

# P2P を用いた広域分散センサノードのための統合通信基盤の提案

磯村 学<sup>†</sup> Christian Decker<sup>‡</sup> Michael Beigl<sup>‡</sup> 堀内 浩規<sup>†</sup>

(株) KDDI 研究所<sup>†</sup> University of Karlsruhe<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

本稿では、センサノードが広域に遍在する環境において、P2P (Peer to Peer) 技術を適用することで、任意のセンサノードを発見、アクセス可能とする統合通信基盤を提案する。また、提案方式に基づき、センサノードに Particle コンピュータ、P2P ミドルウェアに JXTA を適用したシステムの実装を行ったので報告する。

## 2. 広域分散するセンサノードの問題点

ユビキタス環境における代表的なデバイスであるセンサノードは、主に省電力無線などを用いたセンサネットワークを構成して通信を行う。また、センサネットワーク外の端末がセンサノードにアクセスする場合、センサネットワークに接続したシンクノードなどのゲートウェイを経由する[1]。しかしながら、センサノードを用いた広域のオブジェクト追跡サービスのように、複数のセンサネットワークが広域に分散配置される環境では、端末は複数のゲートウェイの中から所望のセンサノードを効率的に発見、アクセスする必要がある。また、ゲートウェイによっては、端末は異なる通信プロトコルを用いる必要がある。

これらの問題を解決するため、全てのセンサノードの情報を一つのサーバに集約する方法が考えられるが、対象となるセンサノードは膨大な数になると予想され、それに伴うスケーラビリティの問題や、情報が一点に集中することによる耐障害性の問題がある。一方、近年の P2P 技術では、DHT (Distributed Hash Table) を用いて、情報をピア間で分散蓄積、高速検索することが可能になってきている。そこで、センサノードの情報を P2P ネットワーク上に広報し、異なるセンサネットワークに存在するセンサノードを効率的に発見可能にするとともに[2]、従来の PC だけでなく、PDA や携帯電話、さらにはセンサノードから遠隔のセンサノードへのアクセスを可能とする統合通信基盤を以下に提案する。

## 3. 統合通信基盤の提案

### 3.1. 要求条件

センサネットワークが広域に偏在する環境において、

1. 所望のセンサノードを発見できること。
2. 所望のセンサノードにアクセスできること。
3. 任意のセンサノード間で通信が可能なこと。

### 3.2. システム構成

図 1 にシステムの構成を示す。各センサネットワークにはゲートウェイとなる P2PBridge が接続され、それがインターネット上に展開された P2P ネットワークとの仲立ちをする。インターネット上には P2P ピアが存在し、P2P ネットワークを介してセンサノードを発見、アクセスする (図 1 (1))。また、携帯電話などの計算能力が限られ、P2P プロトコルを実装できない端末はプロキシを介して P2P ネットワークに参加し、同様にセンサノードの発見、アクセスを行う (図 1 (2))。さらに、異なるセンサネットワークに存在するセンサノード同士も P2PBridge を介して通信を行う (図 1 (3))。

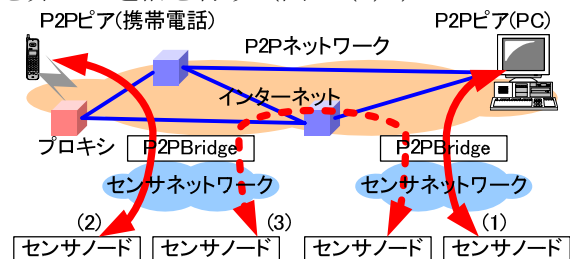


図1 システム構成

### 3.3. センサノード情報の広報

要求条件 1 のため、P2PBridge は配下のセンサネットワーク内のセンサノードを、(1) 応答要求メッセージを定期的送信、(2) センシングデータ (以下、データ) を受信する方法で検知する。センサノードを検知すると、データに含まれる ID、位置情報、センサの種類などの属性情報を広告として P2P ネットワーク上に広報する。また、P2PBridge はより詳細な位置情報 (例えば住所) や、その P2PBridge に接続するための接続記述子も広告に付加する。

### 3.4. センサノードの発見

次いで、P2P ピアは所望のセンサノードの属性情報を検索鍵としたクエリを P2P ネットワークへ

送信し、3.3で広報されたセンサノードの広告を発見する。ここで、クエリは P2P の検索機能（例えば DHT）により解決される。例えば、検索鍵としてセンサノードの位置を示す属性情報に「Tec0」を入力することで、「Tec0」に存在する全てのセンサノードの広告を発見できる。

