

センサネットワークのための オンデマンドアドレス割当方式の実装と評価

茂木 信二[†] 吉原 貴仁[†] 堀内 浩規[†]

(株)KDDI 研究所[†]

1. はじめに

イベントの検出を契機に画像センサを具備するノードから画像データの収集を行なうセンサネットワークが注目されている[1]. 画像データのサイズは、ネットワークの MTU(Maximum Transmission Unit)に比べ一般に大きいため、複数のパケットに分割して情報収集を行なうシンクに送信される. シンクが、送信途中で欠落したパケットを送信元のセンサノードに要求するためには、そのノードをネットワーク内で一意に特定するアドレスが割当てられていなければならない. 手動によるアドレス割当ての手間を省く従来のアドレス自動割当方式では、割当てるアドレスの重複検知に用いる制御メッセージ数が多くセンサノードの電力を消費してしまう課題があった. そこで筆者らは、イベントを検出したノードのみに一時的なアドレス(以下、AC アドレスと呼ぶ)を割当てるオンデマンドアドレス割当方式を提案している[2].

本稿では、提案方式に基づくシステムを実装し、提案方式の制御メッセージ数とアドレス割当ての処理時間の観点から評価した結果を述べる.

2. システムの実装

2.1 実現するアプリケーションとシステム構成

センサネットワークを利用した防犯を想定したアプリケーションを実現する. センサノードを分散配置したモニタ領域への侵入物を検出し(図 1(1)), その時の様子を撮影した画像データを複数のパケットに分割してマルチホップでシンクまで送信する(図 1(2)). シンクは、インターネット上の PC や携帯電話等のユーザ端末に受信パケットから復元した画像データを検出結果として電子メールで通知する(図 1(3)). なお、防犯アプリケーションにおいてセンサネットワークに求められる要件の 1 つとして、移動する侵入物がモニタ領域を通過しない間に検出結果の通知をシンクに迅速に行うことが挙げられる.

2.2 実装概要

(1) シンクおよびセンサノードに利用するハードウェアは kubit のゲートウェイ親機[3]とする. 本親機は赤外線を用いた人感センサを具備しており、画像センサ (CCD カメラ) を本機に取付ける.
(2) OS (Operating System) は組み込み Linux (kernel 2.4.19) とする. 用いる IP のバージョンは 4 とし、利用するアドレス空間は 169.254/16 とする. OS 等は CF (Compact Flash) に格納する.

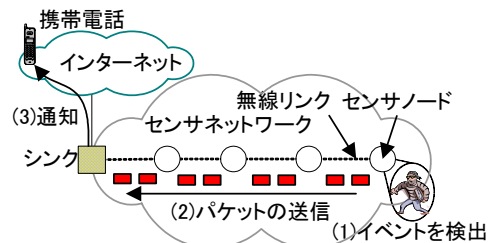


図1 システムの構成と手順の概要

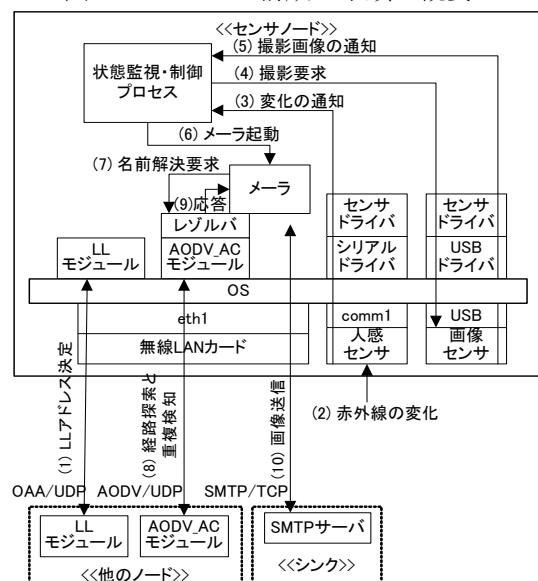


図2 センサノードのソフトウェア構成と処理手順.

