

利活用事例紹介：

920MHz帯無線マルチホップネットワークの フィールド評価

2021年3月8日

沖電気工業株式会社

イノベーション推進センター ネットワーク技術研究開発部

八百 健嗣

本日の内容

- 利用したテストベッドの説明 ～固定型無線環境センサーNW～
- テストベッドを用いた方式開発
- まとめ、思い出、感想、等

利用したテストベッド ～固定型無線環境センサーNW～

- 920MHz帯無線装置 50台により形成されるマルチホップネットワークの実証フィールド
- 各装置はNICT小金井本部敷地内(約800m×300m)の照明ポール、屋上等に固定設置

■ 固定型無線環境センサNW(NICT小金井本部)

2013年度に、ワイヤレスセンサー、ネットワーク、データセンター、ストレージ等を包含する「モバイル・ワイヤレステストベッド」が整備された。固定型無線環境センサは本テストベッドにおけるセンサー観測・データ収集部の1設備として位置づけられている。



固定型無線環境センサ (筐体)



【参考】ネットワークポロジ

- GW(基地局)を中心として、平常時では**最大で5ホップ**のマルチホップネットワークを形成

管理ツール - [経路表示(127.0.0.1:9998,250)]

設定 整列 ウィンドウ ヘルプ

撮影方向 ↓

東側の見通しが良い通路
を通して末端まで到達

北側は木が
多いエリアを
迂回

末端に
なりやすい

屋上設置の装置が基点

末端になりやすい

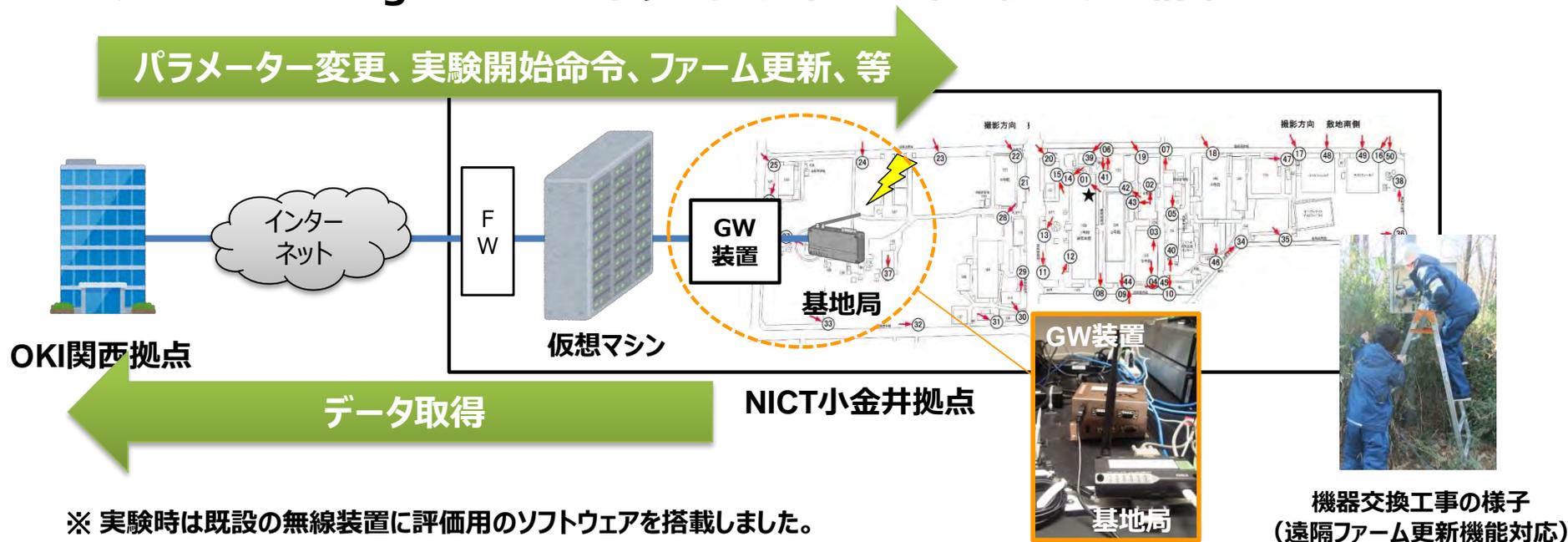
GW

5678.fa25 5678.fa24 5678.fa23 5678.fa22 5678.fa21 5678.fa20 5678.fa19 5678.fa18 5678.fa17 5678.fa16 5678.fa15 5678.fa14 5678.fa13 5678.fa12 5678.fa11 5678.fa10 5678.fa09 5678.fa08 5678.fa07 5678.fa06 5678.fa05 5678.fa04 5678.fa03 5678.fa02 