

## センサーネットワークと監視カメラを用いた 消火活動支援システムの提案

A proposal on fire fighting support system using sensor networks and surveillance cameras

野飼 雅弘†

Masahiro Nogai

Yasmin Rubaiyat†

Yasmin Rubaiyat

大谷 淳†

Jun Ohya

### 1. まえがき

災害時などにおいて消防士のいない離れた場所で火災が発生する場合や構造物内で火災が発生した場合に煙などで視界不良となることが考えられる。また消火活動に使用していた携帯無線機では多くの部隊が限られた周波数帯を同時に使用したため混信し通信システムとし機能しなくなったことがある。これらの問題は限られた周波数帯に主に音声などの大きな情報を伝送し輻輳を起こしてしまっていることなどや構造物内の火災状況の情報不足などが挙げられる。そこで本研究では、センサーネットワークを構築し構造物内のセンサー情報の収集や火災状況などを監視カメラなどの情報と合わせ、データとして送信し有効に帯域を利用できる新しい消火活動支援システムを提案し、その構築を行う[1]。

### 2. センサーネットワーク

センサーネットワークとは通信機能を持つセンサーを設置し、建物の管理や環境の観測などに使用するシステムの中で、その中でマルチホップネットワークなどを利用したワイヤレスセンサーネットワークが注目されている。センサーネットワークで利用されるデータは温度、湿度、光、音など非常に小さいものであり、センサーノードは人間の立ち入りにくく電源の交換が難しい場所などに設置されることがあり、多数のセンサーノードを管理しなければならないことがあり、省電力で長時間駆動することが重要である。現在では Zigbee や Bluetooth などが上げられるがその中でも U.C パークレー校が開発した MOTE[3]と呼ばれる無線センサーが注目を浴びている、MOTE は Zigbee、Bluetooth と比べると通信速度は遅いものの (Fig.1)、省電力に特化した専用の TinyOS[4]と呼ばれる OS を搭載しており、センサーネットワークを構築するに適していると考えられる。

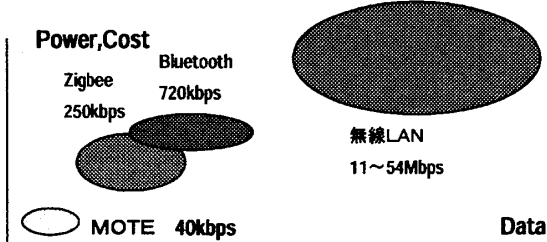


Fig.1 ノードの比較

### 3.MOTE

#### 3.1 MOTE の仕様

本システムのセンサーネットワークシステムには CROSSBOW 社の MOTE をモデルに使用する (表 1)、

†早稲田大学大学院国際情報通信研究科

MOTE は現在日本で使用する場合 315MHz の微弱電力で通信を行う必要があるが、可能な限り省電力で運用を行っていくことを想定しているためこの点は問題ないと考えられる。マニュアルによるとおおよその通信距離は室内で 10m 以下ならば可能であると書かれている。我々はまず本学において MOTE を使用し通信品質の測定を行った。

表1: MOTE の仕様

CPU Speed (MHz)	7.4 MHzAtmel microprocessor
プログラムメモリ	128 KB
データメモリ	512 KB
AD Converter	10 bit
周波数	315 MHz
外形寸法	55 × 32 × 25 (mm)

#### 3.2 MOTE の通信実験

実験環境は本学 (鉄筋コンクリート製) で1分間に 1000 パケット送信するプログラムを製作し、受信したパケットをカウントする、MOTE 間の距離を 1m ごと 20m まで変化させ測定した結果を以下に示す。