### 3.5. リモートアクセス

要求条件 2 のため、P2P ピアは3.4で発見した広告に含まれる接続記述子を用いて、センサノードを収容している P2PBridge とコネクションを開設する。P2PBridge はそのコネクションを通じて該当するセンサノードから受信したデータを P2P ピアに転送する。

### 3.6. データフォワーディング

一方、不特定多数のセンサノードからデータを取得する場合、3.5のようにセンサノード毎にコネクションを開設するのは、P2P ピアにとって効率的でない。そこで、P2P ピアは興味のあるセンサノードの属性情報を広告として P2P ネットワーク上に広報する。各 P2PBridge はその属性情報に合致するセンサノードが存在する場合、そのデータを P2P ピアに送信する。これにより、例えばセンサノードのバッテリー残量の監視など、不特定多数のセンサノードから自律的にデータを受信することができる。

### 3.7. センサノード間通信

要求条件 3 のため、センサノードは通信相手となるセンサノードの属性情報を送信するデータを入力する。P2PBridge は、P2P ピアと同様に3.4の方法を用いて、その属性情報に合致するセンサノードを発見し、そのセンサノードを収容する他の P2PBridge にデータを転送する。データを受信した P2PBridge は、それを配下のセンサネットワークに送信することで、宛先のセンサノードがデータを受信する。

## 4. 実装概要

### 4.1. 実装環境

図 2 に実装したシステムの構成を示す。P2PBridge を PC (Windows 2000) 上に JXTA 2.3.5[3]を用いて実装した。また、P2PBridge の動作を確認するため、PDA (Windows Pocket PC2003) 上に JXME 2.0[3]を用いた P2P アプリケーションを実装した。センサノードには Karlsruhe 大学で開発された Particle コンピュータ[4]を適用した。Particle がセンサネットワークに送信するデータは、XBridge によって UDP パケットにカプセル化され、Ethernet を経由して、P2PBridge で受信される。

### 4.2. P2PBridge

P2PBridge は XBridge から受信したセンサノードのデータを基に、センサノードの属性情報の広報を行う。また、データに含まれる宛先情報に適合するセンサノードを発見して、そのデータを転送するとともに、他の P2PBridge が転送してきたデータをフィルタし、宛先が配下のセンサノードに合致することを確認した場合にのみ、そのデータを XBridge へ送信する。

### 4.3. JXME アプリケーション

本アプリケーションは属性情報を基に所望のセンサノードを発見し、そのデータを取得する。Java の CLDC (Connected Limited Device Configuration) では HTTP による通信のみが可能であるため、JXME プロキシ[3]を通じて JXTA の P2P ネットワークに参加する。本アプリケーションにより、PDA において遠隔のセンサノードのデータを受信できることを確認した。

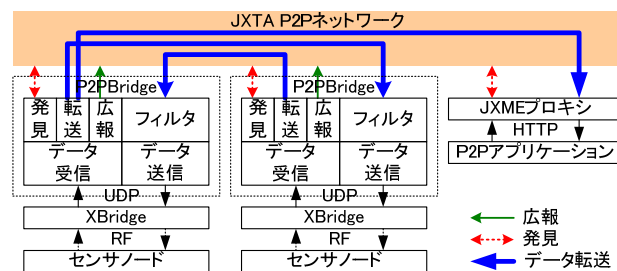


図2 実装システムの構成

## 5. おわりに

本稿では、広域に遍在するセンサノードの属性情報を P2P (Peer to Peer) ネットワーク上に広報することで、遠隔の P2P ピアが任意のセンサノードを発見、アクセス可能とするとともに、遠隔のセンサノード同士の通信を可能とする統合通信基盤を提案した。また、提案方式を JXTA 上で実装し、動作することを確認した。最後に、Karlsruhe 大学 Telecooperation Office の各メンバーならびに留学の機会を与えて頂いた KDDI (株) の関係諸氏に感謝する。

## 参考文献

- [1] Intanagonwiwat, C., Govindan, R., and Estrin, D., Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks, In Proceedings of MobiCOM'00, (2000), 56-67.
- [2] Chen, G., Li, M. and Kotz, D., Design and Implementation of a Large-Scale Context Fusion Network. In Proceedings of MobiQuitous'04, (2004), 246-255.
- [3] Project JXTA, <http://www.jxta.org>
- [4] TecO Particle Home, <http://particle.teco.edu>