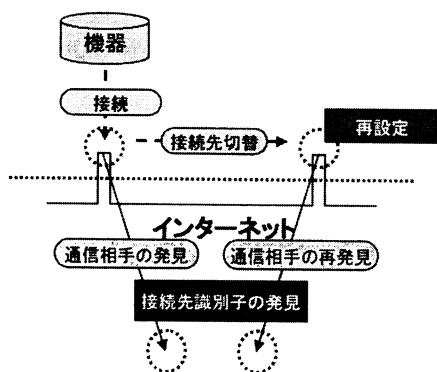


図 1: 既存方式でのインターネット利用

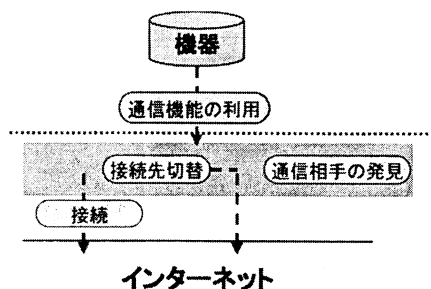


図 2: 提案方式によるインターネットの利用

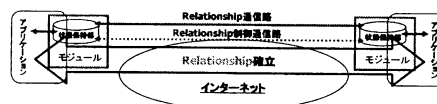


図 3: モジュール間での通信チャンネル

3.1 Relationship とは

我々はインターネットを機器間の透過的な伝送路を提供する通信基盤として利用するための技術进行設計する。ここでは、インターネットを利用する利点である、広域性、通信媒体への非依存性に留意して設計を行う。

これまでのネットワークアプリケーションの設計は、家電やセンサーのような非 PC 機器は性能的に非力であるという前提によって行われてきた。しかし、インターネットにおけるエンド指向の設計理念からすると、同じ機能をエンドノードだけで実現できるならば、そのような設計が望まれ、単純で堅牢なものとなることが期待される。[5], [6]

そこで我々は、インターネット上の配線関係にある機器自身によって配線基盤を構成、維持する、エンド指向の配線基盤技術 Relationship を提案する。現在では各種機器の性能や、通信回線や端末の性能も向上し、端末性能はこうした基盤を構成するのに十分だと考える。Relationship 技術の構成要素は、配線路を構成する機器内で動作するモジュールと、モジュール間ネットワークである。機器間の通信の実体はインターネット通信で、モジュール間が通信を行う。Relationship が提案する通信機能を API と

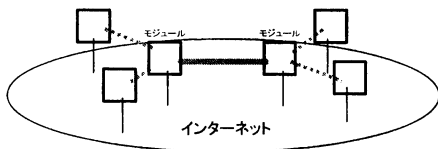


図 4: モジュール間ネットワーク

して提供することで、機器からは高性能なソケット通信を利用することができる。

Relationship は、配線関係の維持、配線先の切替、配線相手の状態検知、安全な配線路の保証を行い、これらの機能が実現された高性能ソケットの操作 API を提供する。機器間連携を用いるネットワークアプリケーションの開発者は、この Relationship API を利用することで、インターネットを機器間配線のための透過的な媒体として利用することが可能となる。

3.2 モジュール間ネットワークの構成

Relationship 技術の実装について説明する。Relationship 技術は、配線関係を構成する各機器内で動作するモジュールと、それらのモジュール間ネットワークからなる。

- モジュール

Relationship 技術を利用するそれぞれの通信機器の内部でモジュールが動作する。このモジュールが、インターネットを利用して、相手機器で動作するモジュールと通信を行い、仮想的な通信チャンネルを形成する (図 3)。

このモジュールが、配線関係にある通信相手との間に、

機器は、モジュールを経由して機器間通信を行う。

モジュールは配線関係にある機器との通信情報を管理し、配線相手と機器の通信状態を交換する。こうして、インターネット設定や、設定変更はモジュールによって隠蔽され、機器間の配線関係は維持される。

- モジュール間ネットワーク

モジュールは、ネットワーク接続の変更や、通信の切断などによる通信情報の変更を配線関係

にある機器間で交換する。その情報交換に利用されるのが、配線関係にあるモジュール間である (図 4)。モジュール間ネットワークはインターネット内に構成され、それぞれのモジュールが保持する通信情報や、自身の通信状態の通知に利用される。配線関係を結ぶことは、機器間でこのモジュール間ネットワークを構成することと同義である。一台の機器が移動や、電源断によってネットワーク設定が変化しても、通信再開時に、再びモジュール間ネットワークに参加することで、新たなネットワーク設定と機器の対応情報を配線関係を結んだ他の機器と交換することで、通信の再開や移動透過性を支援する。モジュール間ネットワークによって、通信の対応情報をキャッシュするため、通信の両端の機器が移動した場合でも、他の機器から移動先を知ることができる。

3.3 提供する通信機能

Relationship 技術によって実現される機能と、実現方法について説明する。

- 設定の簡略化

Relationship モジュールは、インターネット上の実通信と Relationship 層での通信識別子の対応関係を内部で維持し、Relationship 関係にあるノードと共有する。モジュール内のレコードが通信関係を確立するための情報を表すため、このレコードを保存、また通知することでモジュール間でネゴシエーションが行われ、通信回線の確立は自動的に行われる。

