

**広域災害対応型クラウド基盤構築に向けた研究開発
(省電力アクセスネットワーク制御技術)
Research and Development on Cloud Service Infrastructure for
Recovering Wide-area Disaster
(Power-saving access network control technology)**

代表研究責任者 西原 基夫 日本電気株式会社

研究開発期間 平成 23 年度～平成 24 年度

【Abstract】

Cloud services using access networks (wireless sensor networks), are expected as one of social infrastructure services. In order to grow popular such cloud service using access networks, access networks are required to be power-saving as well as high-reliability and high-safety.

To contribute to establishment of a next generation cloud service platform, we have researched and developed power-saving access networks control technologies which make it possible to use sensor networks not only by high-reliability and high-safety but also by power-saving.

In this research and development, we have confirmed that proposed power-saving access networks control technologies improve more than 50 % of power consumption efficiency compare with conventional technologies, and also we have confirmed some practical utility of our proposed technologies by demonstration experiments by using actual sensor networks built in a high school in Fukushima.

1 研究開発体制

- **代表研究責任者** 西原 基夫 (日本電気株式会社)
- **研究分担者** 福永 茂 (沖電気工業株式会社)
楫 勇一 (奈良先端科学技術大学院大学)
- **研究開発期間** 平成 23 年度～平成 24 年度
- **研究開発予算** 総額 250 百万円

(内訳)

平成 23 年度	平成 23 年度補正
110 百万円	140 百万円

2 研究開発課題の目的および意義

「クラウドサービス」には企業の ICT 設備投資の負担軽減や情報処理の集約等による環境負荷低減効果が期待されるが、その利用範囲の拡大に向けては、信頼性の向上 (安定・確実なサービス稼働の維

持)とともに、ネットワーク利用の拡大等に伴う通信トラフィックの急増への対応(消費電力の増大抑制)が重要である。これらの課題に対応するため、本研究開発では、ネットワーク全体として一層の消費電力の削減を図る。

今後、我が国のICT産業がクラウド分野で国際競争力強化を確保するとともに、クラウドサービスが社会インフラ分野で広範に活用されて、クラウド化のメリットを社会全体で享受できるようになることが重要である。一方で、ICTサービスの高度化は、ネットワークの情報流通の拡大をもたらすため、消費電力(CO2排出)の大幅増の改善が急務となっている。

こうした課題を解決するため、本研究開発を実施し、高信頼・高品質で省電力な次世代クラウドサービスの基盤(『グリーンクラウド基盤』)を世界に先駆けて構築することを目標とする。

本研究開発課題においては、当該要素技術のひとつとして、クラウドネットワークに膨大かつ多種多様なセンサ等が接続されるような利用形態の普及に伴う消費電力の増加に対応するための、センサ等により構成される多様なアクセスネットワークに適用可能な「省電力型アクセスネットワーク制御技術」の研究開発を実施する。

3 研究開発成果

本研究開発における成果を図1に示す。

本研究開発の各課題を連携した開発成果を用いたシミュレーション評価により、1,000台規模のセンサ機器で構築されるネットワークにおいて、ネットワーク内のセンサ機器の消費電力を、従来技術と比較して50%削減することを確認した。また福島県の高等学校で行った試作機による実証実験において、実センサネットワーク上における開発成果の実用性を確認した。以上により、本研究開発において、電源供給が不安定な環境下でも、センサネットワークの省電力化を実現し、長期運用が可能とする技術を実現した。各課題の成果詳細は、以下の各項で述べる。

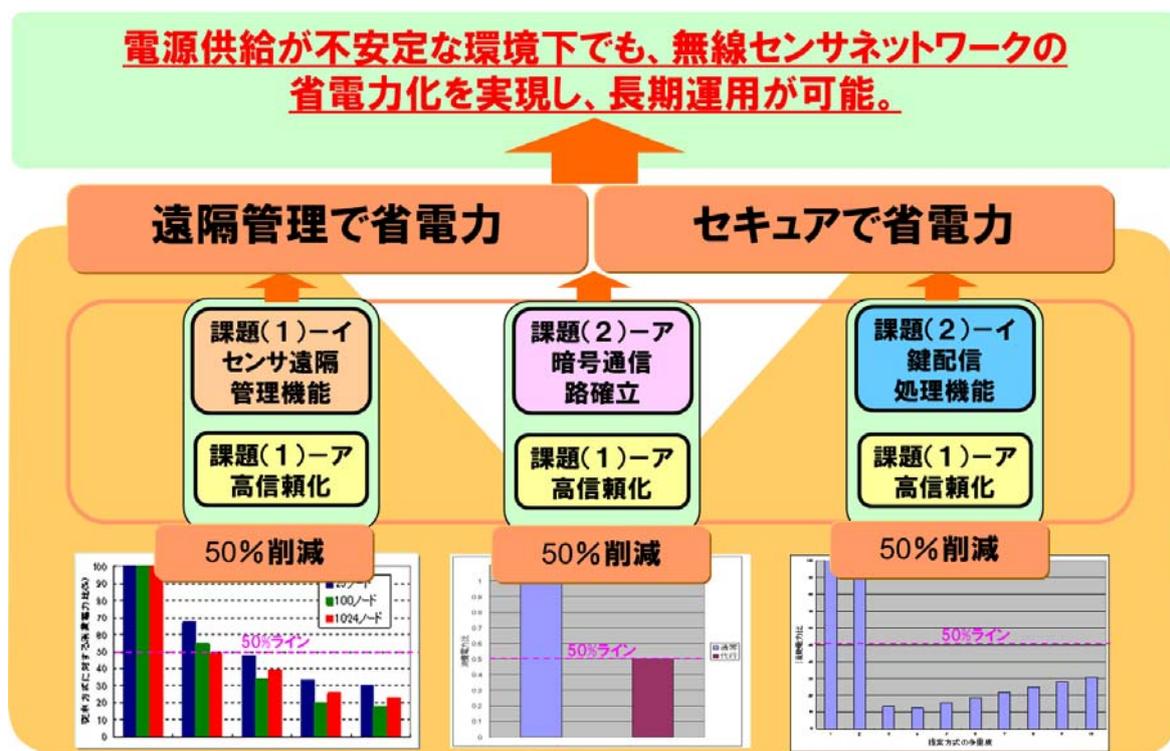


図1 課題間連携イメージ

3. 1 課題1 省電力アクセスネットワーク通信品質管理・制御技術に関する研究開発

インターネット等の汎用技術との親和性を確保しつつ、省電力で、膨大な数のセンサ等の通信状況を遠隔で管理し、通信品質の変動を補償する、ネットワーク管理・制御技術を確立することを目標とする。

その際、(2) 省電力アクセスネットワーク暗号通信技術に関する研究開発で得られる成果と合わせて、少なくとも 1,000 個規模のセンサ等により構築されるネットワークにおいて、そのネットワーク内のセンサ等の機器の消費電力の総量を本技術の研究開発の成果を適用する前と比較して約 5 割削減できるようにすることを目標とする。

