

第4章 ユビキタスセンサーネットワークの要素技術

ユビキタスセンサーネットワークに活用される技術には大きく分けて3つある。

一つ目は外界認知に用いるセンサー自体の技術、二つ目は情報を運ぶ為のセンサー同士やセンサーと既存のネットワークを結ぶ新しいネットワークの技術、三つ目は得られた情報を活用する為の、データの整理やアプリケーションなど上位のシステム。

これらの技術のうちユビキタスセンサーネットワークを実現するには特に、小型化、アドホック無線技術、省電力、センシングデータ処理、システムの開発・保守などについては技術レベルの向上が必要。

ユビキタスセンサーネットワークの要素技術

1. センサーノード

センサー技術

- 多様な使用目的に対応する為高感度化、認識率向上。自己メンテナンス技術。

電源

- 電源の効率化、省消費電力化。

無線技術

- センサー同士の無線方式の確立。相互干渉、無駄な電力使用の防止。

2. ネットワーク

センサーノード制御

- センサーノード位置検出。センサー同期。最適ノード配置。大規模ノード管理。

ネットワーク制御

- 無線制御。アドホックマルチホップ技術。

3. センサーアプリケーション高度化

ミドルウェア

- センシングデータ処理。データ保管・マイニング。セキュリティ。

システム運用

- ノード管理。遠隔保守運用。

アプリケーション開発

- アプリケーションの開発環境・ツール。アプリケーション同士の連携。

第4章 ユビキタスセンサーネットワークの要素技術

4-1 センサーノード

ユビキタスセンサーネットワークにおいては多数のセンサーが多目的に使われる。そのため新しい種類のセンサーの開発が求められる。また、センサー個々のメンテナンスに労力を裂いてはならず、メンテナンスの負担を軽減する技術が必要となる。また、どこにも置けるようにするため小型化や省電力化が必要となる。

4-1-1 センシング技術

ユビキタスセンサーネットワークにおいては各々のセンサーが多目的に使用されるため多種の成分をセンシング出来るよう高度化や高精度化が求められる。このため、センサーネットワークに適したセンサーが求められ、NOx 濃度などの計測精度向上やテラヘルツ波の実用化など新しい種類の計測用センサーの開発や、人などを認識する認識用センサーの認識率向上が必要となると同時に、計測用センサーと認識用センサーのデータを融合して使用することが必要となる。また、野外だけでなく地球観測で極地に置かれるなど、特異な場所に設置されることも考慮し、耐環境性が求められる。さらに、ユビキタス環境においてはセンサーが多数存在するため、メンテナンスフリーでセンサーが長持ちするように、計測値のずれを自動で補正するキャリブレーション技術や省電力化が必要となる。