- 通信関係の維持

インターネット上の実通信は、Relationship モジュールによって隠蔽されるので、アプリケーションはインターネット側での、自分や接続先のアドレス変更を考慮する必要がない。アプリケーションから見た Relationship 層での識別子は常に一定となる。

- 通信接続先の切替

機器間の配線は、モジュール間の通信によって実現されている。モジュール内にある、配線先との通信情報が配線関係を表している。この情

報を変更し、モジュール間での調停によって、配線先を切り替えることができる。

- 通信状態の検知

Relationship モジュール間の通信によって、通信相手の状態を明示的に検知しているため、アプリケーションは通信相手の状態に合わせた、通信のフロー制御や中断・再開制御などの制御を行うことが可能となる。

- 通信の安全確保

Relationship 技術では、ネットワーク内の 2 ノード間での通信路を設定する。ここで secsh [7] などで確立されている公開鍵暗号系の応用によって、通信の盗聴・改竄の防止、通信先の詐称防止、通信元の身元確認が可能となる。

4 実現後のイメージと課題

ここまででインターネットを配線基盤として利用するために必要な技術について説明し、Relationship 技術を設計した。ここでは Relationship 技術が実現する世界と、今後の課題について説明する。

4.1 Relationship 技術が実現する世界

Relationship の提供する高機能通信は利用するための API を用意する。開発者は API を通じて、Relationship 技術が提供する高機能通信を利用することができる。

- インターネットの広域性の利用

Relationship 技術によって、インターネットを利用して世界のあらゆるところからの機器間配線が可能になる。外出先から、カメラの映像を確認する。持ち運んでいるカメラの映像は常に家のテレビへ送信される。いったん設定した、機器間の配線関係はインターネットを通じて維持される。

- インターネットへの配線の統合

Relationship 技術によって、家庭内や会社内での機器配線を家庭/社内 LAN へ統合することが可能になる。配線のためのインフラ整備はインターネットインフラの整備によって完了する。工場や現場などでのセンサーや、制御ネッ

トワークの構築は ethernet や無線 LAN 環境の敷設によって完了する。安価なコストによる配線インフラの敷設が可能となる。

4.2 今後の課題

本手法では、エンドノードのみの働きによって配線基盤を構成する。そこで問題となるのは、エンドノードが負担する負荷である。今後の課題として、性能測定や、手法を洗練することが考えられる。今後は、参照モデルの実装をすすめて、エンドノードが必要とするメモリや通信負荷を計測する。特に、モジュール間ネットワークを構成するエンドノード端末数と、性能の関係を明らかにすることで、本技術の限界を探る。

- エンドノードの性能負荷

本手法では、モジュール間ネットワークを構成するエンドノード自身が通信状態の管理を行う。エンドノードの機器が、このような負荷を担うことができるのか、エンドノードのメモリ、CPU 性能や、ネットワーク性能が問題となることが考えられる。情報のキャッシュや、管理などにて必要となる機器性能を調べる。

- モジュール間ネットワークの維持

配線基盤を構成する全ての機器がモジュール間ネットワークから離脱することで、モジュール間ネットワークが消滅する可能性がある。特に、全てのノードが同時にネットワークロケーションを移動した場合には、配線網の再構成が不可能となる。モジュール間ネットワークの構成にて、移動の少ない機器が情報キャッシュを行うことがモジュール間ネットワークの消滅を防ぐのに有効である。モジュール間ネットワークの構成の際に、直接配線関係になくとも、そのような機器を発見し、キャッシュ用の接続関係を維持するなどの、モジュール間ネットワークの構成について考える必要がある。

5 おわりに

本論文では、インターネットを機器間通信の配線基盤として実現するための、Relationship 技術を設計した。Relationship 技術は、インターネットを配

線基盤として利用するために必要となる通信機能を提供する。設計に当たっては、特定機器や特定 OS に依存しないマルチプラットフォームであること、既存のインターネットをそのまま利用できることに留意して設計した。そこで、我々は Relationship 技術を、エンドノード内で動作するモジュールと、そのモジュール間の連携によって実現する技術として設計した。これらから、インターネット側に追加機構を必要とせず、TCP/IP 技術を用いて構築されたネットワークであればどこであっても、そのネットワークを配線基盤として利用することが可能となる。

これから設計に基づいて実装を行い、高機能通信を提供することがエンドノードだけで可能なことを示し、エンドノードが消費する通信帯域、計算性能、メモリ量について評価を行う。

<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-secsh-architecture-16.txt>

参考文献

- [1] Amitava Dutta-Roy, “Networks for Homes.”, IEEE Spectrum, December 1999.
- [2] Sun Microsystems Inc., “Jini Network Technology”, <http://www.sun.com/software/jini/>, 2000.
- [3] UPnP, “Universal Plug and Play Forum”, <http://www.upnp.org>, 2002.
- [4] HAVi, “Home Audio/Video Interoperability”, <http://www.havi.org/home.html>, 2002.
- [5] Saltzer, J., Reed, D., and D. Clark, “End-to-End Arguments in System Design”. 2nd International Conference on Distributed Systems, Paris, France, April 1981.
- [6] Clark, D. and M. Blumenthal, “Rethinking the Design of the Internet: The end-to-end argument vs. the brave new world”., 2000.
- [7] T. Ylonen, C. Lonvick, Ed., “SSH Protocol Architecture”, Internet-draft, June 2004.,