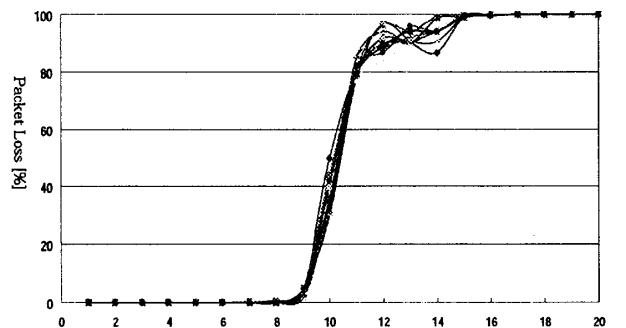


Fig.2 MOTE の通信品質

Fig.2 より MOTE は一定の距離を越えると急激にパケットの損失が起こる。またある地点ではパケットの損失率が不安定に変動している地点があるが、これは複雑に電波が反射し互いに干渉しているフェージングが起こっていると考えられる。このためノードを取り付けた位置に関係なく電波状況が変化してしまうと考えられ、実空間上で明確な通信保障をすることは難しい。しかし今回の実験では MOTE 間の距離が 8m 以内の場合にはほとんどパケットの損失が起こらないことが確認された。

#### 4. センサーネットワークの構築

先にも述べたようにセンサーネットワークで流される情報はごく小さいものである。しかしながら多くのノードを配置した場合、各ノードが無秩序データを送信したのでは効

率の悪い帯域利用になる。そこで我々は構造物内でのシステムに有効なネットワーク手法を提案する。

4.1 建築物内で想定される状況

- 1) 建築物各所に設置されたノードは位置が既知であり動くことはない。
- 2) 動的ノードより、静的ノードの数のほうが多い。
- 3) 動的ノードの動く速度は3~5km/hと推定される。
- 4) 比較的安定した電力を供給することができ、安定した電波出力を確保できる。
- 5) 以上の条件より AODV など複雑なルーティングを必要としない。

4.2 クラスタリング

MOTE は帯域も狭くスケラビリティの点で問題がある。そこである一定のホップ数でノードをひとつのクラスタとして形成し、各クラスタには情報配信収集の中心となるセンターノードを配置する(Fig.3)。センサー情報などは一度センターノードに集められ、そこで一旦情報の加工を行い、次のクラスタに送信される。違うクラスタへの情報の送受信は、一度センターノードに送られそこから相手先のノードに送信されることになる。

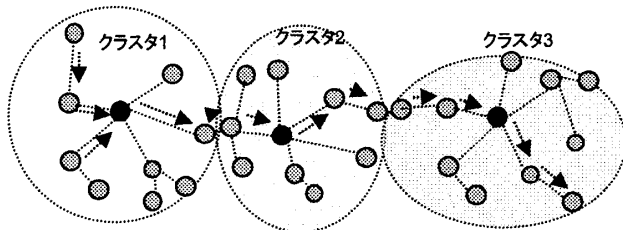


Fig.3 クラスタ

この方法は建築物内ではノードの位置が既知の場合が多くノードの移動も少ないので非常に有効であると考えられる。しかしながらこの手法を用いたとしても、大型の構造物ではクラスタ数が増大し、トラフィックが増加してしまいMOTEなどのセンサーネットワークの帯域では通信が困難な状況になってしまう。そこで近年ほとんどの建物にLANなどのインフラが整備されていると考えられるので、これらの環境にセンサーネットワークをリンクさせ、さらに高度なネットワークシステムを構築していくべきだと考えられる。

4.3 LAN-クラスタ

Fig.4 のように LAN GateWay 機能を持ったクラスタの周囲いくつかのクラスタを一つの LAN クラスタとする。LAN クラスタは主にノード情報をノード情報サーバに送信し各ノードの位置情報を把握することが可能となる。

