

時間指定可能なクエリ処理システム

富森英生[†] 鈴木和久^{††} 横田裕介^{†††} 大久保英嗣^{†††}

[†]立命館大学理工学部 ^{††}立命館大学大学院理工学研究科 ^{†††}立命館大学情報理工学部

1 はじめに

近年、機器の小型化や低価格化が進み、無線とセンサ機能を備えたセンサノードの開発が行われている。これらの技術の発達により、複数のセンサノードを利用し構成するセンサネットワークが注目されている。センサノードを用いて気温や湿度といった周囲の環境情報を取得する場合、ユーザの要求に合わせて、取得するセンサデータの変更が容易でなければならない。センサネットワークでは、クエリ処理システムを用いることで、ユーザの要求を満たすセンサデータの取得を行う。

バッテリーにより動作するセンサノードは、長期間にわたって動作させるため、電力消費を抑制する必要がある。無線によるデータ通信は電力を消費するため、取得したセンサデータのうち、ユーザが必要とするもののみを基地局に送信することが重要である。ユーザは、クエリに条件を指定することにより、必要とするセンサデータの判別をセンサノードに行わせる。

送信するセンサデータの指定を行う場合、センサノードが取得したデータを用いて、観測対象の現在状態を判別する条件を指定する必要がある。対象の状態を判別することで、状態ごとに送信するセンサデータを指定することが可能になる。しかし、センサノードは、時間が経過することにより状態が変化する対象の観測を行うため、現在のセンサデータのみを用いて状態の判別を行うことは困難である。時間の経過による状態変化は、過去に取得したセンサデータと現在のセンサデータを比較することにより判別可能である。よって、センサノードは、現在のセンサデータだけでなく過去に取得したデータもメモリに格納することで、これらのデータをユーザからの問合せに有効に利用することが可能となる。

これらのことから、過去のセンサデータを問合せの対象として使用可能なクエリ処理システムを用いることで、ユーザはセンサノードへの要求を柔軟に行うことが可能になる。本稿では、センサネットワークにおける時間指定可能なクエリ処理システムについて述べる。

2 既存技術とその問題点

2.1 TinyDB

TinyDB [1] は、TinyOS 上で動作するクエリ処理システムである。クエリを用いて、ユーザの要求するセンサデータをセンサネットワークから取得することを目的としている。TinyDB では、各センサノード内の現在のセンサデータを格納した sensors テーブルに対する問合せを処理する。問合せの記述は、SQL に類似した言語である TinySQL を用いる。クエリには、センサノードに取得させる気温や照度、取得周期が記述可能である。ユーザは、基地局に接続された PC から、センサネットワークにクエリを発行する。センサノードは、クエリを受信すると、要求されたセンサデータの取得を行い、基地局にデータを送信する。クエリに条件を記述することで、条件を満たすデータのみを基地局に送信することが可能である。

2.2 既存技術の問題点

TinyDB では、現在のセンサデータを処理対象とするクエリを発行可能である。しかし、指定可能な条件は現在のセンサデータについての比較演算であり、時間を用いた過去のデータに対する問合せ機構を備えていない。ユーザは、現在のセンサデータのみを用いて観測対象の状態を判別しなければならないため、時間が経過することによる状態変化を問い合わせることは難しい。たとえば、自然環境下で毎日の温度変化を観測する場合、現在の気温と、過去数日の同時間の気温を比較することで、観測対象の状態変化を検知する要求が考えられる。この要求をセンサノードが処理するには、時間を用いて過去のセンサデータに対する問合せを行う機構が必要となる。

3 提案手法

3.1 提案手法の概要

本研究は、時間指定可能なクエリ処理機構を実装し、クエリへの観測対象の状態変化の記述を容易にすることを目的とする。クエリ処理システムは、TinyDB を基に機能を拡張する。センサノードは、過去に取得したセンサデータにタイムスタンプを付与して自身のメモリ上に格納する。ユーザは、このテーブルに対して問合せを行うものとする。問合せ言語は、時制データベースにおける問合せ言語 TSQL2 [2] や SQL/Temporal [3] を参考に、TinySQL を拡張する。本手法による問合せの流れを次に示す。

A Temporal Query Processing System for Sensor Networks
Hideo Tomimori[†], Kazuhisa Suzuki^{††}, Yusuke Yokota^{†††},
and Eiji Okubo^{†††}

[†]College of Science and Engineering, Ritsumeikan University

^{††}Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

^{†††}College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

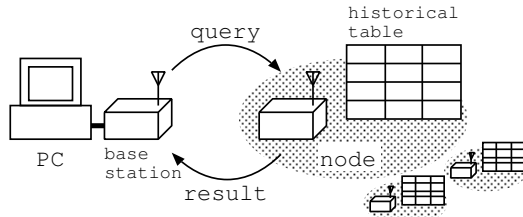


図 1 センサノードへの問合せ

1. ユーザは、センサノードに履歴テーブルを作成するクエリを発行する。このクエリにより、テーブルの大きさ、取得するセンサデータ、取得周期を指定する。
2. ノードは、履歴テーブルに、タイムスタンプを付与したセンサデータを格納する。タイムスタンプは、取得時刻を始点とし、取得周期経過した時刻を終端とするセンサデータの有効時間である。テーブルの容量を超えるセンサデータを格納しようとする場合、テーブルの古いデータから上書きされる。
3. ユーザは、図 1 に示すように、基地局に接続された PC からセンサネットワークにクエリを発行する。ノードは、受信したクエリを処理し、結果を基地局に送信する。