5678.fa01 5678.fa00 5678.fa46 5678.fa45 5678.fa44 5678.fa43 5678.fa42 5678.fa41 5678.fa40 5678.fa39 5678.fa38 5678.fa37 5678.fa36 5678.fa35 5678.fa34 5678.fa33 5678.fa32 5678.fa31 5678.fa30 5678.fa29 5678.fa28 5678.fa27 5678.fa26 5678.fa25

リモートアクセスの活用

- テストベッドには、NICT小金井拠点内の仮想マシン経由でアクセス
- 各無線装置には、**リモート制御機能**および**ファーム更新機能**を準備し、パラメータ評価等の現地にいかなくても実施できる評価は**基本リモートで実施**(※)

■ FWやJOSE managerの設定によりセキュアなリモート接続環境を構築



テストベッドを用いた方式開発

- 無線マルチホップ通信の課題となっていた「輻輳抑制」や「セキュリティ確保」に対して方式開発し、その実証の場としてテストベッドを利用

■ リンクバイリンク再送方式(2015年度)

- 方式適用によるデータ収集率改善効果を評価

■ ネットワークアクセス認証方式(2015年度)

- 多数の装置が一斉に起動するときのネットワーク確立時間を評価

■ 時刻同期を前提とした通信フレーム保護方式(2016年度)

- 通信データ暗号化・認証モードで受信エラーが発生しないかを評価

■ 親決め高速化方式(2017年度)

- ネットワーク参加高速化の効果を評価

■ 攻撃評価(2018年度)

- NWに対する妨害攻撃が通信にどれくらいの影響度を与えるかを評価

■ モバイル対応評価(2018年度)

- 移動装置からのデータ収集率を評価

方式開発事例 1 : リンクバイリンク再送方式 ～課題と対策～

- マルチホップNWでは基地局付近で輻輳が発生しやすく、**エンド・エンドでの再送制御**は狭帯域NWでは**非効率**
- 輻輳時に**各装置でデータを保持し再送**する“リンクバイリンク再送方式”でデータ収集率の改善を期待

