

現実空間の利用者の活動に連動する リアクティブネットワーク構成法

門脇 伸明[†] 笹井 一人[‡] 北形 元[‡] 木下 哲男[‡]

東北大学大学院 情報科学研究科[†] 東北大学 電気通信研究所[‡]

1. はじめに

ゲストの来訪時や会議などの一時的な利用のために、ネットワークを臨時に構築する場合、ネットワーク機器の設定変更には手間と時間を要する。そこで、ネットワークを現実世界の利用者の活動に連動して自律的に構成できれば、これらの負担を軽減されると期待される。しかし、従来のオートノミックコンピューティングを応用したネットワーク管理手法では、Internet of Things (IoT) デバイスやセンサ、利用者のデバイスなどのネットワーク機器以外の機器と連携し、利用者の活動などの情報に基づき自律的にネットワークの運用を行うことが困難である。そこで本稿では、エージェント型スライス制御機構に基づく、リアクティブネットワーク構成法を提案する。具体例として、利用者の現実空間における行動に応じてネットワークをリアクティブに構成するシステムの設計を行い、動作実験により実現可能性を示す。

2. 関連研究と技術的課題

Software-defined Network (SDN) を活用し、利用者の一時的な利用目的に応じて必要なデバイスで構成されるネットワーク構築手法が提案されている[1]。しかしながら、この手法ではネットワークやデバイスのアドレスなどの論理的仕様を利用者が把握し、明示的に要求を行う必要がある。また、利用者の位置やデバイスとの距離、現実世界における振る舞い、社会的役割などの情報を用いて利用者の活動に応じたネットワークサービスを提供する研究が行われており、IoT 技術やサイバーフィジカルシステムの発展に伴い、実現可能性が高まっている[2]。一方、従来のオートノミックコンピューティングに基づくネットワーク管理手法など、ネットワークによるアプローチとして、ネットワーク機器や資源の状態に応じたネットワーク自律制御手法が提案されているものの、環境によって異なる IoT デバイスおよび多種多様な利用者情報基盤と協調連携を行い、ネットワークの制御を行うことは困難である[3]。

そこで、本稿では、利用者の行動や利用者が有する権限の情報を保持する知的なエージェントとエージェント型スライス制御機構を連携させた、リアクティブなネットワーク構成法を提案する。

3. リアクティブネットワーク構成法

図 1 に、エージェント型スライス制御機構に基づくリアクティブネットワーク構成法の概要を示す。本手法は、多種多様なセンサや利用者情報基盤から断片的に得られる情報を知的なエージェントが統合し、エージェント間の連携により、利用者のネットワークに対する要件を推

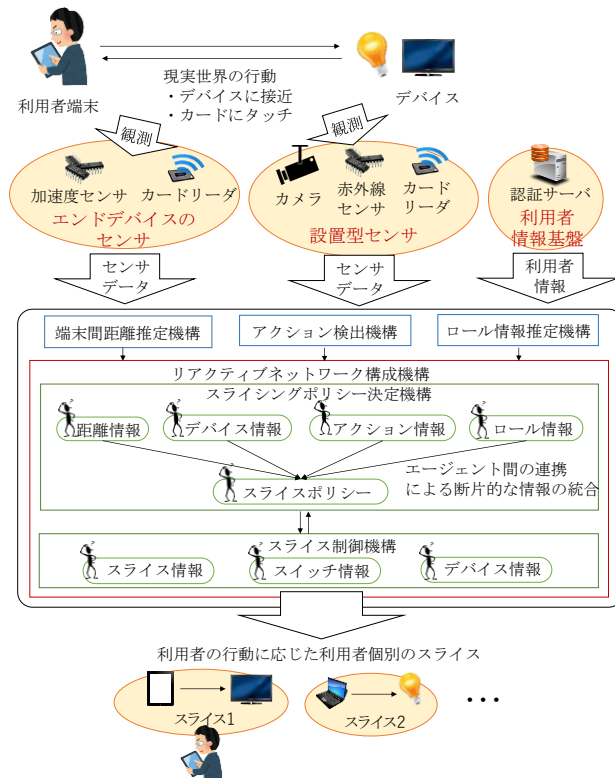


図 1 スライス制御機構に基づく
リアクティブネットワーク構成法の概要

定し、スライス制御機構に対してスライス生成要求を行うことで、利用者の行動に応じたネットワークを動的に構成する。

3.1. スライス制御機構

利用者が必要とするデバイスのみで構成される仮想的なネットワークを、利用者個別にスライスとして動的に生成する。スライスを利用者に対して個別に構成することで、動的に変化する様々な利用者の行動に個別に対応可能なネットワークを提供する。

3.2. スライシングポリシー決定機構

ネットワーク内のセンサやデバイスおよび利用者情報基盤から、知的なエージェントによりデバイス情報の取得や制御を行う。一般に、運用環境によって利用可能な情報資源が異なるため、エージェント間で連携することで、センサや利用者情報基盤から取得される断片的な情報を統合し、利用者が必要とするネットワークの構成を決定する。これらのエージェントが連携することで、利用者の活動や社会的役割などの推定を行い、利用者に対して提供するスライスの要件を定める。この要件を基に、エージェント型スライス制御機構に対してスライスの生成を要求することで、動的に利用者の活動に応じたネットワークを構成する。

User activity synchronized reactive network construction method
Nobuaki Kadowaki[†], Kazuto Sasai[‡], Gen Kitagata[‡], Tetsuo Kinoshita[‡]
[†] Graduate School of Information Sciences, Tohoku University
[‡] Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