また、場所を選ばず多数のセンサーを置くために小型化、相互干渉の防止、センサー同士の連携などが求められる。

大分類	中分類	現状(2004年)の技術レベル	2007年		2010年	
			本格検討	実用化・普及	2007年の技術レベル(予測)	2010年の技術レベル(予測)
センサーノード	センサー技術	・テラヘルツ波センサ、高感度NO2センサ、悪臭センサなど新しい計測方式の研究が進められている。 ・省電力化、高感度化の研究 ・センサーノード ：ラップトップサイズ	<計測センサ> 高感度化、高精度化、耐環境性、小型化、省電力化 (MEMS, センサアレイ)		・テラヘルツ派センサ、高感度NO2センサ、悪臭センサの実現 ・MEMS・センサアレイにより集積化・省電力化 ・センサーノード ：腕時計サイズ	・ほとんどすべての環境ガスに対し高感度センサが実現 ・花粉や生物兵器を検出するバイオセンサの実現 ・センサーノード ：コインサイズ
		・文字認識、バイオメトリクスなどの個別技術が実用化初期段階 ・“ひと”の存在を正確に検出	<認識型センサー> センサーネット上で高度な処理を連携		・画像中の監視対象に対し、自動で追従 ・“ひと”等監視対象を複数のセンサで順に引継ぎ、連続監視可能とした上で意図を推測。	・1ms程度のノード間無線同期 ・センサアレイの集積度増加と複数アレイの視野分担によりパターン認識の高精度化の実現。
		各センサーがデータを個別に処理	計測センサーや認識センサーの同時活用		同種のノード間でデータを交換	異種のノード間でデータをリアルタイムに融合
	・手でキャリブレーション ・ハードウェアの段階で作りこまれた誤差をソフトウェアで補正する研究。	大量にセンサを張り巡らすためのキャリブレーション・ティーチング技術		10~100ノード間で ・キャリブレーションデータ、ティーチング画像の交換 ・交換フォーマット標準規格化が課題	異種の100~10000ノード間でメタ情報の交換による、キャリブレーション、ティーチングが実現。	
プロセッサ技術		プロセス:90nm CPU:500MH SRAM:2MB程度を、5x5mm程度のチップに集積。 消費電力:約100mW	小型、低電力化、電力制御(動的電源電圧/周波数制御)		プロセス:65nm 2004年比で 性能:1.5倍 SRAM:2倍 消費電力約1/5を5x5mm程度のチップに集積	プロセス:45nm 2004年比で 性能:2.0倍 SRAM:2倍 消費電力約1/10を3.5x3.5mm程度のチップに集積

4 - 1 - 2 プロセッサ技術

センサーそのものが小型化、省電力化を必要とするのと同様に、センサーに用いるプロセッサにも小型化、低電力化、電力制御の技術が必要となる。

4 - 1 - 3 電源

センサーを置くだけで使える用にするには電源を自前で持つセンサーが必要となる。その際には前項でも触れたようにメンテナンスの負担を軽減するため、電源の寿命が使用期間に耐えうるだけのものではなくてはならない。そのためには効率の良い二次電池や燃料電池、環境エネルギーの利用が必要となる。また外部よりワイヤレス供給にて電源を確保することも考えられる。

4 - 1 - 4 無線技術

設定不要としてセンサーを置くだけで使える用にするためには、個々のセンサーが無線により自動でネットワークを構築するのが必要がある。そのため、無線方式の高度化や電波相互干渉回避の技術が必要となる。また、電源を効率良く使うため、通信タイミングを制御するなどした低電力化も必要とされる。

大分類	中分類	現状(2004年)の技術レベル	2007年		2010年		
			2007年	2010年	2007年の技術レベル(予測)	2010年の技術レベル(予測)	
センシングノード	電源	ボタン電池の使用が主流。	二次電池	→	二次電池の活用が進む。	高性能向けには大容量電池が使用される。	
		燃料電池はPCへの適用が開発レベル。		燃料電池	→	小型化が進みPC等に普及。	小型化(1cm ²)が進みセンサネットにも適用
		環境エネルギーは太陽電池が実用レベル	環境エネルギー(太陽電池, 振動発電, 温度差発電)	→	太陽電池の変換効率が約20%。振動発電が実用レベル。	太陽, 振動, 電池のハイブリッド型が実用化。	
		RFIDが電波を使用	ワイヤレス給電	→	局所的に光、電波の給電が適用される。	局所的に光、電波の給電が適用される。	
	無線技術	特定小電力無線、微弱無線などもしくは、PHSやセルラー無線	無線方式の高速化 特定小電力、微弱無線 UWB、光無線 PHS、セルラー Zigbee 高速のセルラー技術	→	ZigbeeやUWBなどによる数百kbps以下の無線方式	UWBなどによる100Mbps級のセンサネットワーク無線技術、セルラー高速化	
		発信専用デバイスでの周期的なデータ送信による低電力化など簡単な技術	長時間動作のための低電力化 (送信電力制御、通信タイミング制御など)	→	電池により数年の動作を可能とする多様な無線低電力技術が、上記無線方式に関連して発達	ビット当たり電力は2004年比百万分の1以上の改善。低電力技術が、相互干渉回避技術などと一体となった無線技術へ発展。	
		キャリアセンスをベースにした簡単な干渉除去	日本発の新たな技術 発展の可能性 (標準化提案)	→	無線LANなどとの干渉や、センサネットワーク間の干渉をある程度緩和する多様な技術が登場	光無線などワイヤレス並みに干渉しない技術も登場	
			電波相互干渉回避技術 (変調方式、送信電力制御、通信タイミング制御、MAC方式、指向性アンテナ)	→			