■ 課題 : 輻輳発生時のデータ収集率向上

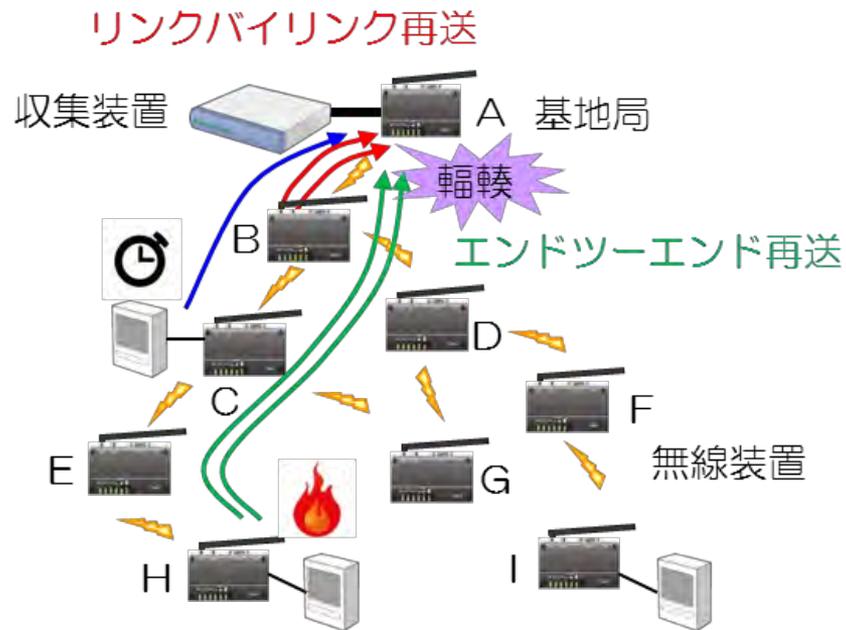
【例】H→Aへの通信がB→Aで輻輳の場合

● 従来の概念 : エンド・エンドでの再送

- ▶ リンク層(B→A)で既定回数の再送に失敗した場合に、エンド・エンドでの送信(H→A)をやりなおす

● 対策 : リンクバイリンク再送

- ▶ リンク層(B→A)で既定回数の再送に失敗した場合に、ネットワーク層からリンク層(B→A)に対して再度送信を要求する



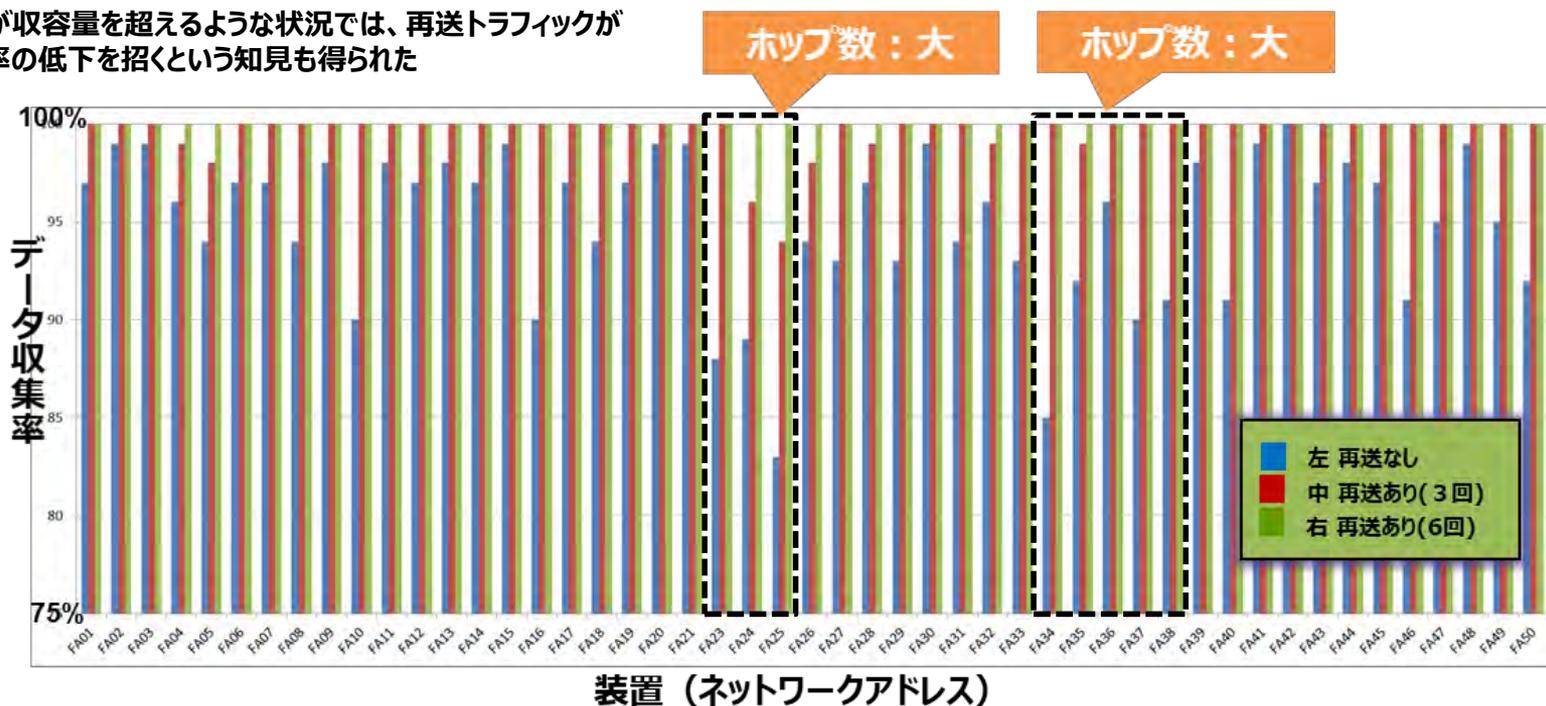
方式開発事例 1 : リンクバイリンク再送方式 ~実験結果~

- 機能のあり/なしで、フィールド上の実機49台からのパケット収集率を評価
- 方式適用により**收容可能データ量が改善することを確認**(收容可能データ量は約10kbps(2.5秒に1回))