課題（1）ーア 省電力アクセスネットワークの高信頼化技術の研究開発

平成 23 年度は、従来の省電力 MAC 方式 (IEEE802.15.4e) ではブロードキャスト時の制御パケットの送信コストが高いことや、トラヒックにあわせたスリープ周期の事前設計を行わないと消費電力増加やパケットロスが発生するという課題を解決する方式開発を行った。開発方式はデータ送信時に送信先ノードの間欠受信のタイミング情報を取得し、その同期情報を利用することでブロードキャスト送信時に発生する制御パケットの送信数を削減する方式と、ネットワーク内のトラヒック変動に応じて、最適な間欠受信周期を動的に決定し、トラヒックが少ない時には間欠受信を減らし、無駄な受信待機を削減する方式であり、シミュレーション評価によって、デューティ比を最大で 50%改善し、パケットロス率を 0.26 から 0.018 に改善できることを確認した。

平成 24 年度は、前実施期間に開発した方式を実機検証用の 920MHz 帯無線装置に実装し、省電力効果の評価を行った。20 台の無線センサノードを使用した評価実験において、開発した方式を用いることで既存方式と比較して、消費電力を最大で 70%削減できることを確認している。また、福島県の高等学校で行ったフィールド実験では、開発方式を利用したセンサネットワークを構築し、各種センサデータ収集実験を行い、実用性を確認した。

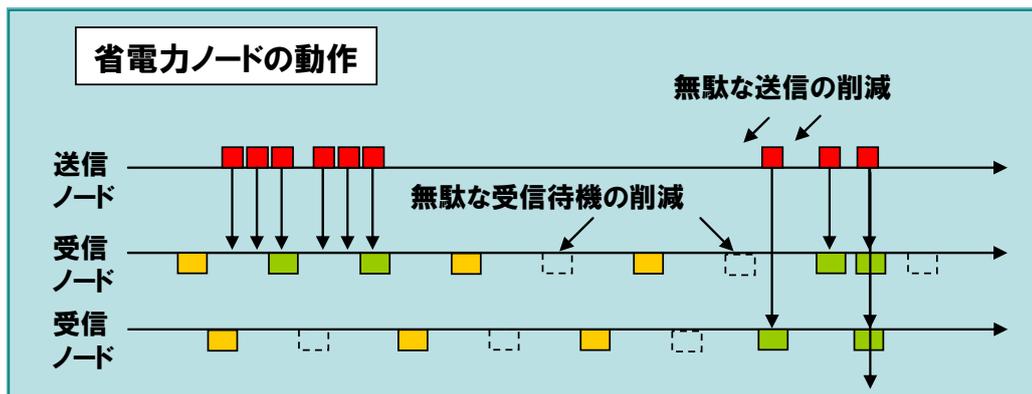


図 2 開発方式の概要（赤は送信、緑は受信、黄色は受信待機）

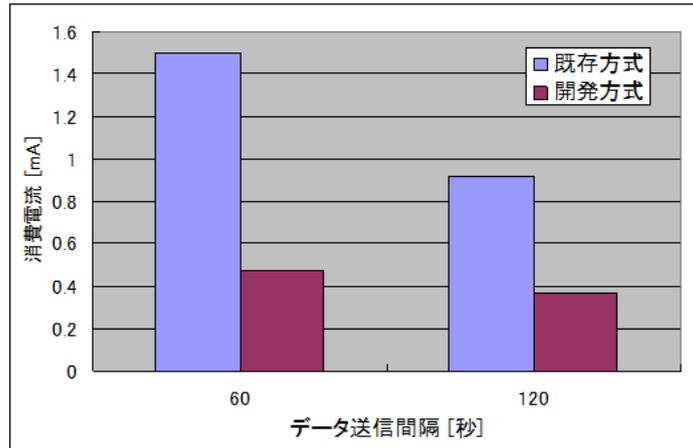


図 3 消費電流の比較

課題（１）ーイ 省電力センサ遠隔管理技術の研究開発

クラウドに設置されたセンサネットワークの管理サーバより、インターネット向けの技術である TR-069 や SNMP などの汎用的な管理通信プロトコルによって管理要求を受信したゲートウェイが、その管理要求に対応してゲートウェイ配下のセンサネットワークを省電力に管理する、省電力センサ遠隔管理技術を開発した。本遠隔管理技術は、ゲートウェイがクラウドから管理要求を受信した際、あるいはそのような要求に備えてあらかじめ、ゲートウェイが配下の膨大な数のセンサノードから構成されるセンサネットワークを効率的に管理することで通信トラフィックを低減し、省電力な管理を実現する。

平成 23 年度は、センサネットワーク運用のユースケースや運用ポリシーによって、様々なセンサネットワークの運用管理の手法が求められることを想定し、十分な運用管理を実現しつつも不要な管理情報に関する通信トラフィックを低減することで省電力化を実現する省電力センサ遠隔管理技術の研究開発を進めた。

本遠隔管理技術は、ゲートウェイが管理情報要求メッセージ内に各センサノードの効率的な応答方法である応答ポリシーを指示し、各センサノードが同ポリシーの指示に従って効率的に応答することで管理通信トラフィックを低減する。また、ゲートウェイは、管理情報要求メッセージをブロードキャストすることで管理通信トラフィックの低減を図る。また、本管理においては、指示した応答ポリシーに基づきセンサノードが応答しない場合もあるため、ゲートウェイにおいて応答しなかったセンサノードの管理情報が不足することもある。これに対して、不足管理情報を補うためにゲートウェイに蓄積した管理情報を用いて推定を行う。このような動作を実現するゲートウェイとセンサノード間の管理通信プロトコルとして、省電力センサ遠隔管理プロトコルを策定した（図 4）。

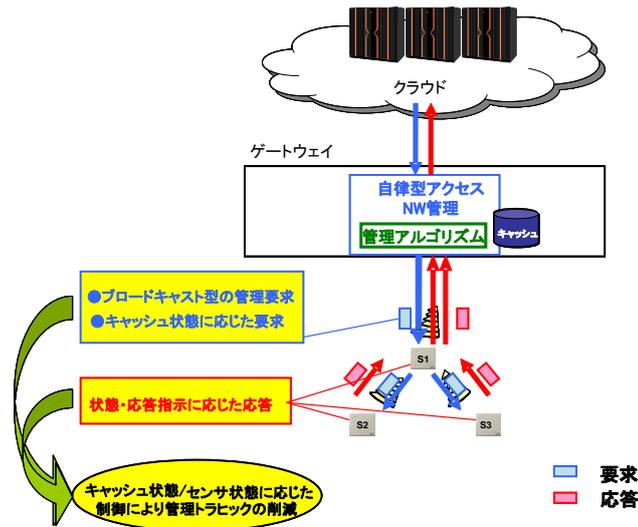


図 4 省電力センサ遠隔管理プロトコルの概要

策定した省電力センサ遠隔管理プロトコルについて、消費電力の削減効果を確認するため、計算機シミュレーションを用いた通信トラフィックの低減効果の評価および通信トラフィックの低減結果より導き出される消費電力削減効果の評価を行った。評価の結果、通信トラフィックの低減効果が最大で 77%、消費電力削減効果が最大で 71%であることを確認した。また、策定した省電力センサ遠隔管理プロトコルの実機開発を行い、動作検証を行った。検証の結果、策定した省電力センサ遠隔管理プロトコルが正常に動作することを確認した。

