ユビキタスセンサーネットワークシステム

冨岡 克己・近藤 憲二

要　旨

ユビキタスセンサーネットワークはいつでも・どこでも・リアルタイムな情報の収集および活用が可能な実現手段であり、導入、保守が容易で柔軟性に富むという特長を有しています。
本稿ではセンサーネットワークシステムの要素技術および「設備の状態監視システム」や「製造、検査工程における品質管理・計測システム」、「倉庫などの温湿度監視システム」、「ビル管理システム」のソリューション事例を紹介します。

キーワード

●ユビキタス　●センサーネットワーク　●ルーティング　●IEEE802.15.4　●マルチホップ

1. はじめに

ユビキタスセンサーネットワーク(以下、センサーネットワーク)は、いつでも・どこでも・リアルタイムに情報の収集および活用を実現する手段として注目されており、実用化に向けて活発に研究が行われています。NECにおいてもセンサーネットワークのビジネス性に注目し、これを活用したソリューション開発を進めています。本稿ではセンサーネットワークシステムの要素技術およびソリューション事例を紹介します。

2. センサーネットワークシステムの特徴および要素技術

センサーネットワークは、センサー、無線部および電源を1つのパッケージにした複数の無線センサー端末とセンサー信号を収集するサーバで構成されます。各無線センサー端末はネットワークのノードの役割を果たしており、ルーティング機能やデータを中継するマルチホップ機能を有しています。また、構成可能なネットワークトポロジーには、スター型およびクラスタツリー型をはじめ、**図1**に示すようなメッシュ型があります。センサーネットワークの扱うセンサーデータは頻繁に更新する必要がないため、低速通信で十分です。また、測定点を高密度に配置するため、各々の端末間の通信は短距離で十分です。センサーネットワークは、これらの条件を満たすWPAN(Wireless Personal Area Networks)向け近距離無線通信規格の1つであるIEEE802.15.4を採用しています。本規格の

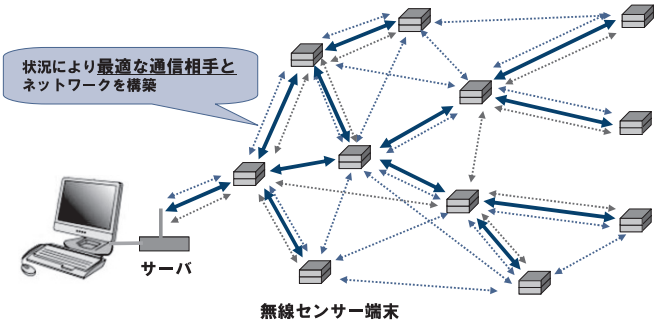

図 1　センサーネットワーク構成例

通信レートは数10k～数100kbpsであり、通信距離は数10m～数100mになります。

センサーネットワークは複数の無線センサー端末を扱うためにネットワークの構成が複雑になり、無線センサー端末のルート設定が煩わしくなります。このルート設定を簡便に行うために、無線センサー端末のルーティング機能が重要になります。また、工場やオフィスなどは既設で無線LANやBluetooth™など無線ネットワークが設置されており、センサーネットワークを設置する際は電波干渉の影響を考慮する必要があります。この電波干渉を防ぐために、無線センサー端末の干渉回避機能が重要になります。また、長期間にわたってデータを収集するために、無線センサー端末の消費電力を下げる必要があります。このため、無線センサー端末の低消費電力技術が重要になります。さらに無線で情報を送信するた

め、漏洩や改ざんなどの危険性があります。このため、無線センサー端末のセキュリティ機能が重要になります。各機能を実現するための技術について以下に記載します。

ルーティングのプロトコルには、リアクティブ型とプロアクティブ型があります。リアクティブ型では、無線センサー端末の通信要求発生時に、自動でネットワーク内において経路検索プロセスが起動されて経路が確立されます。一旦経路が確立されると、送信先へのアクセスが不要になるまで経路が維持されます。プロアクティブ型では、あらかじめ自動で経路を作成しておくことにより、通信要求発生時に即通信が開始できます。本機能により無線センサー端末の追加や削除、故障、ネットワーク障害発生時の自動設定が可能になり、各事象発生時に自動で状態を認識してネットワークを再構築します。