特に基地局から離れた装置のデータ収集率が改善

※データ収集頻度：3秒毎に1回（収集データ量：8.4 kbps相当）

一方で、発生データ量が収容量を超えるような状況では、再送トラフィックが原因となるデータ収集率の低下を招くという知見も得られた



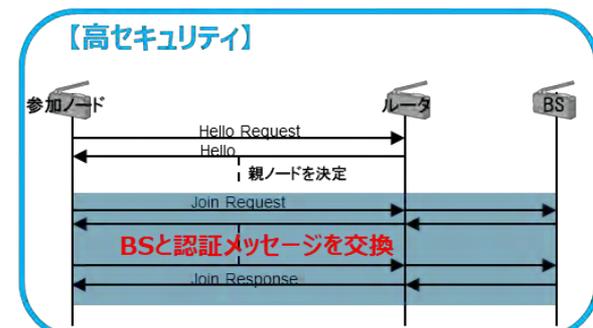
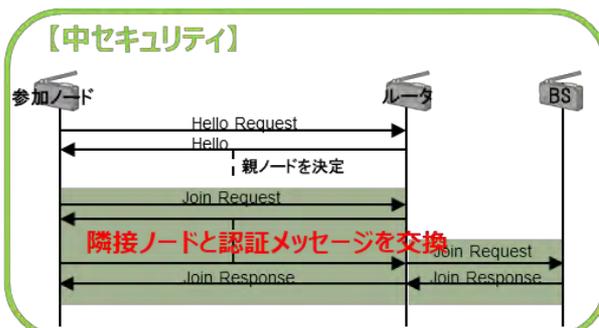
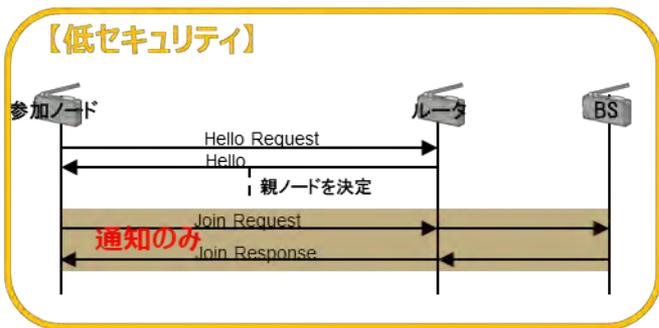
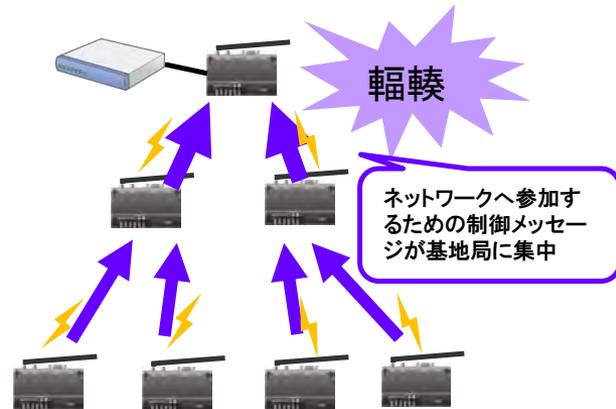
方式開発事例 2 : ネットワークアクセス認証方式 ～課題と対策～

- 多数の装置の一斉起動時は、**認証トラフィックが基地局に集中**し、ネットワーク確立に時間がかかる
- セキュリティレベルが異なる**複数の認証方式を開発**し、各方式の**ネットワーク確立時間を比較・評価**

