

## 論文内容の要旨

博士論文題目 A study on geographical location based overlay networks for sharing global ubiquitous sensing data  
(地球規模に遍在するセンサ情報共有のための地理位置に基づくオーバレイネットワークに関する研究)

氏名 松浦 知史

(論文内容の要旨)

As the Internet covers all over the places and the price of wireless sensors diminishes rapidly, it can be expected that a large number of heterogeneous sensor networks are developing around the globe and interconnecting to share global-scale sensing data. And such data have a great effect on our daily lives, solutions of environmental problems, developments of business and lots of other application fields.

Sensor network technologies have been focusing on data collaboration in a local area, but they have been lacking for data share among lots of sensor networks. A decentralized data management mechanism is one of the essential keys to realize the goal of sharing sensing data over the globe. Many decentralized system, mainly overlay networks have been studied over the years. However, on these overlay networks some nodes unevenly have to store large data or retrieval cost become extremely high if these networks manage data on real space. This is because these works lack for considering patterns of sensor data stream and user queries besides geographical distribution of sensor networks in ubiquitous sensing environment, even though they have been tackling the problems of scalability and trying to provide distributed and self-organized systems on the Internet-scale network.

This dissertation proposes a new overlay network which can manage sensing data in terms of geographical locations. The proposed overlay

network called Mill constructs a decentralized data management system without destroying the locality of sensing data. On this overlay network, nodes are distributed by geographical location and manage data of local areas. Proposed overlay network supports both multi-scale geographical range queries and multiple-attributes queries, managing only one dimensional ID-space. This one dimensional ID-space consisting of latitude and longitude enables a routing mechanism to become simple and fast. It is also discussed that an implementation design of Mill considers patterns of sensing data stream and user queries. This implementation optimizes a routing mechanism, and almost messages from users and sensing devices are directly sent to particular nodes without searching the overlay network each time. This feature greatly reduces the retrieval cost. A Mill network is evaluated by several criteria including retrieval performance, management cost, simultaneous connections and others, through simulation experiments and evaluations of implementation. And these evaluations clarify its scalability and flexibility as well as its limitations.

### (論文審査結果の要旨)

本論文は、世界規模で設置されているセンサの情報を管理・共有するシステムを構築するため、既存システムの欠点、限界点を明らかにした上で、地理的に情報が分散管理されるオーバレイネットワークの構築手法を提案し、シミュレーションおよび実機での評価を通してその有用性を明らかにした。

提案したオーバレイネットワークは地理的な情報の分散管理に加え、マルチスケールでの矩形検索をサポートし、規模性、検索性能に優れ、多属性検索を考慮している。これら諸機能は既存のオーバレイネットワークにおける ID 空間の生成および管理手法を新しく見直し、また実際の広域センサネットワークの運用を通して得られた知見を取り入れることで実現した。

本論分の成果は以下に要約される。

1. 世界規模で展開するセンサーネットワークから生成されるデータを管理・共有することを目的に、地理位置情報とオーバレイネットワーク技術に着目した。既存の広域センサネットワーク構築手法では運用・管理コストが高く、加えて階層構造を採っているシステムが多く負荷の一極集中が避けられない。そこで自立分散可能なオーバレイネットワークに注目が集まり多くの研究が行われている。しかし、既存のオーバレイネットワークの多くは 1 次元の ID 空間を管理しており、緯度・経度・時間・センサの種類といった多くの属性を管理できない。多次元の ID 空間を管理可能な手法も存在はするが、多くの ID 空間を管理する必要があり、検索性能の低下および管理コストの増大が問題となる。

本研究では、緯度・経度といった地理位置に関わる複数の属性を地理的特性を考慮しながら 1 次元に変換し、ID 空間を管理している。そのため、既存のオーバレイネットワークの長所を取り入れながら、マルチスケールでの矩形領域検索(地理的な検索)をサポートしたオーバレイネットワークを実現した。

2. 既存のオーバレイネットワークは検索要求に対する解決手段はその管理する ID 空間に依っている。そのため、特定の情報を探したす度にオーバレイネットワークの内部を検索要求が何度も伝播され、多くのトラフィックが発生する。産官学の共同プロジェクトである Live E!において広域センサネットワークの設計・構築および運用に携わった経験から、センサから生成されるデータおよびユーザから送られる検索要求は特定地域内で行われていることが非常に多いことが明らかになった。この運用知見を提案するオーバレイネットワークに取り入れる事で、オーバレイネットワーク上でセンサおよびユーザが動的に地域ごとのクラスタを形成し、そのクラスタ内で直接データの送受信が可能であり、かつ多属性検索をサポートしたシステムを構築した。その結果、全域に対するアクセス性を提供しつつ、検索要求が局所的に直接やり取りされる環境を作り出し、加えて広域センサを扱うための要求要件である多属性検索、高速検索、規模性を満たすオーバレイネットワークの構築が可能となった。

以上のように、本論文は世界規模で設置されているセンサの情報を扱うための基準を提示し、地理位置に基づくオーバレイネットワークの構築手法を実際のセンサネットワーク運用知見も取り入れながら提案し、評価を通してその有効性を明らかにした。今後も多くのセンサがネットワークに接続される事が考えられ、実環境での運用も考慮されている本論文は、学術上だけでなく社会的な貢献度も高いと評価できる。よって本論文は博士(工学)の学位論文としてふさわしいものと認める。