干渉回避機能は、チャネルの使用状況を調べて空いているチャネルを選択することにより、他の無線ネットワークとの電波干渉を防ぎます。IEEE802.15.4では、受信電力測定およびリンク品質通知、チャネルの使用状況を確認するCSMA-CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)などの機能を有しています。本機能によりネットワーク構築時に各チャネルの受信電力を測定して他システムからの干渉電力が少ないチャネルを選択することができます。さらに使用しているチャネルの通信品質が劣化した場合に、チャネルを変更する機能も有しています。

低消費電力技術は、無線部の間欠動作により無線センサー端末の消費電力を抑えます。IEEE802.15.4では、PAN(Personal Area Network)コーディネータと呼ばれるネットワーク管理を行う無線センサー端末がビーコン信号を定期的に送信します。PANコーディネータ以外の無線センサー端末は、ビーコン信号に同期して起動停止を繰り返して間欠動作を行うことにより、消費電力を抑えることが可能です。

セキュリティ機能は、IEEE802.15.4では暗号化、メッセージ認証などの機能をサポートしており、AES(Advanced Encryption Standard)ブロック暗号アルゴリズムを使用しています。メッセージ認証は、「メッセージ認証子」を付与して改ざんを防ぐ技術であり、0、32、64、128ビットのサイズから選択することができます。認証子のサイズを大きくするほど、改ざんに対する堅牢性は高くなります。

3. ソリューション事例の紹介

次にセンサーネットワークを活用した工場における製造ラインの状態監視や製品の品質保証および倉庫保管物の品質、ビル内の空調制御や管理向けのソリューションを紹介します。

3.1 設備の状態監視システム

工場の製造ラインでは、状態を常時モニタして生産設備の故障を未然に防いでいます(**図2**)。たとえば台車の異常振動や産業用ロボットの可動部分の過熱状態を常時モニタして、部品交換や注油などを行うことによって実現しています。台車は移動し、産業用ロボットは可動部分を有するため、後付けでは配線が困難でした。

このような場合に無線センサー端末を監視したい部位に取り付ければ、台車や産業用ロボットの動きを妨げることなく、リアルタイムに振動や温度データを収集することが可能です。なお、工場内に無線システムを導入する際には、産業機械からのスパークやノイズの影響を事前に評価する必要があり、NECでは工場内の環境で無線センサー端末の動作を確認済みです。

また、製造ラインの隅々まで監視を近距離無線通信で行う場合は、通信距離が短くライン全体のリアルタイム監視が困難です。このような場合、ルーティング機能とマルチホップ機能を使うことによりネットワークを再構築しながらリアルタイム監視が可能になります。

3.2 製造/検査工程における品質管理・計測システム

大型船舶用エンジンやガスコージェネレーションなど大型製品の製造や検査工程においては、多くの部位での温度、湿度、圧力、振動などを測定して品質を保証しています(**図3**)。本データ収集のために現状は製品に各種センサーを貼付して有線でデータを収集しており、製造中および検査の前後でセ

