

# インターネット自動車のためのセンサーノードの設計と実装

松谷 宏紀<sup>†</sup> 湧川 隆次<sup>‡</sup> 村井 純<sup>†</sup>

慶應義塾大学 環境情報学部<sup>†</sup> 慶應義塾大学 政策・メディア研究科<sup>‡</sup>

## 1 本研究の背景と目的

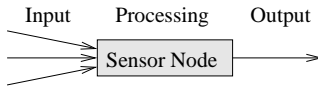
日常生活からは多くの情報が取得可能である。身の回りの何気ない情報が非常に重要な価値を持つ場合もある。TV 視聴率やコンビニの売れ筋情報、雑誌のアンケートなどのように多大なコストを支払って生活に溢れる情報を得ようとする例は多い。しかし、現状では身の回りの多くの情報は誰にも参照されず活用もされていない。

センサーノードとはインターネット接続性を持ったセンサーである。本研究では、身の回りの情報を収集し公開するためにセンサーノードを設計し実装する。本研究で行うことは以下の2点である。1点目は、センサーノードの役割を定義すること。2点目は、インターネット自動車環境上でセンサーノードを設計し実装することである。

## 2 センサーノードの設計と実装

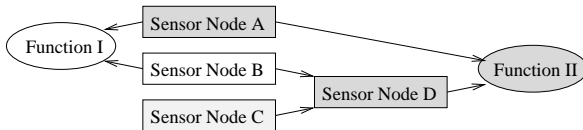
### 2.1 センサーノードの概要

センサーノードはいくつかの Input を処理し必ず 1 つの Output を出力する。センサーノードへの Input は、そのセンサーノードが制御するセンサーの値出力か他のセンサーノードからの Output である。センサーノードは Input に何らかの加工処理 (Processing) を行ない Output としてを出力する。



センサーノードの Output を 1 つに限定することによってセンサーノードの機能が単純になる。センサーノードの単機能化によってセンサーノードの規模は小さくなる。センサーノードが単機能かつ小規模になれば生産コストは小さくなる。そのため、ユーザーは多数のセンサーノードを身の回りに配置して用いることが出来る。

1 つ 1 つのセンサーノードの機能は単純だが、複数個のセンサーノードを組み合わせてすることで 1 つの複雑な機能が実現可能である。下図の例では、Function I を実現するためにセンサーノード A の Output とセンサーノード B の Output を組み合わせている。センサーノード D はセンサーノード B とセンサーノード C の Output を組み合わせてデータの加工処理を行なっている。Function II を実現するためにセンサーノード A の Output とセンサーノード D の Output を組み合わせている。このように、ユーザーはセンサーノードの組み合わせ方法によってきめ細かく機能を構築出来る。



ユーザーは望む機能を実現するために、複数のセンサーノードを組み合わせて用いる。そのため、ユーザーが管理すべきセンサーノード数が膨大になることが予想される。センサーノードに複雑な設定やファームウェアの更新などの管理コストがかかってはいけな

### 2.2 センサーノードの要求仕様

センサーノードはデータの収集 (Input)、データの加工処理 (Processing)、データの公開 (Output) が出来なければならない。

センサーノードはデータの収集 (Input) のために何らかのセンサーを持ちその制御を行なう。制御するセンサーによって、そのセンサーノードの性格と役割が決定される。センサーノードが制御するセンサーの例としては、温度センサーや湿度センサー、加速度センサーなどが挙げられる。本システムでは、サウンドカードや CCD カメラモジュールなどのデバイスもセンサーとして扱う。センサーの制御内容によって、そのセンサーノードのハードウェアスペックが決まる。また、センサーの制御手順が複雑であったりリアルタイム性が求められる場合には組み込みリアルタイム OS を用いることもある。

センサーノードはセンサーの制御の他に、必要に応じてデータの加工処理 (Processing) を行なう。また、センサーノードの処理内容にはスイッチの ON/OFF などの操作も含まれる。センサーノードを用いることによって、身の回りの様々なモノの状態の参照から操作までが可能となる。