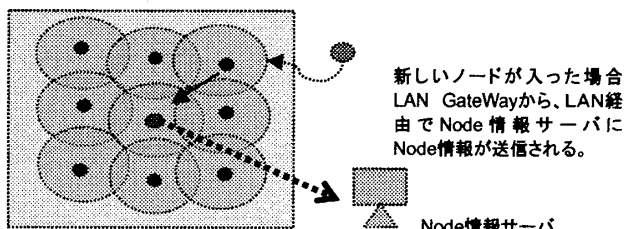
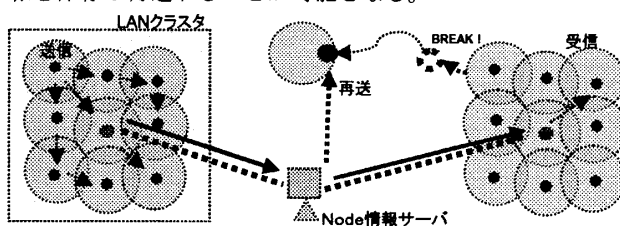


Fig.4 LAN クラスタ

ノード情報サーバ(Fig.5)を置くことで遠く離れたノードに送信する際、ホップ数の増加を抑えることができる。また、目的のノードが動いてしまい、一時的に見失ったとしても、

次に目的のノードが発見されるまでノード情報サーバに情報を保存し再送することが可能となる。



送信ノードはまず、LANクラスタ内を検索、そこで見つからなければ、ノード情報サーバに問い合わせ、そこからLAN経由で受信ノードに送信する。

Fig.5 ノード情報サーバ

本システムは屋内空間での使用を想定し、火災の発見・延焼情報の取得、最適非難ルートの発見、監視カメラに映った煙の挙動の解析を行い煙の流れる方向を予測する画像処理システムと融合させる[2]。

統合的な消火活動の支援システムを Fig.6 に示す。

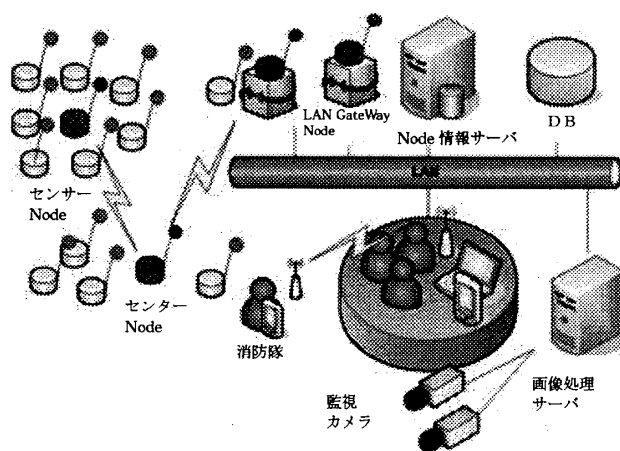


Fig.6 消火活動支援システム

救助隊員を中心としたネットワークを構築する。これは火災などでMOTEの焼失や通信ケーブルの寸断などが想定され、従来の中央監視システムを中心とした場合では、最悪の場合中央監視システムのすべての機能を喪失してしまう可能性がある。救助隊員を中心としたネットワークを組んだ場合、救助隊員自らがMOTEを設置して、新たに別のネットワークを構築することが可能であるため、救助隊自らがノード情報サーバとなることもできより柔軟で生存率の高いネットワークを構築することができる。

5.まとめ

本稿では、センサーネットワークと監視カメラを融合した新しい消火活動支援システムを提案した。今後はセンサーネットワークのシミュレーション及び実験システムの開発を行っていく予定である。

参考文献

[1] Yasmin Rubaiyat, Jun Ohya, Yoshimitsu Aoki "A Study on MOTES to Assist Fire Extinguishing System" ,IEICE2005  
 [2] Yasmin Rubaiyat,小池,青木,大谷,高木"Fundamentals of RFID and its Application Analysis in Smoky Area",FIT 2004  
 [3] [http://www.xbow.com/Industry\\_solutions/RFID.htm](http://www.xbow.com/Industry_solutions/RFID.htm)  
 [4] <http://www.tinyos.net/>