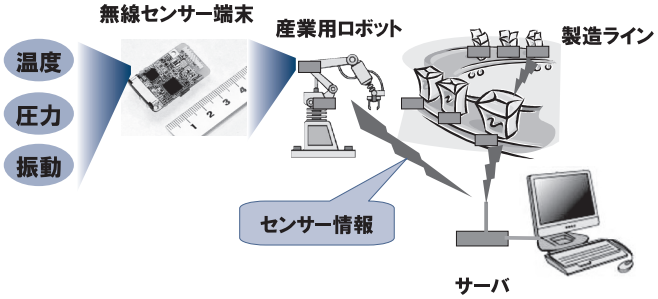

図 2　設備の状態監視システム

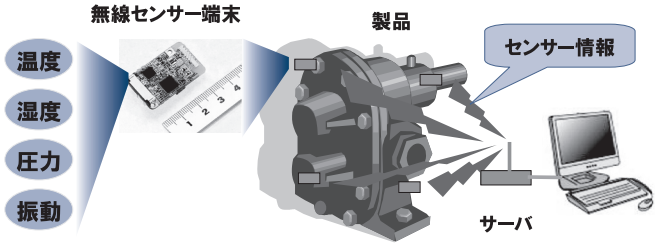

図 3　製造 / 検査工程における品質管理・計測システム

ンサーの取付けおよび取外しの作業が発生しています。また、配線が長いため、ケーブルロスによりセンサーのチューニングが必要になります。さらには作業中に断線した場合には、再配線を行う必要があります。

このような場合に無線センサー端末を使用して計測システムを構築すれば、配線がないため断線の心配もなく取付けおよび取外し作業の工数削減を図れます。また、無線センサー端末にセンサーが搭載されているため、配線長を考慮したセンサーのチューニングが不要になります。ある工場における導入効果の試算では、有線センサー使用時に1週間程度かかっていた取付け作業が、無線センサー端末時には約1日に削減でき、お客様にとって工数削減効果が非常に高い結果を得ることができました。

3.3 倉庫などの温湿度監視システム

食品や薬品などを保管している倉庫では、倉庫内のあらゆる場所で温湿度が所定の範囲内に入っているかを検査員による温湿度計の目視または自動で測定しています。検査員が目視測定している倉庫に有線で温湿度を自動確認するシステムを導入する場合、電源や通信線設置の工事が発生します。また、測定点が固定となり、倉庫内保管物の入れ替えやレイアウト変更による測定点の変更に対応できません。

そこで無線センサー端末を利用すれば、測定点に無線センサー端末を置くだけでシステム構築が可能となります。また、倉庫内保管物の入れ替えやレイアウト変更に伴う、測定点変更にも柔軟に対応可能です(図4)。

NECは、2005年4月に約1ヵ月間、上記と同様なシステムを某穀物保管倉庫に導入して実証実験を実施しました。本実験では、低温倉庫における通信と電池の安定性の確認を行いました。電波は直進性が強いため、倉庫内の保管物や棚などの障害物の影響がないよう無線センサー端末の通信経路を確保する点に留意してシステムを構築しました。

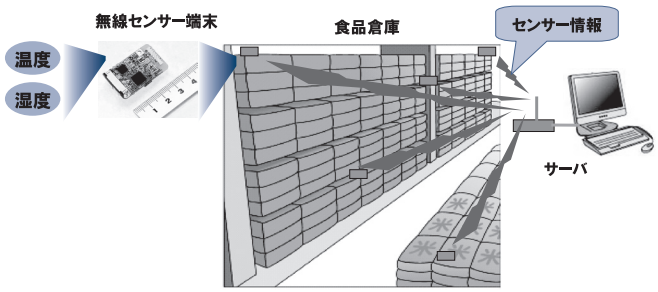

図 4　倉庫などの温湿度監視システム

3.4 ビル管理システム

ビルや工場では、温湿度や電力量センサーなどの情報を収集して、内部の空調制御や管理を行っています。オフィスや工場などでは、空調用の温湿度センサーは壁や天井など人のいる場所から離れた場所に設置されていて、センサー付近と人付近の温度は異なっている場合があり、「空調制御が強いまたは弱い」といった不満の原因になっています。

そこでセンサーネットワークを利用すれば、温度センサーを事務所の机上や人に付けるなど、人の側で温度を監視して空調を制御することが可能となります(図5)。

本システムの発展として、歪や振動センサーを組み合わせたビルのヘルスモニタリングや、人感や電力量センサーなどと組み合わせたビルの省エネ管理システムなどがあります。ビルのヘルスモニタリングは、ビルの柱や壁などに歪や振動センサーを設置してビルの状態を管理します。たとえば、歪や振