- 課題 : 認証トラフィック抑制によるネットワーク確立時間の短縮
 - ただし、通信コストと安全性との間には**トレードオフ**の関係がある。



- セキュリティレベルが異なる**複数の認証方式を開発**し、各々のネットワーク確立時間を評価



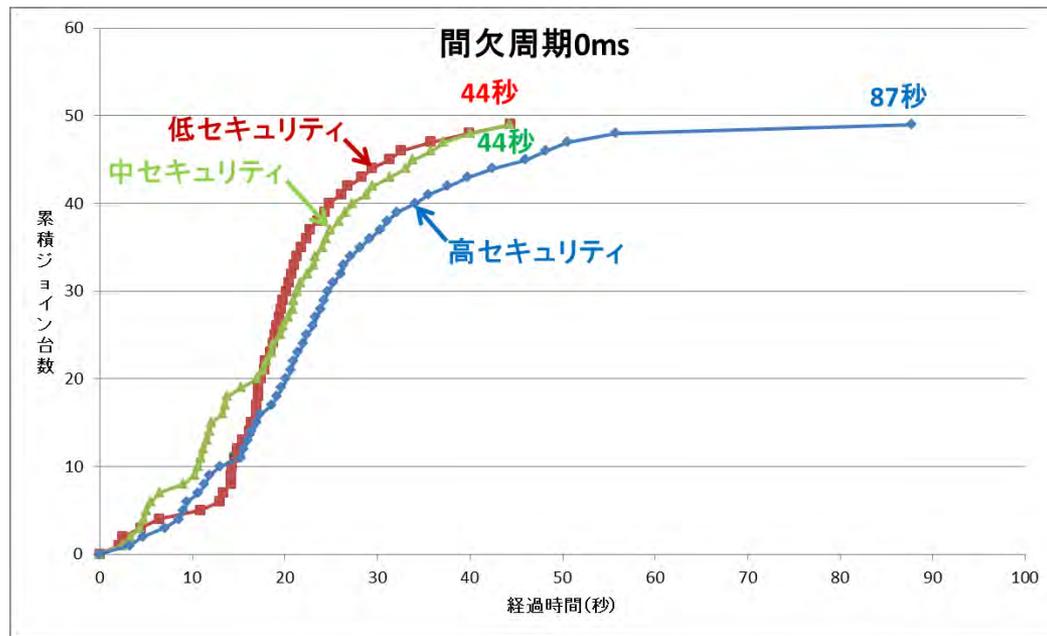
方式開発事例 2 : ネットワークアクセス認証方式 ～実験結果～

- 基地局を含むフィールド上の**実機50台を一齐起動**した時のネットワーク確立時間を評価
- ネットワーク確立時間が増加する要因を検証し、**各方式の処理性能を把握**

- 間欠周期（スリープ）なしでは低セキュリティと中セキュリティのネットワーク確立時間に大差がない

- 中セキュリティでは隣接ノードと認証するため、一齐起動時でも認証メッセージが局所的に送受信され、輻輳が発生しにくい。

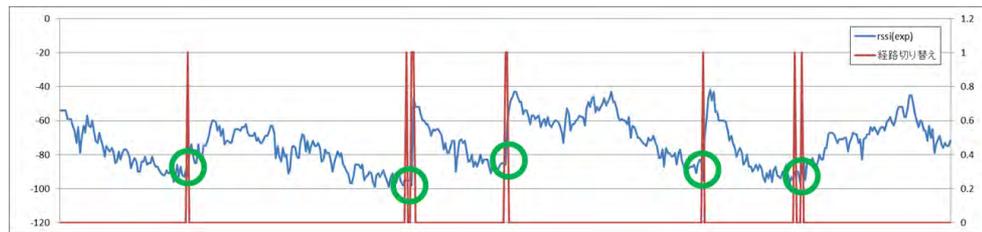
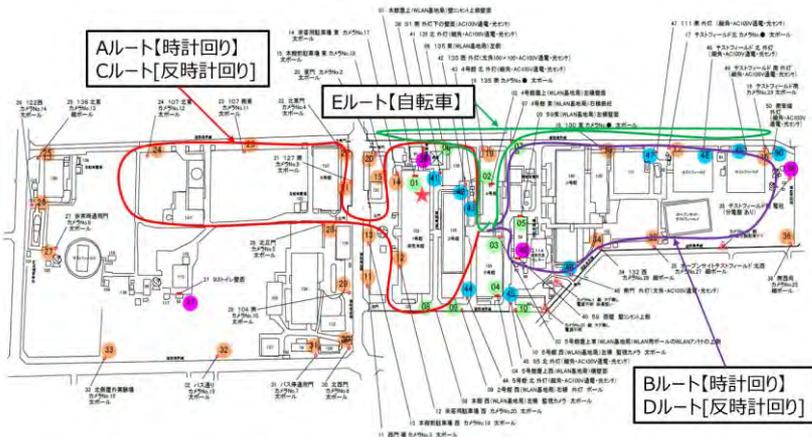
- 高セキュリティでは基地局周辺のトラフィック輻輳による再試行の影響でネットワーク確立に時間がかかる



方式開発事例 3 : モバイル対応評価 ~実験結果~

- 固定型無線環境センサーNWを經由した**移動装置からのデータ収集率**を評価
- 受信強度の低下により**接続先を変更する方式**を検証し、**ロスなしでデータ収集**できることを確認

- トポロジ (従来は固定設置6台が上限)
 - 固定設置49台、モバイル18台
- 移動速度 (従来は5km/hまで)
 - 自転車(平均時速 12-19km)
- スリープ機能あり (従来スリープなし)