センサーノードが処理したデータを公開 (Output) するには以下の 2 つの方法がある。1 つ目は、1 つのサーバーが各センサーノードから集めた情報を一括して公開する方法。2 つ目は、各センサーノードがそれぞれサーバーとなって情報を End-to-End で公開する方法である。センサーノードでは 2 つ目の方法を採用する。理由は、センサーノードは身の回りに多数配置して用いるので、それぞれのセンサーノードが分散して情報を公開する方がスケラビリティに優れているからである。また、あるセンサーノードの処理結果を他のセンサーノードが参照することも可能となる。IP を用いることによって伝送メディアに非依存な通信が可能となる。また、IP を用いた通信では既存の多くの社会インフラを活用出来る。以上の理由からセンサーノードは IP を用いて通信を行なう。センサーノードが End-to-End で情報を公開するためには、1 つ 1 つのセンサーノードがグローバル IP アドレスを持つ必要がある。多数のセンサーノードにグローバル IP アドレスを割り当てるために、アドレス空間が広大な IP version 6 (IPv6) を用いる。IPv6 ではアドレスが自動生成されるので、特別な設定無しで通信が開始出来るという利点もある。

### 2.3 本システムの現状

本システムの現状として、温度センサーを備えたセンサーノードのプロトタイプが完成した。プロトタイプ製作のために以下の 3 点の実装を行なった。1 点目は、センサーノードのハードウェア。2 点目は、センサーノードで動作するリアルタイム OS。3 点目は、センサーノードで動作する IPv6 スタックおよび上位プログラムである。

センサーノードのために実装したハードウェアとソフトウェアの詳細を下表に示す。温度センサーを制御する本プロトタイプでは、複雑な処理は無くリアルタイム OS の必要性は認められなかった。リアルタイム OS を実装したのは今後の機能拡張のためである。

CPU	H8/3069F (20MHz @ 5V)
RAM	2MByte DRAM
NIC	RTL8019AS (NE2000 compatible)
Sensor	LM35DZ
Software	micro ITRON4.0 compatible 79APIs (19446Byte) IPv6 stack (NE2000 driver, TCP/UDP) (23158Byte)

センサーノードで動作する IPv6 スタックの設計と実装を行った。IPv6 は高機能であるために処理が複雑で計算機資源を多く必要とする。計算機資源の乏しいセンサーノード上で IPv6 による通信を行なうには、IPv6 の豊富な機能からセンサーノードに不必要な機能を省略する必要がある (IPv6 最小要求仕様について [1] で検討がなされている)。本システムでは、IPv6 機能からルータ機能を省略した。また、経路表を管理することをやめ、L2 を Ethernet に固定した。NDP に関しては、redirect メッセージの受信以外は仕様通りに実装した。

センサーノードで用いる IPv6 スタックは、OS の有無や種類を問わず動作する必要がある。本システムのために実装した IPv6 スタックは、タイマー割り込みとデータ受信割り込みが発生するシステムであれば OS が無いシステムでも動作する。本システムのために実装したリアルタイム OS 上へもわずかな変更で移植出来た。

上位プログラムとして、UDP/IP を用いた温度センサーサーバーを実装した。センサーノードがサーバーとなり、クライアントからデータ要求があると最新の温度データを含むパケットを返す。

## 3 今後の課題

今後は、設計し実装したセンサーノードをインターネット自動車環境で運用する。インターネット自動車環境では IPv6 によるインターネット接続環境が整っており、車速や車の位置情報など数多くの情報が取得可能である。また、設計した装置などを比較的自由に配置し実験することが可能である。

また、インターネット自動車ネットワークを移動することを考慮すると、センサーノードに Mobile IPv6 や LIN6 などの移動透過性プロトコルを実装することが必要となる。

## 参考文献

- [1] Host Requirements of IPv6 for Low Cost Network Appliances (draft-okabe-ipv6-lcna-minreq-02.txt)