4 - 2 ネットワーク

4 - 2 - 1 ノード制御

ユビキタスセンサーネットワークにおいてはセンサーを置くだけでセンシングが行えることが必要となる。そこでは、センサー自身が自分の置かれている位置を正確に検出することで、どこの環境情報を送っているかを明確にする必要がある。さらに、多数のセンサーを用いるため、それぞれのセンサーが位置情報を連携して活用したり、センサー同士の時間を同期させたりすることで、センサーの持つ情報精度を飛躍的に上げることが出来る。これらの実現とセンサーを無駄なく配置する最適ノード配置や多数のセンサーを識別し大規模に管理することでセンサーが置く場所を一つ一つ考える必要がなくなる。

4 - 2 - 2 ネットワーク

センサーノードの項でも述べた様に設定不要としてセンサーを置くだけで使えるようになるためには、個々のセンサーが無線により自動でネットワークを構築する必要がある。ただし、センサーを適当に置いた場合、全てのセンサーが基地局と無線で交信出来る距離にいるとは限らない、そこで、センサー同士が無線ネットワークを自動で構築しパケットレーのように次々と情報を隣へ伝えてゆくアドホックマルチホップルーティング技術が必要となる。

大分類	中分類	現状(2004年)の技術レベル	2007年		2010年	
			技術レベル(予測)	技術レベル(予測)	技術レベル(予測)	技術レベル(予測)
ネットワーク	ノード制御	精度半径10m程度。位置情報は管理センタから取得。	位置検出, 屋内高精度測位 位置情報連携	→	局所で位置検出。ノードから無線発信し、位置同定精度半径50cm程度。	精度半径数センチ。高速移動体に搭載、センサーノード同士の協調制御。
		計測データと取得時刻をセットで保存。状況の時間的変化を再現可能。	センサ同期化	→	ひとつのノード下の複数センサーのサンプリングタイミングのずれを40ms以内。	パートナーノードとの間で同期を確立し、連動動作遅延が10ms以内。
		IPアドレスによりセンサーノードを識別。管理ツールであらかじめ登録され管理される。	最適ノード配置	→	広域的にはGPSを利用、局所的には無線を利用し位置情報を取得。	動的なノード配置。車、ロボットなど移動体に搭載、相互に位置確認し、移動方向と速度を変化。
		階層のないセンサーネットワークの構成管理。対象ノードのIPアドレスを構成ファイルに予め登録。	大規模ノード管理	→	接続されるセンサーや機器の自動認識。ネットワーク管理機能の階層化。イベントを各層で処理。	センサーノードの追加・取外しに自動的に対応。手動的な構成管理が不要。
	ネットワーク	無線LAN+ノートPCのような高リソースを前提。	アドホック・マルチホップルーティング ZigBee標準化	→	小リソースに適した方式が実現。固定ノードでマルチホップ通信(ホップ数:3)	移動ノードを含むマルチホップ通信も実用化(ホップ数:10)
		狭帯域センサーネットワークのQoS研究は本格検討に至らない	高信頼・低遅延ネットワーク制御	→	マルチパス、再送など高信頼性通信。(end-end間遅延:1sec)	低遅延技術が成熟。音声通信を実現。(end-end間遅延:200ms)
・ADSL:数十Mb/s ・携帯電話:数百kb/s ・無線LAN:54Mb/s		ネットワーク化(IP網接続, 携帯電話連携) WiFi携帯標準化	→	・FTTH:100Mb/s ・携帯電話:十数Mb/s	IP化、複数インフラとの融合	