受信強度(青線)が低くなったタイミングで経路が変更され(赤線)ロスが起こらない経路が自律的に選択されている

製品化実績

- 実フィールド評価により有効性を確認できた方式は、920MHz帯マルチホップ無線「SmartHop SR無線モジュール」の強化機能として搭載

■ 920MHz帯マルチホップ無線「SmartHop®」の省電力機能を強化(2017年9月7日 プレスリリース)

920MHz帯マルチホップ無線「SmartHop®」の省電力機能を強化

10年を超える電池駆動に対応し、電源の無い環境にも導入容易なIoTを実現



「SmartHop SR無線モジュール」

OKIは、このたび省電力性能に優れた無線ネットワーク機能を提供する920MHz帯マルチホップ無線「SmartHop® SR無線モジュール」において、通信の信頼性および省電力性能を従来よりもさらに向上した機能を追加し、本日より販売を開始します。拡大するIoT市場の機器ベンダー向けに2020年までに合計20万台の販売を目指します。

昨今、インフラ構築物の老朽化や異常気象などによる自然災害への対応に向け、IoT (Internet of Things) に対する期待が急速に高まっています。なかでも、社会インフラの健全度モニタリングや、雨量・風速、土砂災害、河川氾濫などの災害状況のモニタリングなど、外部電源が無く、配線工事が困難な場所へセンサーを設置し、管理する需要が急速に増加しています。この需要に対応するIoTサービスとしては、ワイヤレスでネットワーク

に接続し、電池やエネルギーハーベスティング技術(注1)による自立電源で動作させ、設置の容易性を確保することが求められます。

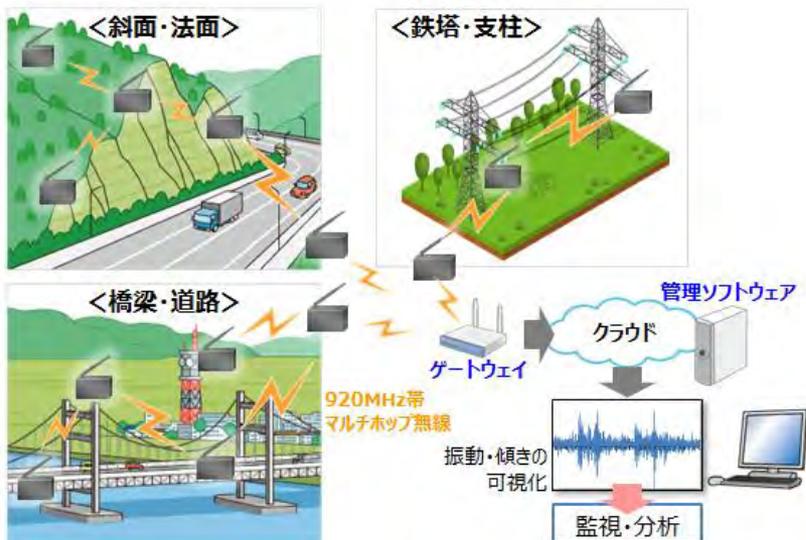
出典: <https://www.oki.com/jp/press/2017/09/z17028.html>

現在の実フィールド評価 ～920MHz帯マルチホップ無線の応用システム～

- テストベッド活用により強化した通信機能をベースとして、実際のセンサ(アプリケーション)と組み合わせた**実社会の課題を実際の現場で実証中**

インフラ構造物の健全度を遠隔監視する SmartHop®対応「無線加速度センサーシステム」

橋梁や支柱等のインフラ構造物の健全度を遠隔監視



出典: <https://www.oki.com/jp/press/2017/11/z17064.html>

ネットワーク型「ゼロエナジー超音波水位計」

配線条件を考慮することなく安価な工事費で河川や市街地の水位状況を常時計測



出典: <https://www.oki.com/jp/press/2017/10/z17038.html>

まとめ・思い出・感想 等

- OKIは920MHz帯無線マルチホップ向けの通信方式開発にNICT殿テストベッドを利活用
 - 920MHz帯無線は通信が飛ぶこともあり、数十台規模での実験フィールドを用意することは困難なため、とても有用であった。

■ 思い出・感想

- 機器設置・交換作業が印象深かった。
 - ▶ 実施時期が、たまたま猛暑期や厳冬期
 - ▶ 場所によっては激しい結露で、筐体を開けると水が水道のように…
- 実験時はソフトウェア更新等の遠隔制御機能が活躍だった。一方で、ソフトウェア更新のボタンを押すのに勇気がいった。
 - ▶ 手順のミスでノードがフリーズしてしまって、復旧のため現地にいったことも数回（よい経験?になった）