平成 24 年度は、自律型省電力センサ遠隔管理方式を研究開発した。センサネットワークの管理における管理情報の精度と省電力な管理を自律的に考慮する自律型省電力センサ遠隔管理方式を策定し、策定した自律型省電力センサ遠隔管理方式の消費電力削減効果および管理情報の精度を計算機シミュレーションにより評価した。評価の結果、最大 1,000 台規模のセンサネットワークにおいて、センサノードの遠隔管理通信で消費する電力を、従来方式に対して最大約 80%削減することを確認した (図 5)。図 5 では、自律的にバッテリー残量を効率管理する場合の提案方式の効果を示しており、1,000 ノード規模の評価において約 80%の消費電力削減効果を示している。さらに、このときの管理情報精度の劣化率が消費電力削減効果の割合に対して小さいことを確認した。また、策定した自律型省電力センサ遠隔管理方式を実機にて開発し、福島の高専をフィールドとした実センサネットワーク上で実証実験を行い、策定した提案方式の動作検証などから実用性を確認した。

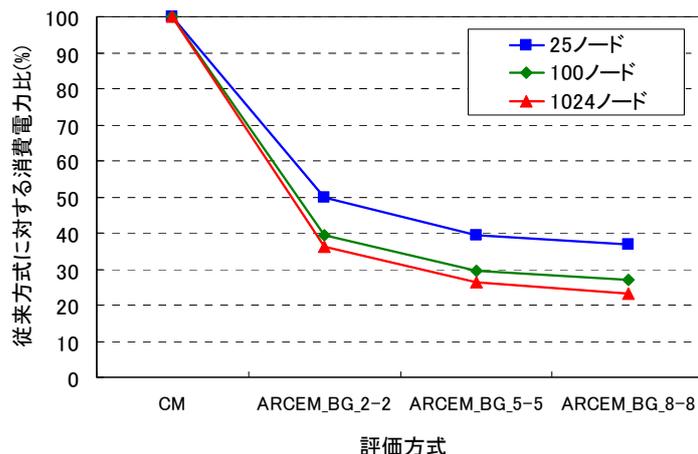


図 5 従来方式に対する自律型省電力センサ遠隔管理方式の消費電力比

計画以上の先進的な技術として、平成 24 年度の実機開発においては、計画していた自律型省電力センサ遠隔管理方式のコア機能に加え、より高精度な死活判定を実現する機能を開発した。無線通信を行うセンサノードの管理においては、無線通信のパケットロスなどに影響され、正確な死活判定が困難になる課題がある。そこで各センサノードに指示した応答方法を考慮した上で、通常管理時の応答メッセージの受信によるパッシブ型の死活判定と規定の応答ロスが発生した場合に死活を問い合わせるアクティブ型の死活判定が連携した高精度な死活判定機能を策定し、開発した。また、福島の高등학교での実証実験において、本機能の動作検証を行い、高精度に死活を判定することを確認した。特に応答が抑制される管理環境での死活判定の精度向上技術は、他に検討の類を見ない技術である。

3. 2 課題 2 省電力アクセスネットワーク暗号通信技術に関する研究開発

センサ等の処理能力が制限される場合でも、汎用的なプロトコルを利用し、クラウド上のサーバとセンサ等の間でエンド・エンドの暗号通信路を確立し、省電力で暗号鍵の更新を定期的かつ確実にを行う技術を確立することを目標とする。

その際、(1) 省電力アクセスネットワーク通信品質管理・制御技術に関する研究開発で得られる成果と合わせて、少なくとも 1,000 個規模のセンサ等により構築されるネットワークにおいて、そのネットワーク内のセンサ等の機器の消費電力の総量を本技術の研究開発の成果を適用する前と比較して約 5 割削減できるようにすることを目標とする。

課題 (2) -ア 省電力アクセスネットワーク向け暗号通信路確立技術の研究開発

平成 23 年度は、クラウド上のサーバとセンサ等との間で、TLS 等の汎用的なプロトコルを利用してエンド・エンドの暗号通信路を確立するために、センサ等が処理する暗号通信路の確立処理を、センサ等に代わって代行装置が安全に処理する暗号通信路確立処理代行方式を設計した。サーバ装置、代行装置、センサのそれぞれに見立てた検証用装置上で TLS をベースにした暗号通信路確立処理代行方式を実装し、代行方式の適用によって省電力アクセスネットワークを流れるトラフィック量を 50%以上削減できる見込みがあることを確認した。また同時に、平成 24 年度の組み込み無線装置上への方式実装に向けて、組み込み無線装置上で動作する IPv6、IPsec および TLS を開発し、実機上でこれらプロトコルを動作させた場合のオーバーヘッドを確認した。

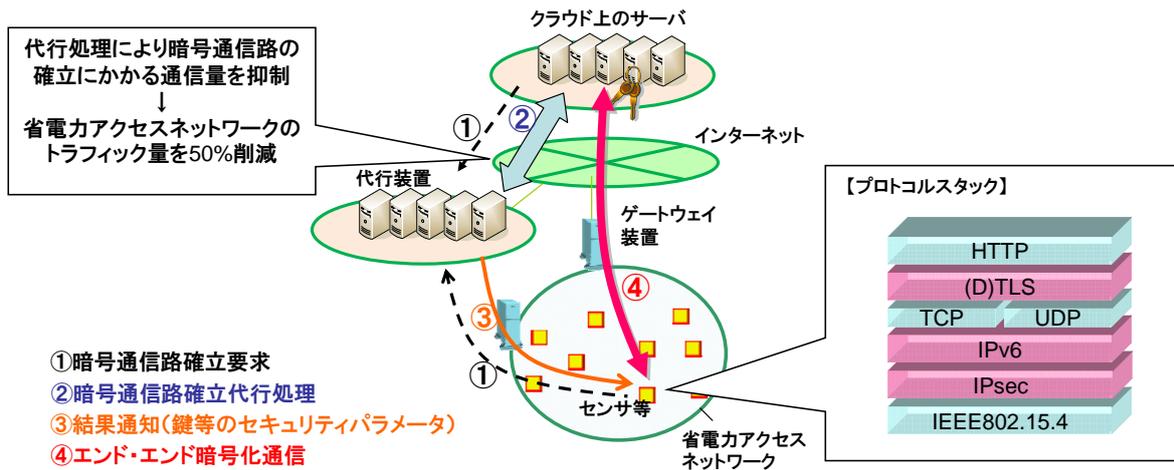


図 6 省電力アクセスネットワーク向け暗号通信路確立代行方式の開発

平成 24 年度は、平成 23 年度に検証用装置上で実装した方式をベースに、組み込み無線装置上で動作可能な暗号通信路確立処理代行方式を開発した。福島の高等学校を実フィールドとして、20 台規模の実機で構成したアクセスネットワーク内の実機と検証用装置との間で、エンド・エンドの暗号通信路を確立できることを確認し、最大で約 21.5%のトラフィック削減効果が得られることを確認した。また、課題（1）ーアで開発した省電力 MAC と連携した総合的な評価をシミュレーションにより行い、消費電力の総量を約 25%に削減できることを確認した（図 9 参照。なお、間欠受信周期を 12.5ms 固定にしたものを OFF、受信周期を 12.5ms と 25ms の 2 段階に切替えるものを ON（2 段階）、更に 50ms の周期を加えて 3 段階としたものを ON（3 段階）と表記している）。