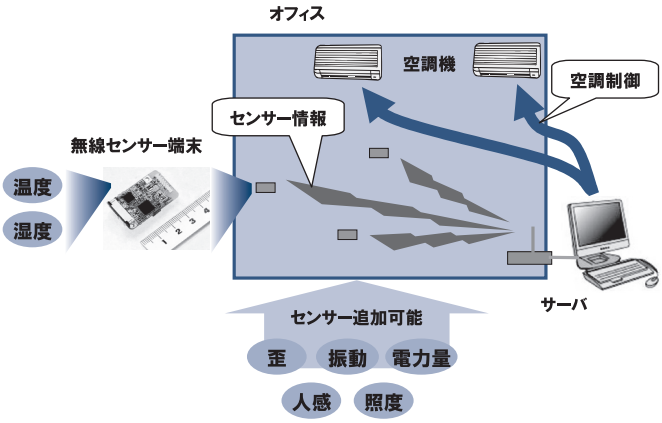

図 5　ビル管理システム

動センサーにより地震や強風時における建物の揺れや歪を計測して建物の応答性および地震後の健全性が確認できます。

ビルの省エネ管理システムは、人感や電力量センサーを設置して各種制御や管理を行います。たとえば、人感センサーにより人がいないエリアの照明を暗くして、空調を弱めることが可能になります。また、電力量センサーをフロア内にきめ細かに配置して電力の使用状態を管理して省エネ指導に活用するといった使い方があります。

4. おわりに
ーNECが注力するソリューション領域ー

NECでは、ビジネス分野におけるニーズを満たすため、以下のソリューション(**図6**)に注力しています。

- 施設・設備モニタリングを行う設備の状態監視ソリューション
- 製造時に計測を行い製造プロセスのモニタリングおよび品質管理を行う、品質管理・計測ソリューション
- 食品や薬品倉庫における保管条件を監視する倉庫などの温湿度監視ソリューション
- きめ細かな温湿度管理が可能で、センサーの追加/削除が容易なビル管理ソリューション
- 車両、建設資材などの位置管理・資産管理のための位置管理ソリューション
- 災害時の状況把握、避難経路の確保などを行うための防災ソリューションや家庭および各種施設の防犯やテロ対策のための防犯ソリューション
- 食品、精密機器などの輸送時の温度、湿度、振動等の状態モニタを行う物流ソリューション

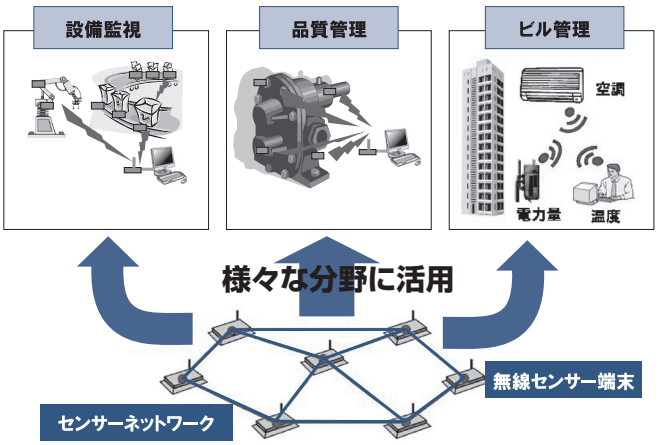

図6　センサーネットワークソリューション展開

また、NECではセンサーネットワークに関する要素技術のほか、センサーネットワークと画像処理の連携など関連技術の研究開発に注力し、保有する技術アセットを活用することで、その利活用に関してホームオートメーションや高齢者の遠隔健康モニタ、農作物育成環境最適化、施設制御などの多彩なソリューションメニューを検討しており、センサーネットワークビジネスの拡大を図っています。

*BluetoothワードマークとロゴはBluetooth SIG. Inc.の所有であり、NECはライセンスに基づきこのマークを使用しています。

執筆者プロフィール

冨岡 克己
市場開発推進本部
主任

近藤 憲二
市場開発推進本部
マネージャー