

無線センサネットワークの建設分野への利用と課題

株式会社国土情報技術研究所 正会員 ○高田 知典，石間 計夫

1. はじめに

ユビキタスネットワーク社会の実現に向けて¹⁾省電力でしかも配線なしで多種のセンサデータを収集できる無線センサネットワークが，多方面で注目を集めてきている．無線センサネットワークは，様々なセンサで検知したデータを無線で送信することで，モニタリングや移動・誘導などの支援システム構築のためには欠かせぬ技術と言われている．建設分野においても，簡易なセンシング，ネットワークの実現は，施工・管理・保守業務の効率化に大いに寄与するものと期待される．無線センサネットワークの究極の形は「スマートダスト」(Autonomous sensing and communication in a cubic millimeter)と言われている．スマートダストの実現で，ネットワークが動きや光，熱，圧力を検知できるようになり，道路・河川・地山・構造物などに大量に散布することで，より広範囲でしかもピンポイントの情報を細かく得ることが可能となる．

2. 無線センサネットワーク

(1) アドホックネットワーク 無線センサネットワークは，通信機能を有する超小型センサ（ノード）を用いてネットワークを形成し，センサデータの収集を行うシステムである．無線センサネットワークは，「アドホックネットワーク」の一形態である．「アドホック」という語句は，「様々な形態を取り得る」ということを意味し，移動が可能で，スタンドアロンになったりネットワークを形成したりする(図1)．ノードは，他のノードを検出して通信に必要なハンドシェイクを行い，情報やサービスを共有する．センサは音，加速度，磁気，光や温度などIC化されたセンサを搭載できる．アドホックネットワークの機能として，ノードがデータ収集の初期点，中継点，拡大点となるマルチホップ機能，ノードが直接通信しネットワークを自発形成する機能，ノードの追加・削除の際の自動修復・リセット機能，ネットワーク構築のための最適な配置を決定するルーティング機能，があげられる．

(2) 通信・無線技術 無線センサネットワークで

利用が想定できる低消費電力 WPAN(Wireless Personal Area Network) として，微弱無線，特定小電力無線，Zigbee, Bluetooth, UWB (Ultra Wide Band) があげられる．表1に各低消費電力 WPAN を示す．

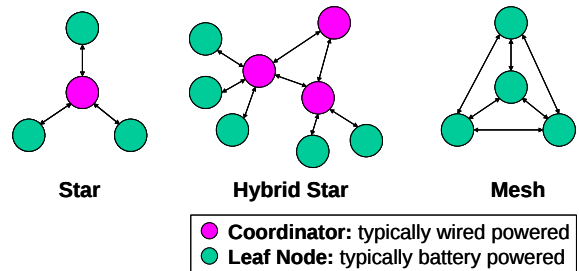


図1 センサネットワークの配置

(3) 無線センサネットワークの構成

主にセンサノード（無線基盤とセンサを搭載したセンサ基盤と電池を搭載する電源ユニットで構成）と各ノードの制御，データの取り込みを行うゲートウェイボードおよび，センシングした情報をネットワーク経由で他の場所に伝えるためのデバイスに分類されている．



写真1 MOTE (Crossbow)

代表的なもの

として，米カリフォルニア大学バークレー校の研究プロジェクトにより開発された MOTE(写真1)³⁾がある．また，新しい標準インタフェース「IEEE802.15.4」に対応した ZigBee 仕様（通信速度 MAX250kb/s，周波数帯域 2.4GHz，868MHz，915MHz，通信距離 10-75m）のセンサノードも開発されている．

3. 建設分野における利用場面と課題

(1) 利用場面 無線センサネットワークの特徴である多重センシングと自律分散型のネットワークを活かした建設分野での利用場面として，施工・施工支援，調査・環境モニタ，維持補修・安全，防災・減災・復旧支援など種々の業務での利用が考えられる(表2)．