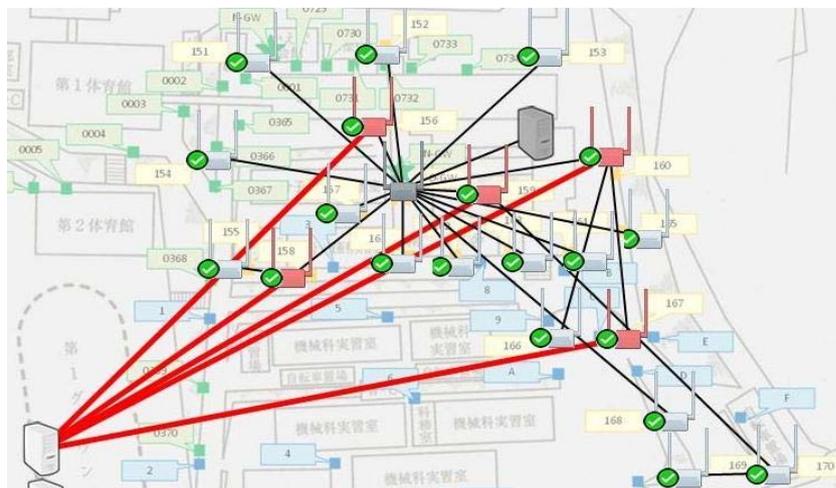


図 7 構築した 920MHz 帯 IPv6 対応無線マルチホップネットワークとデータ収集の様子

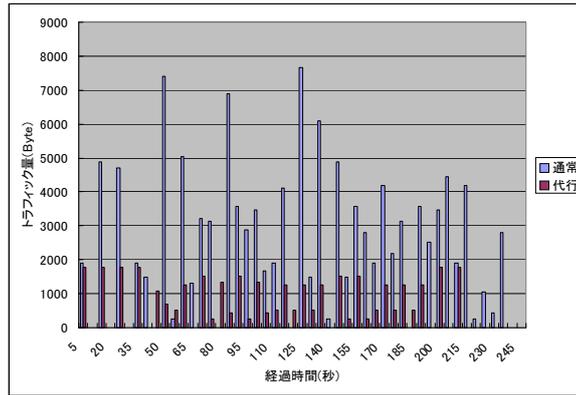


図 8 トラフィック量の削減効果(TLS を利用したセンサ値通知、20 台)

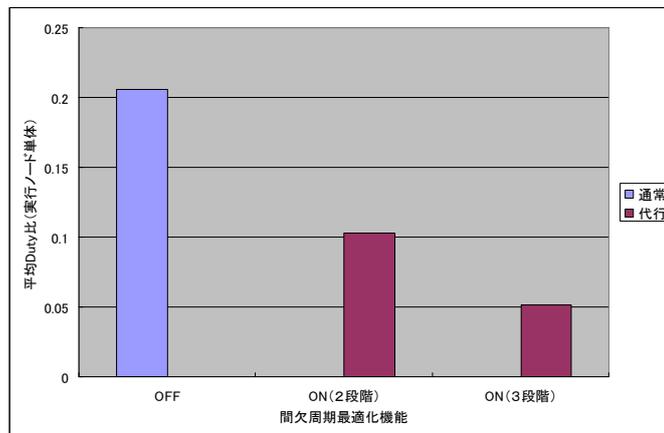


図 9 TLS 通常処理に対する提案代行方式の省電力効果

課題（2）ーイ 省電力鍵更新技術の研究開発

課題（2）ーイー1 省電力暗号鍵更新方式の研究開発

平成 23 年度は、センサが自ら自然に持つ属性をベースとするグループ構造（属性集合）の形式化を行った。そして、属性集合の部分集合として、サービスにおいて意味的に重要なグループを設計、管理するものとした。この部分集合を適切に選択することによって、安全かつ効率的な複数グループのグループ鍵の管理を実現した。本方式の注目すべき点は、クロスレイヤメカニズムに基づくグループ鍵の無効化プロトコルにある。計算機による現実的な条件下でのシミュレーションにおいて、上位レイヤにおいて設けた通信の冗長性が、下位レイヤにおける通信量を削減する様子を示した。具体的には、従来の無線センサネットワークに適用可能なグループ鍵管理方式に比べ、通信量を 1/2 以下でグループ鍵更新を実現することを定量的に示した。

平成 24 年度は属性に基づくグループ鍵管理手法を開発し、無線センサネットワークにおいて実用的な「多数のノードからなる複数のグループ」におけるグループ鍵を効率的に更新管理できることを確認した。複数属性を扱うことで、鍵配送に係わる通信を多重化することが可能となり、これが再送を含む通信量の削減に貢献する。このとき多重度を可変に設定し、通信量が最少となるよう多重度を決定できることを確認した。約 1,000 台規模のセンサネットワークにおいて、64 グループの鍵更新にかかる通信量を計算機シミュレーションにより評価したところ、通信量が最少となる多重度のとき、鍵更新にかかる通信量を従来方式と比べて約 12%以下に抑制した。シミュレーションによる提案方式による消費電力削減効果を図 10 に示す。従来方式に対して 50%以上削減することを確認できた。さらに、福島の高専における実証実