4 - 3 上位システム

4 - 3 - 1 ミドルウェア

ユビキタスセンサーネットワークにおいては、多くの場合センサーノードからの信号が常時発生するため、情報をフィルタリングしデータとして活用する必要がある。この際にセンサーノードより上位の層での処理やアプリケーションとの統合を実現するミドルウェアが必要となる。

4 - 3 - 2 システム運用

センサーネットワークでは、多数のセンサーの品質や寿命の不均一性や空間的に分散して配置されるなど保守・運用管理の困難性があるため、センサーノードに ID などを個別に割当て、自律的に遠隔故障診断やライフ管理を可能にする必要がある。

4 - 3 - 3 アプリケーション連携・統合

センサーネットワークがビジネス・プロセスに統合化されることが普及促進に繋がるため、アプリケーションとの連携を可能にし、統合的なサービスを効率よく提供する必要がある。

4 - 3 - 4 開発環境

センサーネットワークの新規アプリケーションを効率よく開発できる開発環境やツールの提供と早期開発を可能にするレファレンスを提供することが必要となる。

大分類	中分類	現状(2004年)の技術レベル	2007年		2010年	
			2007年の技術レベル(予測)	2010年の技術レベル(予測)	2007年の技術レベル(予測)	2010年の技術レベル(予測)
上位システム	ミドルウェア	アプリケーションに応じて個別にデータ処理を開発	センシング・データ処理 (データの集約、圧縮、フィルタリング、相関、同期、階層化処理など)	→	データ間相関関係を利用し圧縮、同期など行う	多段階データ処理、コンテキストのみを上流にあげる
		アプリケーションごとの情報体系でファイルあるいはDBに保管	センシング・データ保管管理	→	意味体系によるデータ格納。階層的管理体系。小規模分散。	自律的にコンテキストを格納。広域分散DBの一元管理。
		利用主体、対象物、周辺環境などの条件下でオブジェクト認識や環境を認識	パターン認識、データマイニング、コンテキスト・アウェアネス	→	利用主体、対象物、周辺環境などの条件下で、適切なコンテキストを抽出。	ポリシーとゴールに基き、状況・環境認識。
		位置と時間の精度向上や干渉回避	品質制御(QoS, 干渉回避)	→	計測時間のずれやネットのレイテンシーを加味した同期。	外的環境に左右されない品質。
		状況および環境に合致した認証、暗号方式を使用可能なセキュリティシステムおよびインタラクティブな動作による各個人に最適なパラメータを設定する技術	セキュリティ(デバイス認証、耐タンパ性、完全性、アクセス制御など)、プライバシー、トラスト	→	セキュリティ技術群を統合化したエンド・ツー・エンド・セキュリティの実現、	過去のパターンや通信相手等の状況を踏まえて最適なセキュリティ・ポリシーを適応
	システム運用	ID割当・ID管理・既存IDとの連携の重要性が認知されている	ノードのID管理および運用管理	→	ID割当基準の下にノードのID発行、識別、認証。	多様大量のノード識別認証。ステートを自律的に運用
		遠隔保守管理技術や携帯電話による単一のノードの遠隔保守	遠隔保守管理(遠隔診断、自律保守)	→	大量のノードの遠隔故障診断。ノードのライフ管理。	システムが自律的に問題判別し、自己構成、自己修復。
	アプリ連携/統合	アプリケーションごとに個別に開発	Webサービス・インターフェース (新規・既存アプリケーションが連携・統合)	→	ノード出力を、ワークフローエンジンにより、アプリケーションと自律連携	ネットワーク間でデータを共有し、異なるアプリケーションが自律的に連携
	開発環境	個別の開発環境やツールの提供	アプリケーション開発環境およびツール	→	早期開発用リファレンス、開発環境・ツールの提供。	大規模アプリケーション用開発環境やツールの提供。