キーワード センサネットワーク，無線，ユビキタス，情報化施工，防災

連絡先 〒150-0002 東京都渋谷区渋谷 1 丁目 16-14 渋谷地下鉄ビル (株)国土情報技術研究所 TEL 03-3409-8174

表 1 低消費電力 P A N の特性

方式名称	微弱無線	特定小電力無線	ZigBee	Bluetooth
規格	独自	独自	IEEE802.15.4	IEEE802.15.1
伝送速度 (bps)	2K	2.4K	250K	1M
利用周波数帯域	307.74MHz／316.74MHz	429MHz	2.4GHz／868MHz／915MHz	2.4GHz
伝送距離	30m	30m～300m	10m～75m	10m～100m
消費電力 (通信/待機)	66mW/3.3mW	50mW/0.3mW	<60mW (通信)	120mW/4.2mW
製品化	済	済	一部製品化	済
特 徴	微弱無線とは電波法の規定内であれば、制限のない無線。国内で使用できる微弱無線は322MHzを境に厳しく制限されているため、市販されている微弱無線は300MHz付近に集中している。	チャンネルの選択が20チャンネル、細かくグループ分けができる。同時通話タイプ、トランシーバータイプ、中継機兼用型など用途はさまざま。免許・資格は不要。	データ転送速度は最高250kbpsで、最大伝送距離は30m、最大で255台の機器を接続できる。アルカリ単3乾電池2本で約2年駆動するという低消費電力が特徴で、転送速度が遅くてもかまわない家電等の遠隔制御などに応用の見通し。	携帯情報機器向けの無線通信技術である。ノートパソコンやPDA、携帯電話などをケーブルを使わずに接続し、音声やデータをやりとりすることができる。免許なしで自由に使うことのできる2.45GHz帯の電波を利用、1Mbpsの速度で通信が可能。

利用場面の一例として、図2に災害地域での被災箇所の生存者確認や2次被害の発生予測、ガス漏れ検知、構造物の危険度把握、環境モニタリングを目的とした「無人ヘリによる災害時早期モニタリングシステム」のイメージを示す。

(2) 技術的課題 無線センサネットワークの技術的課題として、以下があげられる。

センサ観測技術：データ分解能やサンプリング周波数の向上，安定電源の確保． 無線通信技術課題：最適な周波数帯の選定，移動体通信などに対応可能な通信速度の確保． センサ端末の位置測定技術． 最適配置決定技術：センサノードの配置により，データ欠損率や消費電力，ネットワークの混雑度に影響する．

時間同期技術：広範囲にわたるセンサの同時計測技術． 電源技術：電源は，センサの計測精度や通信距離，データ欠損率などに影響する．センサ端末の電源は，電力残量のモニタリング，電圧の安定を図る必要がある． セキュリティ技術：データ保護，プログラム改ざん防止など安全性，セキュリティの確保．

表 2 建設分野における利用場面

対象分類	対象作業	センサネットワークの主な要求機能							実現可能性
		リアルタイム計測	長距離無線通信	アドホックネットワーク	計測同期	自立型電源	光ファイバ接続	多センサノード	
道路	道路冠水の検知			○				○	○
	走行車両・駐車車両検知	○		○	○	○		○	◎
	照明灯の維持管理		○	○				○	◎
	路床陥没等路面下の状態検知		○			○	○	○	△
	路面状況(凍結・落葉等)の検知	○		○		○	○	○	△
河川	道路(舗装・歩道)温度の把握		○	○		○	○		◎
	護岸の変状把握		○	○		○	○	○	○
	洪水時の高水敷の侵食検知		○	○		○			○
	土石流の発生検知	○	○	○	○	○			○
	護岸擁壁の裏込め土砂流出検知		○			○		○	△
トンネル	坑内作業環境(COなど)の検知		○	○		○		○	○
ダム	ダム堤体の変位検知	○	○	○	○	○			△
橋梁	主桁の挙動検知	○	○	○	○	○			○
	橋脚・支承の変状検知		○			○		○	○
斜面	落石検知・斜面崩壊の予知	○	○	○		○	○	○	◎
その他	災害時早期モニタリング	○	○	○		○		○	○
	舗装材料の温度管理	○	○	○					△



図 2 無人ヘリ災害時早期モニタリングシステム

4. おわりに

無線センサネットワークの普及のためには，センサの高機能化，通信距離の拡大，位置測定機能²⁾，アドホック機能，軽量で高効率・無公害な小型蓄電装置の開発などが欠かせない．電源や通信線の確保が難しい建設現場では，無線センサネットワークの利用可能性は高く，ノードの低価格化や通信規制の緩和により，導入が促進され市場規模が拡大することが望まれる．今後，建設分野での利用のための無線センサネットワークの標準化や適用指針の検討，建設環境でのインフラ基盤の整備，MEMSを始めとするマイクロマイニング技術の高度化によるユビキタス技術の普及が，建設分野での事業の効率化・安全性向上や情報の共有・交換にも寄与するものと期待される．

参考文献

1)平成 16 年 12 月，総務省，「ユビキタスネット社会の実現に向けた政策懇談会」最終報告書
2)平成 17 年 2 月 17 日，特別研究報告，「センサネットワークにおける受信信号強度を用いた位置測定システムの構築」，大阪大学基礎工学部情報科学科
3)クロスボー(株)ホームページ：
<http://www.spp.co.jp/xbow/motemica.html>