験において、実センサネットワークに提案方式を導入し、実機上での鍵情報の更新管理を実現できることを確認した。

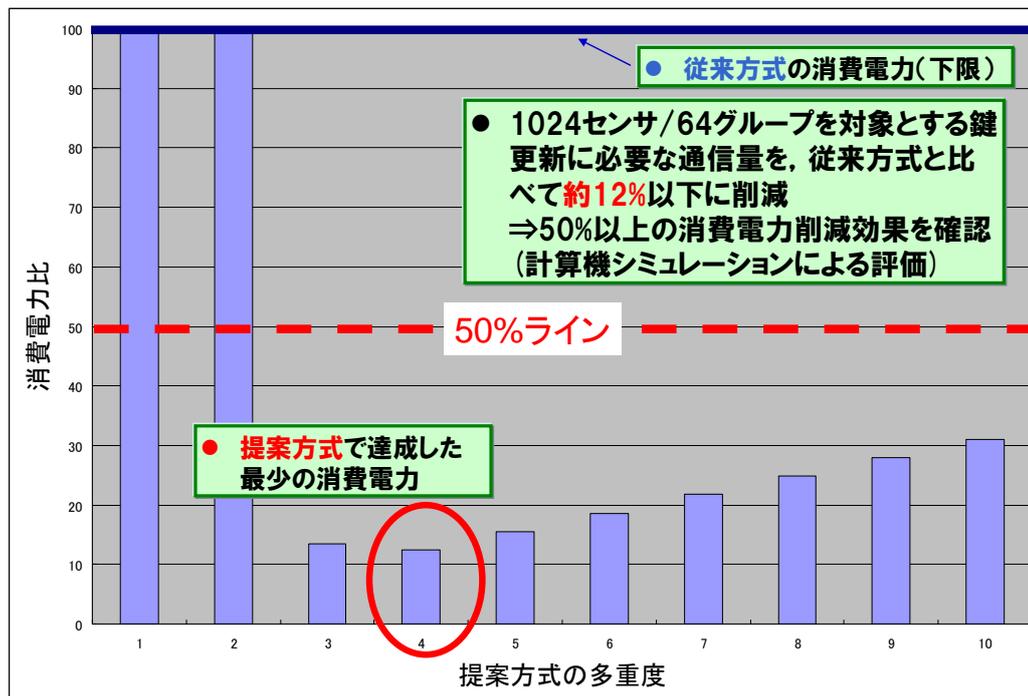


図 10 提案方式による消費電力削減効果

課題（2）－イ）－2 省電力暗号鍵更新方式の安全性評価

平成 23 年度の目標は、(A) センサネットワークにおけるセキュリティ確保の要件について明確化し、(B) 安全性を確保したうえでの通信量最適化（消費電力量の最小化）に関する基礎的検討を行うことであった。目標 (A) について、センサネットワークにおける最大のリスク要因は、環境に配置されたセンサノードが物理的に攻撃され、その内部情報（暗号鍵）が不正に流出する可能性が高い点にある。平成 23 年度の研究では、ある種の集合被覆問題の解に従って課題（2）－イ）－1 の鍵管理方式を運用すれば、危殆化したノードをシステムから排除し、生き残ったノードの暗号鍵を安全かつ迅速に更新できることを示した。これにより課題（2）－イ）－1 開発方式のセキュリティ要件が明確となり、(A) の目標を達成することができた。さらに、当初計画になかった成果として、集合被覆問題の計算量下界（NP 完全性）に関する証明に成功した。この結果は、ノード属性の設計に関して大きな示唆を与えるものであり、課題（2）－イ）－1 方式を効率的に運用するための重大な知見を得ることができたといえる。目標 (B)、すなわち通信量の最適化について、当初は多重度を固定した単純な運用のみを想定していたが、課題（2）－イ）－1 方式の挙動が明確になるに従い、多重度を動的に制御することの有効性が明らかとなった。この性質は想定外の発見であったが、課題（2）－イ）－1 方式の一層の効率改善に資する可能性があるため、当初計画をさらに進め、開発手法の性能評価を可能とする数理モデルを構築することとした。構築した数理モデルが示す性能特性は課題（2）－イ）－1 の研究で行われた実験的評価の結果ときわめて高い精度で一致しており、この数理モデルの妥当性を確認することができた。以上の結果は所期の目標を完全に上回るものであり、課題（2）－イ）－1 方式の有効性を数理的に保証するという予想以上の結果に到達することができた。

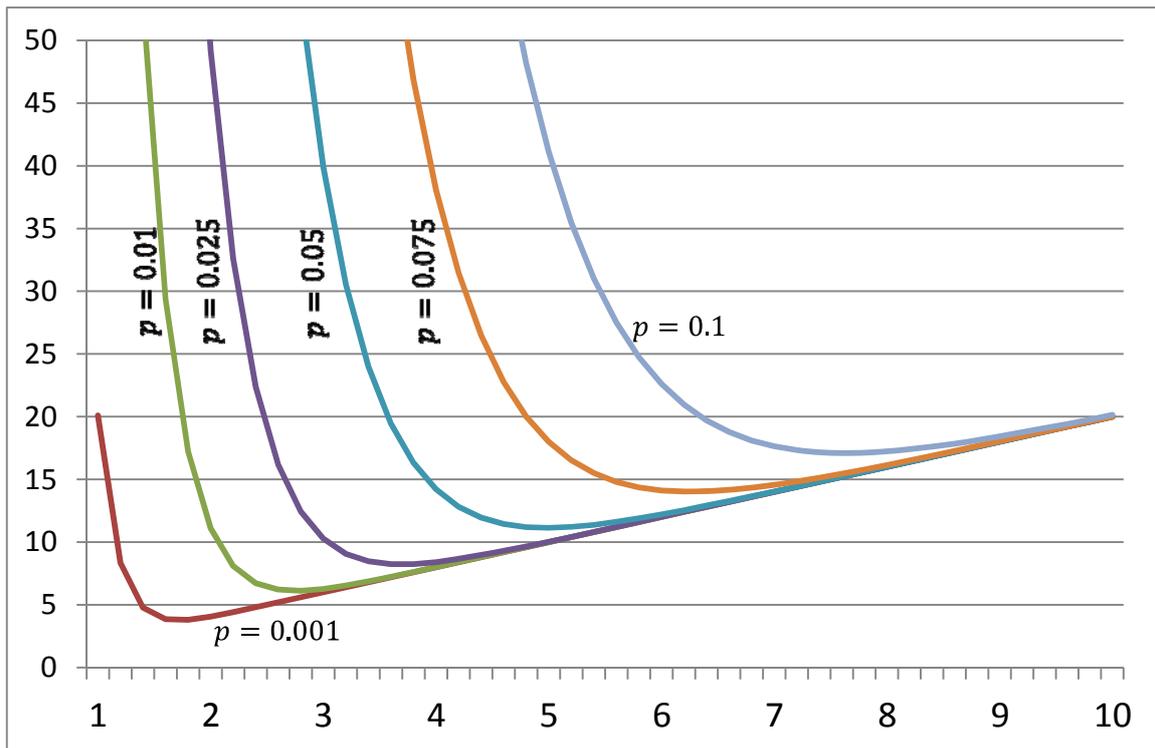


図 11 数理モデルから得られる性能曲線

平成 24 年度の研究においては、(C) 平成 23 年度に検討を行った数理モデルの改善および開発方式の実用性を改善するための方策検討と、(D) その方策がもたらすセキュリティ的な影響について検証を行うことを目標とした。(C) の数理モデルの改善にあたっては、パケットの消失等、実環境において生じる様々な要因をモデルに内包し、設計パラメータの変化が、通信量および安全性にどのような影響を与えるか詳細に検討した。さらに、一連の成果をふまえて大規模災害等を想定した様々なシナリオについて検討を行い、課題 (2) -イ) -1 の方式が、ネットワーク敷設や運用管理に必要となる時間および人的資源も削減することを明らかにした。この特性は、専門家の確保が困難な過疎地域や人が分け入ることの難しい山間部、あるいは大規模被災地等へのネットワーク敷設を容易にし、今日の社会が直面する諸問題に対して直接的なソリューションを与える可能性がある。また、目標 (D) に関連し、本研究開発手法を実用化フェーズに移行するにあたって生じる問題についても検討を行い、問題解決のための基礎的解法を検討した。具体的には、多数のノードに対してデータの受領確認を安全かつ効率的に実現するための仕組みの開発や、本研究開発で得られたクロスレイヤ的なセキュア通信の概念を既存の他方式に適用した場合の効果等について検討を行った。前者の成果は課題 (2) -イ) -1 方式の運用効率化に有効であり、後者の成果は、課題 (2) -イ) -1 方式が広く普及するまでの過渡期間における省電力化の実現に資すると考えられる。

以上を総括すると、研究開発着手段階で掲げた所期目標については完全に達成し、当初想定よりも深化した結果を得ることができたと評価することができる。また、開発手法の周辺分野、すなわち、運用にあたって解決すべき問題や、技術移行の際に取り組むべき問題についても十分な検討を行うことができた。単なる技術開発・評価にとどまらず、次のステップを考えるうえで有益な知見をも得られたことは、当初の想定以上の結果であるということができる。