3.2 時間指定を可能とする問合せ言語

TinySQL を拡張し、時制を使用可能にした言語を用いて問合せを行う。はじめに、ユーザは、センサノードに履歴テーブルを作成するクエリを発行する。以下に示す例は、センサノードのメモリ上に有効時間を用いて履歴テーブル recentTemp を作成する。テーブルに格納するセンサデータは気温であり、取得周期は 30 分である。テーブルの大きさは 100 行であり、約 2 日間のデータを格納可能とする。有効時間の粒度を分とするため、AS VALIDTIME PERIOD(MINUTE) を指定している。

```
CREATE STORAGE POINT recentTemp SIZE 100
AS (SELECT temp FROM sensors
SAMPLE PERIOD 30minute)
AS VALIDTIME PERIOD(MINUTE)
```

作成した履歴テーブル recentTemp を用いて、先の例で述べた現在の気温と過去の同時間の気温を比較するクエリを次の例に示す。このクエリは、問合せを行う時刻を 9 時として、履歴テーブルに格納された過去の 9 時台の平均気温と現在の気温の比較を行う。現在の気温が過去の平均より高い場合は、ノード ID と現在の気温を基地局に送信する。

```
VALIDTIME SELECT s.nodeid, s.temp
FROM sensors AS s, recentTemp AS r
WHERE s.temp > AVG(r.temp) AND
VALIDTIME(r) DURING PERIOD(['09:00', '09:59'])
```

このクエリにより、過去のデータとの比較をセンサノードで行い、必要なデータのみを送信する。不要な通信を削減することで、センサノードの電力消費を抑制することが可能になる。

3.3 実装手法

PC におけるクエリ処理 TinyDB では、ユーザにより作成されたクエリを、PC 上で構文解析し、センサネットワークに送信するデータ形式である QueryMessage 構造体に変換する。提案手法の言語を用いるには、時刻、期間を表すデータ型の定義や構文解析部の拡張が必要となる。また、新たなデータ型や演算子を利用できるよう、QueryMessage 構造体の定義を行う。

センサノードへの時刻情報の送信 各センサノードが、データにタイムスタンプを付与するために必要となる時刻情報は、基地局に接続した PC の現在時刻を用いる。センサネットワークに送信する QueryMessage 構造体に時刻情報を格納し、センサノードはこれを基にタイマを用いて現在時刻を求める。センサノード間での時刻同期は、TinyDB が行うデータ通信のための同期データが QueryMessage 構造体に含まれるので、これを使用する。

センサノードにおけるクエリ処理 センサノードは、取得したセンサデータの履歴テーブルへの格納とクエリ処理を行う。取得したセンサデータをテーブルに格納する場合、各行は Tuple 構造体により表され、これがメモリ上に保持される。タイムスタンプとして、基準となる時刻を定め、そこからの経過時間を表すデータ型を定義する。Tuple 構造体にこのデータ型を持たせることで、各行の有効時間を保持させる。時制を用いたクエリ処理は、処理対象とする期間の指定や、指定期間における属性値の平均などの集約関数、期間の重なりや前後関係を求める演算子を新たに実装する。

センサノードが持つメモリは限られているため、メモリ消費が少なくなるよう実装を行う必要がある。複数テーブルを用いた演算は多くのメモリを必要になると考えられるため、問合せで使用可能な履歴テーブルは 1 個に制限して実装を行う予定である。

4 おわりに

本稿では、センサネットワークにおけるクエリ処理システムについて述べた。時制問合せを用いることで、観測対象の状態変化に応じた問合せを柔軟に行う手法について述べた。今後の予定として、複数ノード間で協調して時制問合せを処理する機構の開発を検討している。

参考文献

- [1] Madden, S. R., Franklin, M. J., Hellerstein, J. M., and Hong, W. 2005. TinyDB: an acquisitional query processing system for sensor networks. ACM Trans. Database Syst. 30, 1, pp. 122–173 (Mar. 2005).
- [2] Snodgrass, R. T. et al. TSQL2 Language Specification. ACM SIGMOD Record, 23(1):65–86 (Mar. 1994).
- [3] Snodgrass, R. T., Böhlen, M. H., Jensen, C. S., and Steiner, A. Adding Valid Time to SQL/Temporal. ANSI X3H2-96-501r2, ISO/IEC JTC1/SC21/WG3 DBL MAD-146r2 (1996).