

## 広域に分散したセンサネットワーク群に対する問い合わせ処理機構

横田 裕介 大久保 英嗣

立命館大学情報理工学部

### 1. はじめに

現在、センサネットワーク技術は屋外環境の観測などに適用されつつある。様々な地点の観測を行う場合、多数のセンサネットワークが分散して配置される。広域に分散したセンサネットワーク群を統合する場合、様々な種類のセンサから構成される異種センサネットワーク群を統合する必要がある。センサの種類の違いはその利用目的の違いにつながるため、各種センサは異なる役割を持つことが考えられる。例えば、山間地域において地すべりを予測するシステムにおいて、雨量計と地中水分量を計測するセンサから構成されるセンサネットワークを用いる場合を考える。晴天時は地すべりの可能性はきわめて低いので、雨天時のみ地中水分量の詳細な計測を行いたい場合、通常時は雨量計のみでのセンシングを行い、雨量が一定値を超えた場合地中水分量の計測を開始するような、動的な制御が必要になる。

センサネットワークでは稼動期間を延ばすための電力消費の低減が重要な課題となっている。そのため、常にセンサからのストリームデータを取得し続けるのではなく、状況に応じて動的にセンサネットワークを制御する仕組みが重要となる。本稿では、SQL に準じた問い合わせ言語を用いて広域に分散したセンサネットワーク群を統一的に制御するための機構を提案する。センサネットワーク群全体を一つのデータベースとみなし、抽象度の高い問い合わせ記述方法を利用者に提供する一方、問い合わせ内容を適切な粒度に分解して各センサネットワークに発行し、結果を統合するシステムのアーキテクチャについて述べる。複数の問い合わせが実行される場合、問い合わせ内容を部分的に共有することによって、最適化を行うことが可能になる。

### 2. 問い合わせシステムの構成

本システムの構成を図 1 に示す。システムは以下の要素から構成される。

**Global Query Processor (GQP)** 利用者からの問い合わせ要求を受け取り、適切な単位に分解した問い合わせを Local Query Processor 群に送る。また各 LQP から返された結果を統合し、利用者に提供する。

**Local Query Processor (LQP)** 一つのセンサネットワークに対し一つの LQP が対応する。各 LQP は担当するセンサネットワークに対する問い合わせ要求に対し正しい結果を返す責任を持つ。複数の問い合わせが並行して実行される場合、できるだけ問い合わせを共通化するような最適化を行う。

**Sensor Network** 複数のセンサノードから構成されるネットワーク。各ノードは一つ以上のセンサを持ち、一般に一つのネットワーク内には複数種類のセンサが存在する。

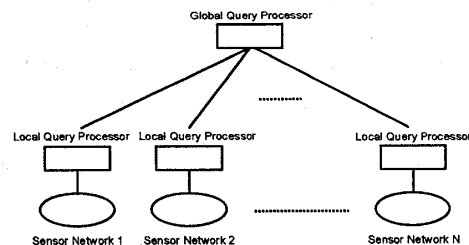


図 1: システム構成

本システムでは、センサネットワーク間に渡る問い合わせの分割・合成・最適化は GQP が、特定のセンサネットワーク内での問い合わせの共有などによる最適化は LQP が担当する。これによって、問題をなるべく局所化するとともに処理の負荷分散を可能にしている。

A Query Processing Mechanism for Wide-area Distributed Sensor Networks

Yusuke Yokota and Eiji Okubo

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

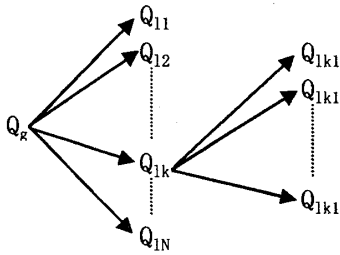


図 2 問い合わせの階層

### 3 問い合わせの管理

ここでは、本システムにおける主要な問い合わせとなる連続的な問い合わせの場合について、その管理方法を述べる。一度発行した問い合わせは、利用者による明示的な停止指示があるまで動作し続けるものとする。