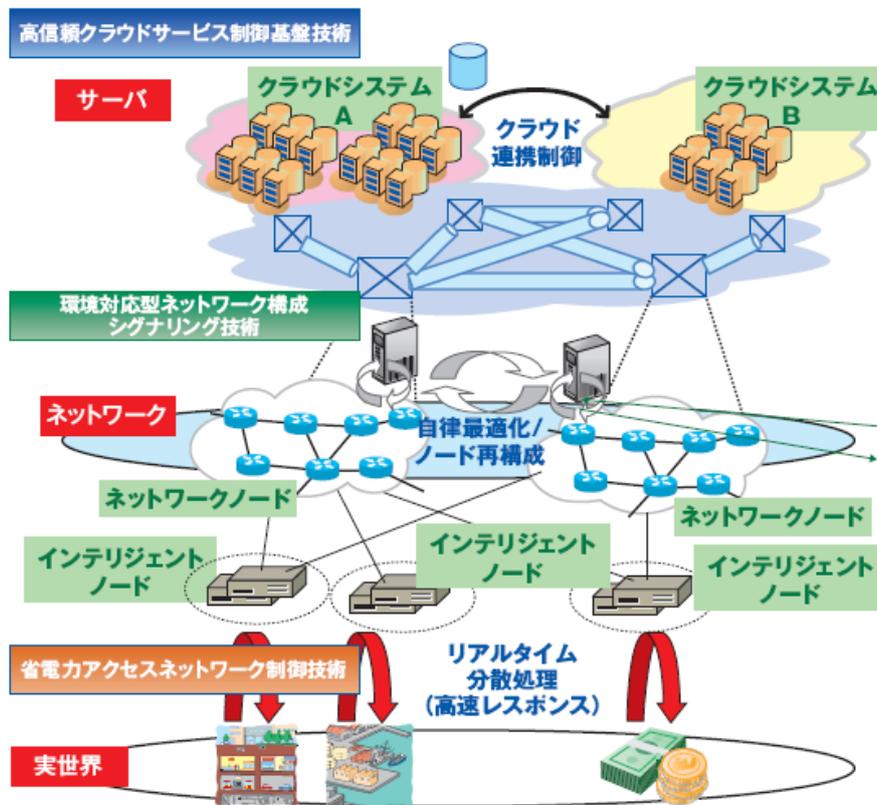
3. 4 研究開発成果の社会展開のための活動実績

○省電力無線マルチホップルーティングの標準化

IEEE802 委員会において、無線マルチホップルーティングの標準化を提案、IP 層より下位のレイヤで無線マルチホップルーティング機能をもつことの必要性が認められ、2013 年 1 月会合から、標準化すべき内容を審議するためのスタディグループを立ち上げることに成功した。

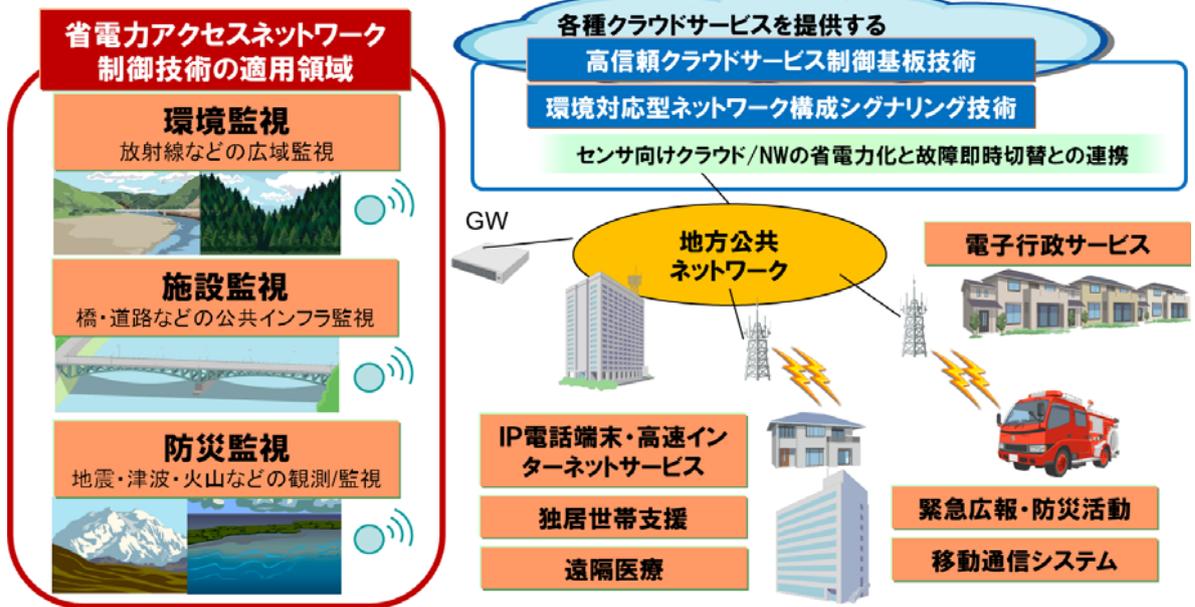
○他プロジェクトとの連携について

高信頼クラウドサービス制御基盤技術、環境対応型ネットワーク構成シグナリング技術、省電力アクセスネットワーク制御技術の 3 プロジェクトにおいて、各技術の適用領域による分担と連携を実施することで、システム全体としての省電力化を達成した。



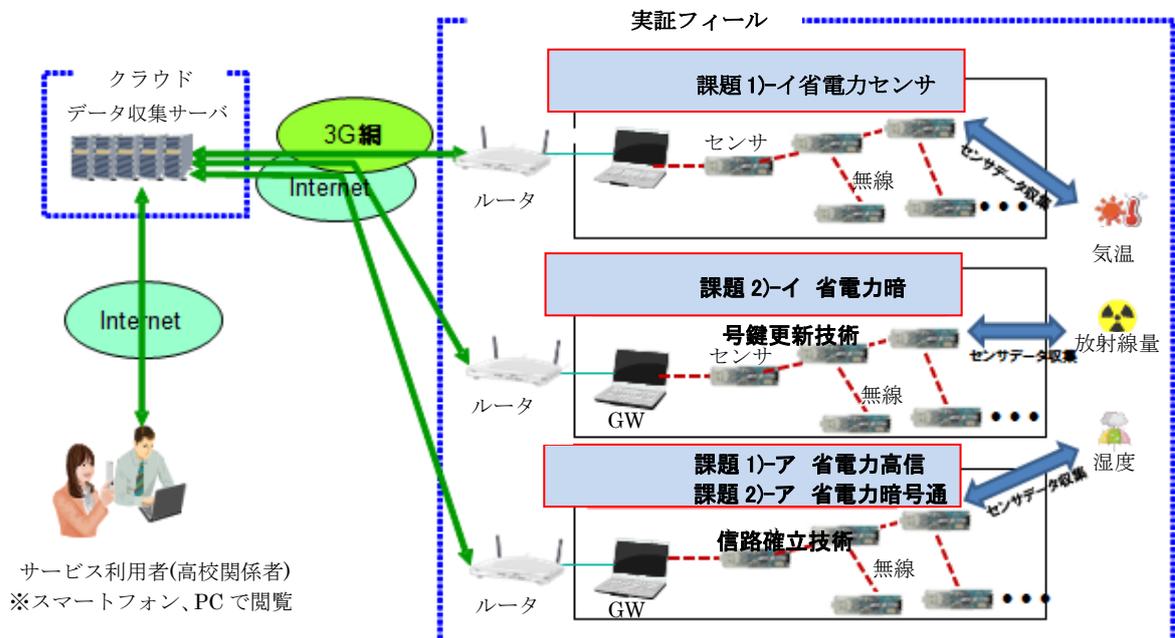
センサ/NW 資源を省電力化し、長期運用を可能とする省電力アクセスネットワーク制御技術の適用領域としては、環境監視、施設監視、防災監視などの広域、社会インフラ監視分野が想定される。

社会インフラで利用される無線ネットワークシステム



○福島県の高等学校における実証実験

2012年11月12日～11月16日の期間に東北地区の震災復興への貢献を目的としたクラウドサービスとし、気温・湿度・照度・放射線量のセンサデータを収集するセンサネットワークを福島県の高等学校に構築し、開発した省電力センサネットワーク技術の実証実験を行い開発した技術の実用性を確認した。以下に実証実験システムの構成概要を示す。



