

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[†] Christian Decker[‡] Michael Beigle[‡] 堀内 浩規[†]
 (株) KDDI 研究所[†] University of Karlsruhe[‡]

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))。

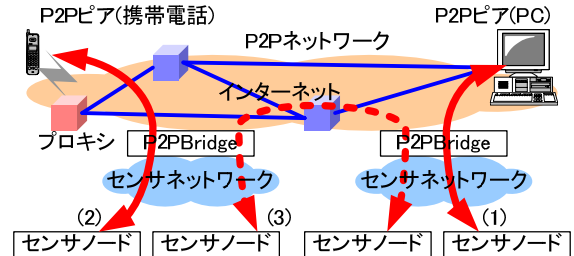


図1 システム構成

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) を受信するなどの方法で検知する。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

Proposal of Generic Communication Structure for Widely Distributed Wireless Sensor Nodes by Using P2P
[†]Manabu ISOMURA, Hiroki HORIUCHI
 KDDI R&D Laboratories Inc.
[‡]Christian DECKER, Michael BEIGLE
 University of Karlsruhe, Germany

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、センサノードを收容している 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收容する他の 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。

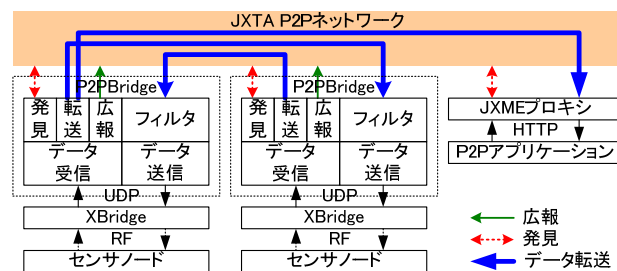


図2 実装システムの構成

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>