#### 3.1 依存関係の管理

GQP に与えられた問い合わせは、複数の LQP 向け問い合わせに分解される。各 LQP 向け問い合わせは、当該 LQP 上で最適化され、さらに分解されたり、他の問い合わせと共有されたり、書き換えられたりする。このように一つの問い合わせが階層的に分解されるため、問い合わせ結果を統合する場合や、連続的な問い合わせを停止する場合には、各問い合わせ間の依存関係の情報を用いる必要がある。この依存関係は図 2 のように木構造データとして管理する。ここで  $Q_g$  は GQP に与えられた問い合わせ、 $Q_{1k}$  ( $1 \leq k \leq N$ ) は  $Q_g$  を分解し各 LQP に与えられた問い合わせ、 $Q_{1km}$  は各  $Q_{1k}$  を分解・共有・書き換えた問い合わせである。

#### 3.2 問い合わせの分解

利用者が GQP に与える問い合わせには、サンプリング間隔の指定、センサの種類指定、空間的な範囲の指定などが含まれる。GQP では、これに応じて問い合わせを分解し、各 LQP に対して最適な問い合わせを発行する。LQP でも同様に、与えられた問い合わせの分解を必要に応じて行う。

#### 3.3 問い合わせの共有と置換

あるセンサネットワークにおいて、LQP から発行された問い合わせ  $Q_{1km}$  と同じ問い合わせがすでに実行されている場合、または  $Q_{1km}$  がすでに実行されている問い合わせに含まれるような場合、LQP はこの問い合わせを共有する。この場合、LQP に与えられた異なる問い合わせ  $Q_{1k}$ 、 $Q_{1k'}$  が同一の問い合わせを共有することになるため、 $Q_{1km}$  が依

存する問い合わせとしてこの二つの問い合わせを表として管理する。この表は問い合わせの停止時に用いる。

ある問い合わせ  $Q_2$  が  $Q_1$  に含まれるような例としては、 $Q_2$  が問い合わせ対象とするノードすべてが  $Q_1$  に含まれる場合(空間における包含関係)や、 $Q_2$  のサンプリング間隔が  $Q_1$  のサンプリング間隔の公倍数になっている場合(時間における包含関係)などが挙げられる。

また、 $Q_1$  が  $Q_2$  に含まれるような場合は、実行中の  $Q_1$  を  $Q_2$  と置き換えたのち、共有を行う。

#### 3.4 問い合わせの停止

GQP から問い合わせ停止の指示が届いた場合、管理する木構造情報に沿って、末端の問い合わせから順に停止を行う。このとき、末端の問い合わせは他の親問い合わせと共有されている可能性がある。共有状況は前節で述べた表に記録されている。この表から今回停止する親問い合わせの情報を削除する。表が空になった場合、この問い合わせを用いる親問い合わせが存在しないことが分かるので、この末端の問い合わせを停止する。

### 4. 考察

センサネットワーク向けのデータベースシステムは、ストリームデータベースと多くの類似点があるが、一般にストリームデータベースでは与えられたストリームの到着レートの制御できないことが前提となっており、その制約の中で最適な処理を実現することを目標とする[1][2]。一方、センサネットワークでは、ストリームの到着レートすなわちサンプリング間隔も制御の対象となるため、ストリームの制御という観点も含めた最適な処理の実現を考える必要がある。

### 5. おわりに

本稿では、広域に分散したセンサネットワークを統一的に利用するための問い合わせ処理機構について述べた。今後は最適化手法を詳細化し、実装を進める予定である。

#### 参考文献

- [1] Reiss, F. and Hellerstein, J. M. Declarative Network Monitoring with an Underprovisioned Query Processor. In Proceedings of the 22nd international Conference on Data Engineering (IcdE'06) - Volume 00 (April 03 - 07, 2006).
- [2] 山田真一, 渡辺陽介, 北川博之, 天笠俊之, 「データストリーム管理システム Harmonica の設計と実装」情報処理学会論文誌: データベース, Vol.48, No.SIG14 (TOD35), pp. 91-106, 2007年9月.