5S-1

大規模センサネットワークにおける GUI の提案

上原　雄一†　　牧村　和慶‡　　斉藤　裕樹†　　戸辺　義人†
東京電機大学　工学部　情報メディア学科†
東京電機大学大学院　工学研究科　情報メディア学専攻‡
{u1, makky, hsaito, yoshito}@unl.im.dendai.ac.jp

1. はじめに

近年，無線通信デバイスの小型化，軽量化，省電力化，高性能化が進んできている．将来，こうした無線通信デバイスを備えたセンサノードによる大規模なセンサネットワークが構築されると考えられる．それに伴い，センサネットワークから発生するセンサノード情報を効率よく管理することが必要である．このような大規模センサネットワークを GUI で管理すると，多量のセンサノード情報が表示される．すべての情報を一画面で表示することは，取得した情報表示の複雑化を誘発し，管理を非常に困難とする．そこで我々は， ネットワークの規模に左右されない利便性を考慮したセンサノード管理 GUI として，FSM (Flexible and Scalable Monitoring)を提案する．

2. 従来手法

2. 1 関連研究

センサノード情報を視覚化する従来のシステムとして，Surge[1], Cougar[3], TinyDB[2]がある．Surge は，自動的にノードを発見し，センサネットワークトポロジを視覚化する．また，すべてのノード間のリンク品質を含むネットワークの統計を記録，視覚化するといった特徴がある．Cougar は SQL を用いた検索が利用でき，クエリリプライを表にすることができる．また，マップを用いて，範囲を指定し，クエリができ，トポロジの視覚化をすることができるという特徴がある． TinyDB は SQL のクエリを発行することで，センサから任意の情報を収集できるといった特徴がある．

2. 2 問題点

大規模なセンサネットワークにおいては，2.1 節で示した様々な従来手法では利用者が扱いやすい表示が行えない．例えば，多量のセンサノード情報を，一画面表示で視覚化することになり，画面が複雑化する．さらに，SQL で部分的な情報の取得が可能でも，全体を見渡せる視覚化できない．したがって，いずれにしても一画面で全体を視覚的に示すことは難しいという問題点がある．

3. FSM

本章では，2 章で述べた問題を解決するために，センサネットワーク管理 GUI：FSM (Flexible and Scalable Monitoring)の提案を行う．提案する表示手法では，以下のような特徴がある．

- センサネットワークの規模に左右されない視覚化
- 階層的なアドレスを利用した階層的グループ化
- 大規模ネットワークにおける処理の軽減

以下，階層的グループ化で用いる SAMON のシステムと，上記の特徴を実現する FSM の構成を述べる．

3. 1 SAMON

SAMON[4]は，実世界におけるセンサネットワークの特殊性を考慮し，領域管理の実現を目標とするシステムである．「ビル/5 階/会議室」のような階層化された空間情報を設定し，実世界を考慮した領域管理を行う．配置されるノード群に対しても階層化を施し，各階層の節に当たる代表ノードを Area-head と設定することで階層的ネットワークを実現する．また，中継ノードがダウンしても目的領域までの実世界における物理的最短経路を保持することで，領域内ネットワークのフォールトトレランス性を向上させている．

3. 2 FSM の構成

FSM の構成図を図 1 に示す．センサノードから，情報を取得し(Listen)，センサノード情報を取り込む．取り込んだセンサノード情報を利用して，Zoom 機能，Group 機能，Search 機能，Display 機能を実現する．

図 2 は，FSM 適用前(a)，FSM 適用後(b)， Display 機能適用による異状検知表示(c)，Zoom 機能と Group 機能適用後(d)を示す．FSM 適用前は膨大数ノードが表示され複雑になってしまっているが，FSM 適用後はそれらが改善され，階層も把握できる．図 b, d は括弧内に下位層のノード数を示し，図 c は，括弧内にセンシングデータ（温度，照度，音等の環境情報）を示す．

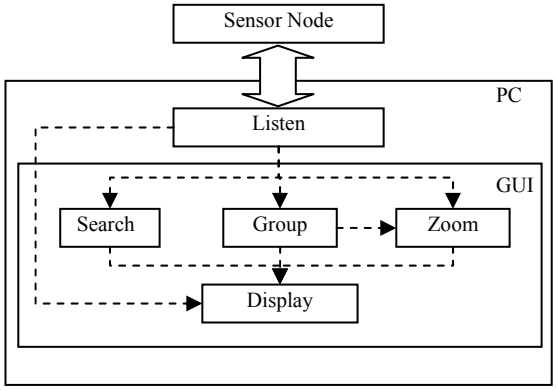

図１．FSM の構成図

Proposal of GUI for Large-scale Sensor Networks
† Yuichi Uehara
‡ Kazunori Makimura
† Hiroki Saito
† Yoshito Tobe
Department of Information Systems and Multimedia Design, Tokyo Denki University (†)
Department of Information and Media Engineering, Tokyo Denki University (‡)