○対外アピール活動について

本研究成果を広く一般に発表するため、研究成果発表会を下記の通り開催し、研究開発のプレゼンテーション及びデモンストレーション展示を行った。

名称：クラウドネットワークシンポジウム 2013

「広域災害対応型クラウド基盤構築に向けた研究開発」

開催日時：平成25年2月20日 11:00～17:30

会場：アキバ・スクエア（東京・秋葉原）

形式：コンファレンス、併設展示

来場者数：一般 282名、マスコミ 7名

4 研究開発成果の社会展開のための計画

日本電気株式会社

○標準化

BBF (Broadband Forum) に対し、本研究開発で開発する省電力型の遠隔管理プロトコルに関する技術の標準化を推進する。平成21年度第2次補正予算「ネットワーク統合制御システム標準化等推進事業」において、BBF に対し M2M (センサ) 管理に関する技術の標準化を提案している。本実績を活用し、省電力型の遠隔管理プロトコルに関する技術の標準化を推進する。

活動実績として、BBF の2011年9月会合に参加し、キーマンへのコンタクトや標準化を進めるために意見交換や情報収集などの活動を実施し、2012年8月会合にて、広域災害時の省電力型管理ユースケースの提案活動を実施した。

今後は、2011年9月会合におけるBBFのキーマンらとの意見交換結果を参考に、BBFにおける標準化活動について内部検討を行う。

○事業化・製品化

本研究開発の成果について、短期的には、実証実験で使用した検証サービスをベースとした環境モニタリングサービスを、東日本大震災の被災地への導入提案を行っている。中長期的には、成果を適用した「省電力センサネットワークサービス」として平成27年度の製品化を目指す。

また、課題(2)ーイ 省電力鍵更新技術については、某大学の研究開発支援を目的とした基盤として、新たに環境情報やユーザ情報の収集を可能とする、センサネットワーク実験基盤システムを平成26～27年に実現することを目標に検討を行っている。

沖電気工業株式会社

○標準化

本研究開発成果の1つである省電力マルチホップ技術は、IEEE802 委員会で標準化されつつある IEEE802.15.4e の省電力機能を利用した NW に適用することを想定している。そこで、研究成果を広く利用できるようにするために、無線マルチホッププロトコルの標準化団体として参加企業数が世界最大であり広く知られている ZigBee Alliance の標準として、IEEE802.15.4e の省電力機能を利用した無線マルチホッププロトコルを規定する活動と、センサネットワーク等に用いる無線方式を標準化している IEEE802 委員会の 15WG でマルチホップルーティングの機能を標準化する活動を実施した。

ZigBee Alliance では、国際的に共通して利用できる 2.4GHz 帯の標準化が先行して進められてきたが、周波数が低くより省電力な通信が可能な 920MHz 帯も ZigBee 標準として規定する動きがあり、この動きと同調して我々が提案してきた省電力機能とその他いくつかの追加機能の標準化が審議されている。このような状況の中で、まず 920MHz 帯を ZigBee 標準として規定し、その後追加機能を審議することとなった。このため、ZigBee Alliance での省電力機能の標準化は、平成 25 年度以降に実施する予定である。

IEEE802 委員会 15WG では、我々が実施したマルチホップルーティング機能の標準化開始の提案に対し、興味を示した参加者でインタレストグループを結成し、標準化の必要性について審議した。その結果、標準化の審議を開始することが認められ、2013 年 1 月からスタディグループとして具体的な標準化すべき項目についての審議を開始した。来年度以降も継続して、方式提案などの活動を実施する予定である。

○事業化・製品化

省電力なアクセスネットワーク用無線ノードとして、通信の信頼性・安全性を高めた組み込み機器を平成 26～27 年に実現することを目標に検討中である。

5 査読付き誌上発表リスト

- [1] Jun Noda, Yuichi Kaji, “Attribute-Based Group Key Management for Wireless Sensor Network —A Cross-Layer Design Approach for Group Key Management—”, Infoware2012: The Eighth International Conference on Wireless and Mobile Communications(ICWMC 2012), Venice, Italy, pp.242-247, 2012 (2012年6月25日) :
- [2] 鈴木 孝明、野田 潤、久保 祐樹、八百 健嗣、楫 勇一、“省電力センサネットワークの開発・導入と社会への展開”、情報処理学会 デジタルプラクティス論文 「利用されるクラウドコンピューティング」特集 (投稿中) :

6 その他の誌上発表リスト

7 口頭発表リスト

- [1] 鈴木 孝明、山口 一郎、山田 勝彦、“無線センサネットワークにおけるセンサデバイスの状態管理通信の効率化による省電力管理通信方式の提案”、電子情報通信学会 アドホックネットワーク(AN)研究会 (鳥羽市) (2012年1月19日)
- [2] 田中 淳裕、“「最先端のグリーンクラウド基盤構築に向けた研究開発」の可能性”、クラウドネットワークシンポジウム 2012 (東京) (2012年2月23日)
- [3] 野田 潤、楫 勇一、“セキュアな省電力アクセスネットワークを実現する鍵更新技術”、電子情報通信学会ソサイエティ大会 IEICE 大会企画セッション講演 (富山市) (2012年9月13日)
- [4] 角丸 貴洋、鈴木 孝明、山田 勝彦、“省電力アクセスネットワークを実現する管理通信の効率化技術”、電子情報通信学会ソサイエティ大会 IEICE 大会企画セッション講演 (富山市) (2012年9月13日)
- [5] 鈴木 孝明、角丸 貴洋、“無線センサネットワークのノード状態管理における自律的な応答頻度制御による管理トラフィック削減と管理精度の向上”、電子情報通信学会 アドホックネットワーク(AN)研究会 (仙台市) (2013年1月25日)
- [6] 西原 基夫、“省電力アクセスネットワーク制御技術の研究開発”、クラウドネットワークシンポジウム 2013 (東京) (2013年2月20日)
- [7] 楫 勇一、野田 潤、“センサネットワークにおけるグループ鍵管理の通信量について”、情報処理学会第65回モバイルコンピューティングとユビキタス通信・第37回ユビキタスコンピューティングシステム合同研究発表会 (東京) (2013年3月15日)
- [8] 鈴木 孝明、角丸 貴洋、“省電力な無線センサネットワーク管理方式の開発とフィールド実証”、電子情報通信学会 ネットワークシステム(NS)研究会 (神奈川) (2013年5月16日)
- [9] 中嶋 純、八百 健嗣、“無線マルチホップネットワークノードの認証・鍵共有の一部計算委託方式の提案”、2012年 暗号と情報セキュリティシンポジウム (金沢市) (2012年2月1日)
- [10] 八百 健嗣、中嶋 純、久保 祐樹、福井 潔、“省電力アクセスネットワークを構築する高信頼化/セキュリティ技術”、電子情報通信学会ソサイエティ大会 IEICE 大会企画セッション講演 (富山市) (2012年9月13日)
- [11] 松村 太一、楫 勇一、“センサネットワークにおける安全で効率的な受信確認方式”、電子情報通信学会総合大会 (岡山市) (2012年3月22日)