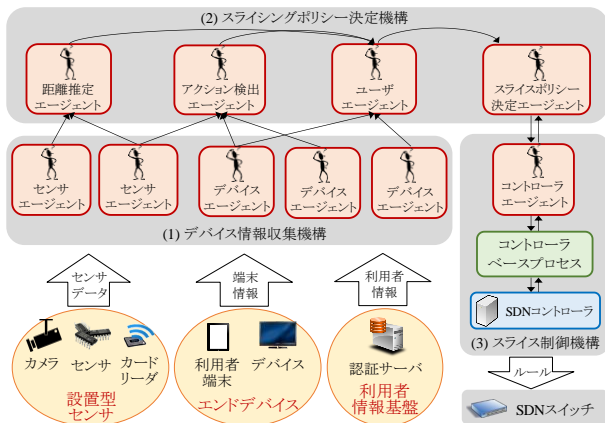


図2 試作システムの連携制御モデル

4. 設計と実装

4.1. 試作システムの設計

エージェント型スライス制御機構の応用例として、現実空間の利用者の活動に連動し、リアクティブにネットワークを構成するシステムの設計を行う。具体的には、設置型センサや利用者デバイス、利用者認証サーバの情報から、利用者の位置やアクションを検出し、利用者が行いたい行動に応じたアクションを起こした場合に、利用者が接続したいデバイスを推定し、利用者デバイスと接続先デバイスのためのスライスを動的に生成する。なお、利用者のアクションの例として、行いたい行動に対応付けられたカードをかざすことや、接続デバイスに接近することなどを想定する。

図2に試作システムの連携制御モデルを示す。本システムは、(1)データ収集機構、(2)スライシングポリシー決定機構、(3)スライス制御機構から構成される。(1)データ収集機構では、センサやデバイスの制御知識を保持したセンサエージェントやデバイスエージェントが、センサやデバイスから収集したデータの多種多様な出力形式や動作仕様の差異を吸収し、センサデータやデバイス情報、利用者情報をスライシングポリシー決定機構に送信する。(2)スライシングポリシー決定機構では、距離推定手法やアクションの検出手法などの知識を持ったエージェントが、データ収集機構から収集した断片的な情報を統合し、利用者の情報を管理するユーザエージェントと連携することで、各利用者のネットワークに対する要件を推定し、スライス生成ポリシーを決定する。(3)スライス制御機構では、ポリシーに従い、SDNコントローラの制御知識を保持するコントローラエージェントがSDNスイッチの挙動を制御し、スライスを生成する。このように、従来はネットワークで連携することのなかった利用者の情報を知識として保持したエージェントを、SDNコントローラの制御知識を持つエージェントと連携して動作させることで、様々な手法を組み合わせたスライスの構成を行う。

4.2. 試作システムの実装

4.1の設計に基づき、コントローラエージェントおよびコントローラベースプロセスの実装を行い、試作システムを作成した。また、SDN技術としてOpenFlowを用いた。OpenFlowコントローラにはOpenDaylightを使用し、スライスは、ベースプロセスからREST API経由でOpenDaylightのVirtual Tenant Network (VTN)生成機能を用いて生成した。

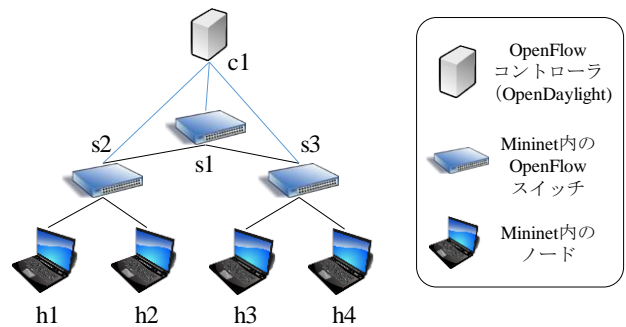


図3 実験構成図

```
mininet> pingall
*** Ping: testing ping reachability
h1 -> X h3 X
h2 -> X X h4
h3 -> h1 X X
h4 -> X h2 X
*** Results: 66% dropped (4/12 received)
```

図4 スライス生成確認実験の結果

4.3. 動作実験

実装した試作システムを用いて、図3に示す構成をMininetによりエミュレートし、エージェント化したOpenFlowコントローラによるスライス制御機構の動作実験を行った。本実験では、ユーザエージェントにより利用者がノードh1を用いてノードh3を利用すると推定され、利用者専用のスライスの生成要求がスライシングポリシー決定エージェントにより発行されたと想定し、コントローラエージェントにより利用者が必要とするデバイスに接続するための利用者専用のスライスが生成されることを確認する。

図4にMininetによる全ホストに対する接続到達性の出力結果を示す。図4の結果より、利用者のノードh1と利用者が利用したいと想定されたノードh3のみが通信できるスライスが生成され、その他のノードh2, h4のスライスとは分離されたことが分かる。以上の結果より、エージェントとして動作させたOpenFlowコントローラが他のエージェントと連携することにより、利用者に対して個別のスライスが動的に生成可能であることを確認した。

5. おわりに

本稿ではエージェント型スライス構成機構に基づくリアクティブネットワーク構成法を提案し、応用例として現実空間の利用者の活動に連動してリアクティブにネットワークを構成するシステムの設計を行った。試作システムの動作実験より、エージェント型スライス構成機構の実現可能性を示した。

参考文献

- [1] Boussard. M. et al.: Software-Defined LANs for Interconnected Smart Environment, 2015 27th International Teletraffic Congress, Ghent, pp. 219-227 (2015).
- [2] Yurur. O., Liu. C. H., Moreno. W.: A survey of context-aware middleware designs for human activity recognition, IEEE Communications Magazine, vol. 52, no. 6, pp. 24-31 (2014).
- [3] Samaan. N., Karmouch. A.: Towards Autonomic Network Management: an Analysis of Current and Future Research Directions, IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 11, no. 3, pp. 22-36 (2009).