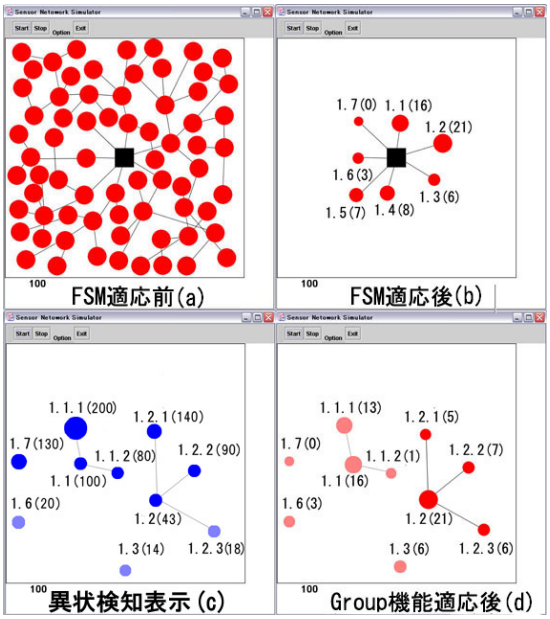

図２．一画面表示と FSM

以下，各機能について述べる．

- *Zoom*
  視覚的に任意の拡大縮小位置情報の指定，また，階層や空間情報の指定をし，指定した条件を基に行う．拡大縮小は，指定された位置を中心に指定された階層で拡大縮小を行う．
- *Group*
  前述した SAMON におけるセンサノード群階層化の機構を利用する．Listen により，センサノード群から個々のアドレスを得る．そのアドレスは，階層化されたアドレス体系が利用されているため，そのアドレスに基づき，階層的にセンサノード群のグループ化を行う．
- *Search*
  視覚的に空間情報などの条件を指定する．その条件に基づき，Listen から得たセンサノード情報を参照し，ノードを表示させる．同時に Area-head を表示させることで，階層も視覚的に表示する．検索結果におけるノード数が一定以上であれば，Area-head のみ表示することで，領域的に把握を可能にする．
- *Display*
  パケットの必要なアドレス部分を利用し，不必要なパケットは破棄することで，目的のセンサノード群とその上位階層の Area-head のみを表示させる．結果，処理の軽減を実現できる．Group 機能を利用し，下位層のノード数に応じたノード表示形態の変更，指定したグループの強調表示を実現する(図 d)．また，異状検知といった動的なセンサノード情報に対応し，ノード表示形態の変化を実現する視覚化を行う(図 c)．

4. 比較

2 章で示したシステムと FSM との比較を行う．以下に 3 つの観点から考察し，表 1 に比較結果を示す．

表 1 に示す局所性とは，利用者の扱いやすい縮尺で複雑なネットワークを局所的に表示できるかという目安とする．Surge では，目的とする情報取得は行えない．Cougar，TinyDB では，SQL により，一部分の情報を得ることが可能である．しかし，大規模なネットワークでは，部分的な情報を取得した結果のノード数が多量となり，複雑な表示となる場合がある．FSM は，Zoom 機能，Group 機能を利用することで，取得結果のノード数に左右されることのない部分的表示が可能である．

表１．各システムとの比較

システム名	局所性	拡張性	利便性
Surge	低	中	低
Cougar	中	高	高
TinyDB	中	高	中
FSM	高	高	高

拡張性では，ノード数が増加しても，複雑な表示とならず GUI 環境を維持できるかということを評価した．Surge は，自動的にノードを発見し表示することができる．しかし，多量のノードを表示させなければならない場合，複雑な表示になってしまう．Cougar，TinyDB では，SQL を用いた情報取得が可能なことから，ノード数が増加しても対応できる．FSM では，Zoom 機能，Group 機能を用いることにより，グループ化を施し，拡大縮小表示が行える．このことから，どのような規模のノード数でも対応可能である．

利便性では，GUI 環境を使用することによる利便性を評価した．例として，指定した情報を取得する際の操作のし易さを挙げる．Surge では，集約された情報から，トポロジやセンシングデータ等を表示するだけに留まる．Cougar では，マップを用いて，範囲を指定し，情報を取得することができる．TinyDB では，SQL を用いて情報の取得ができるが，目的とする領域等の指定の際に，視覚的に指定を行えない．FSM では，Search を行う際，視覚的な条件指定による情報取得が可能である．

5. おわりに

本稿では，SAMON のシステムを利用し，拡大縮小表示，ノード群のグループ化を行うことにより，ネットワークの規模に左右されない GUI を設計した．今後の課題として，GUI 表示において，膨大なデータを集約する必要があるため，部分的に負担が過度にかかってしまうノード群が存在する．そこで，上位層に向かう毎に，送信すべきパケットを圧縮し，負担を軽減するといった工夫を施す必要がある．その際，受信毎に変化するパケット内のデータを柔軟に取得し表示する機能の拡張を行う．

参考文献

[1] Crossbow Technology: Surge: a network analysis tool.
[2] Sam Madden, Joe Hellerstein, Wei Hong: TinyDB : in-network query processing in TinyOS, *Intel Research*, 2002.
[3] Wai Fu Fung, David Sun, Johannes Gehrke: Cougar: the network is the database, *ACM SIGMOD*, 2002.
[4] 牧村和慶，斉藤裕樹，戸辺義人：センサネットワーク階層的領域管理システム，センサネットワーク時限研究専門委員会，2004.