- [12] 土江 康太、楫 勇一、“センサネットワークにおける LKH グループ鍵配送について 再送処理を考慮した通信コストの最適化”、2013 年 暗号と情報セキュリティシンポジウム（京都）（2013 年 1 月 23 日）
- [13] 松村 太一、楫 勇一、“センサネットワークにおける受信確認メッセージの集約方式について”、2013 年 暗号と情報セキュリティシンポジウム（京都）（2013 年 1 月 24 日）

8 出願特許リスト

- [1] 鈴木 孝明、山口 一郎、山田 勝彦、通信装置、通信方法、及び通信システム、日本、2011 年 11 月 25 日
- [2] 野田 潤、センサネットワーク、センサ管理サーバ、鍵更新方法および鍵更新プログラム、日本、2012 年 2 月 9 日
- [3] 山口 一郎、鈴木 孝明、情報収集装置および情報収集方法、日本、2012 年 6 月 27 日
- [4] 鈴木 孝明、角丸 貴洋、ネットワークトポロジ推定装置、ネットワークトポロジ推定方法およびプログラム、日本、2012 年 12 月 14 日
- [5] 野田 潤、センサネットワーク、センサ管理サーバ、鍵更新方法および鍵更新プログラム、海外（PCT 国際）、2013 年 1 月 30 日
- [6] 鈴木 孝明、角丸 貴洋、山口 一郎、自律的にネットワーク管理方法を制御する通信装置、通信方法、及び通信システム、日本、2013 年 1 月 16 日
- [7] 八百 健嗣、中嶋 純、福井 潔、セキュリティ処理代行システム、通信装置、代行装置、通信プログラム及びセキュリティ処理代行プログラム、日本、2011 年 9 月 29 日
- [8] 川本 康貴、久保 祐樹、無線通信装置及びプログラム、並びに、無線通信システム、日本、2011 年 9 月 30 日
- [9] 中嶋 純、八百 健嗣、代行パラメータ情報生成装置、代行装置、代行パラメータ情報生成プログラム、代行プログラム及び通信システム、日本、2012 年 1 月 25 日
- [10] 中嶋 純、福井 潔、委託パラメータ情報生成装置、共有鍵合成装置、署名情報合成装置、通信装置、鍵共有被計算委託装置、署名情報生成被計算委託装置、被計算委託装置、鍵共有システム、署名情報検証システム及び通信システム、日本、2012 年 1 月 27 日
- [11] 八百 健嗣、福井 潔、セキュア通信システム及び通信装置、日本、2012 年 5 月 23 日
- [12] 八百 健嗣、中嶋 純、福井 潔、セキュリティ処理代行システム、通信装置、代行装置、通信プログラム及びセキュリティ処理代行プログラム、アメリカ、2012 年 9 月 28 日
- [13] 中嶋 純、福井 潔、委託パラメータ情報生成装置、共有鍵合成装置、署名情報合成装置、通信装置、鍵共有被計算委託装置、署名情報生成被計算委託装置、被計算委託装置、鍵共有システム、署名情報検証システム及び通信システム、アメリカ、2013 年 1 月 16 日
- [14] 中嶋 純、暗号通信装置、代行サーバ、暗号通信システム、暗号通信装置プログラム及び代行サーバプログラム、日本、2013 年 1 月 30 日

9 取得特許リスト

10 国際標準提案リスト

- [1] Broadband Forum・Third Quarter Meeting、Add use case to bbf2012.878.00 for resilience in case of

emergency、2012年8月28日

1 1 参加国際標準会議リスト

- [1] IETF・第81回会合、ケベック市、2011年7月24-29日
- [2] ZigBee Alliance・メンバ会合、バルセロナ、2011年10月24-28日
- [3] IETF・第82回会合、台北、2011年11月13-18日
- [4] IEEE802委員会・Wireless Interim 会合、ジャクソンビル、2012年1月16-19日
- [5] ZigBee Alliance・メンバ会合、ニューポートビーチ、2012年2月6-9日
- [6] IEEE802委員会・Plenary 会合、ワイコロア、2012年3月12-15日
- [7] IEEE802委員会・Wireless Interim 会合、アトランタ、2012年5月14-17日
- [8] ZigBee Alliance・メンバ会合、デンバー、2012年6月18-21日
- [9] IEEE802委員会・Plenary 会合、サンディエゴ、2012年7月16-19日
- [10] IEEE802委員会・Wireless Interim 会合、パームスプリングス、2012年9月17-20日
- [11] IEEE802委員会・Plenary 会合、サンアントニオ、2012年11月12-15日
- [12] IEEE802委員会・Wireless Interim 会合、バンクーバー、2013年1月14-17日

1 2 受賞リスト

1 3 報道発表リスト

(1) 報道発表実績

- [1] “センサネットワーク運用管理に必要な通信を従来比 50%省電力化する技術を開発～ 福島県の高等学校における実証実験に成功 ～”、2012年12月10日

(2) 報道掲載実績

- [1] “センサネットワーク運用管理に必要な通信を従来比 50%省電力化する技術を開発”、技術評論社(web ページ) <http://gihyo.jp/ad/pr/2012/NRR2012106497>、2012年12月10日
- [2] “NEC・OKI・奈良先端大、センサネットワーク運用管理に必要な通信を従来比 50%省電力化する技術を開発”、Infoseek 楽天ニュース(web ページ) <http://news.infoseek.co.jp/article/20121210jcn58042>、2012年12月10日
- [3] “NEC や OKI、広域センサネットワークの通信消費電力を 50%削減する技術を開発”、マイナビニュース(web ページ) <http://news.mynavi.jp/news/2012/12/10/185/index.html>、2012年12月10日
- [4] “NEC・OKI・奈良先端大、センサネットワーク運用管理に必要な通信を従来比 50%省電力化する技術を開発”、JCN network (web ページ) http://www.japancorp.net/japan/Article.asp?Art_ID=58036&sec=53、2012年12月10日
- [5] “センサネットワーク運用管理に必要な通信を従来比 50%省電力化する技術を開発 [沖電気工業]”、Security Online News (web ページ) <http://ssanet.biz/archives/15456>、2012年12月10日
- [6] “奈良先端大・NEC・OKI が センサネットワーク運用管理に必要な通信の消費電力 50%削減する技術を開発”、産学事情(web ページ) <http://sangaku-news.info/6.html>、2012年12月11日

研究開発による成果数

\	平成 23 年度	平成 24 年度	合計	(参考) 提案時目標数
査読付き誌上発表数	0 件 (0 件)	2 件 (1 件)	2 件 (1 件)	2 件 (0 件)
その他の誌上発表数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
口 頭 発 表 数	3 件 (0 件)	10 件 (0 件)	13 件 (0 件)	4 件 (0 件)
特 許 出 願 数	6 件 (0 件)	8 件 (3 件)	14 件 (3 件)	8 件 (0 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 提 案 数	0 件 (0 件)	1 件 (1 件)	1 件 (1 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
受 賞 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
報 道 発 表 数	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)	1 件 (0 件)	2 件 (0 件)
報 道 掲 載 数	0 件 (0 件)	6 件 (0 件)	6 件 (0 件)	—

注 1 : 各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表数」には、論文誌や学会誌等、査読のある出版物に掲載された論文等を計上する。学会の大会や研究会、国際会議等の講演資料集、アブストラクト集、ダイジェスト集等、口頭発表のための資料集に掲載された論文等は、下記「口頭発表数」に分類する。

注 3 : 「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等を計上する。

注 4 : PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分 1 件として記入。(何カ国への出願でも 1 件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。