(3) センサネットワークは、アドホックモードのIEEE802.11bを用いて構成する.

(4) ルーティングプロトコルには、AODV(Ad hoc on-demand distance vector routing)を用い、経路探索に重複検知を行う処理を追加する.

(5) センサノードには、画像をSMTP(Simple Mail Transfer Protocol)を用いて送信するメーラを実装し、シンクにはSMTPサーバを実装する.

2.3 ソフトウェア構成と処理手順

図2にセンサノードのソフトウェア構成と処理手順を示す. パケットの中継時に必要となる隣接ノードを識別するためのアドレス(以下、LLアドレスと呼ぶ)の割当てを行うLLモジュールを起動時に実行する(図2(1)). LLアドレスを割当てた後から状態監視・制御プロセスは、人感センサの状態変化を監視する. 人感センサが赤外線の変化を検出すると(図2(2)), 状態監視・制御プロセスに変化を通知する(図2(3)). これを契機に状態監視・制御プロセスは画像センサに対して画像の撮影を要求し(図2(4)), 画像を取得する(図2(5)). 状態監視・制御プロセスはメーラを起動

し(図2(6)), メーラはSMTPサーバの名前解決をレゾルバに要求する(図2(7)). レゾルバは, AODV_ACモジュールに対してACアドレスの割当てを併せて行う経路探索(図2(8))を要求し, シンクのIPアドレスをメーラに応答する(図2(9)). その後メーラは画像を添付した電子メールをシンクのSMTPサーバに向かって送信する(図2(10)).

3. 評価

3.1 シミュレーションを用いた評価

提案方式において, ACアドレスの割当ては経路探索に併合されるため, ACアドレスを割当てする特定の制御メッセージは利用されない. 提案方式による主な電力消費量は, LLアドレスの割当てに用いる制御メッセージの送受信回数に換算される. 一方, 割当て直後から恒久的に利用可能なアドレスを全ノードに割当てする従来方式[4]では, そのような恒久的なアドレスの割当てに用いる制御メッセージ数が電量消費量に換算される. シミュレーションを用いて電力消費の抑制の観点から提案方式の有効性の評価を行う.

ノード数は1600ノードとし, 40×40 の格子上の任意の位置にノードを順に配置する. LLアドレスのアドレス空間は, 格子の構成で隣接ノードを識別する最小の空間となる1から13までの整数とする. 従来方式は, 所定のアドレス空間から選んだアドレスをネットワーク全体への広報を用いた重複検知を行った後に割当てする. 従来方式が用いるアドレス空間は, すべてのノードにアドレスを割当てることができる最小の空間となる1から1600までの整数とする.

図3にすべてのノードを配置するまでの各時点の制御メッセージの送受信回数を示す. 従来方式は, ノード数が約900ノード以上から送受信回数が増大している. これは, 所定のアドレス空間から選んだアドレスの重複が, アドレスが割当て済みのノード数の増加に伴い多くなり, その結果, 広報する回数が増加したためと考えられる. 提案方式もノード数の増加に伴い制御メッセージの送受信回数が増加している. これはLLアドレスの割当てに用いる制御メッセージを送受信する隣接ノード数が, ノード数の増加に伴って増えたためと考えられる. しかしながら, その回数は従来方式に比べ十分に小さい.

3.2 実装システムを用いた評価

ACアドレスを割当てする際に, その重複検知を行う処理を経路探索に追加することで増加する処理時間を評価する. 比較のため, 重複検知を伴わない通常の経路探索時間を評価する. 評価は, ACノードからシンクまでのホップ数が1, 2, 3および4ホップの場合について行う. なお, 屋内の実験室で測定するにあたり, MACフィルタを適用することでマルチホップでの通信を行う.

図4に, 10回の評価結果の平均値を示す. 提案方式は, 重複検知を行う処理を追加しているため通常の経路探索に比べ処理時間が増加している. 例えば, ホップ数が4のときの増分は, 0.066 sec

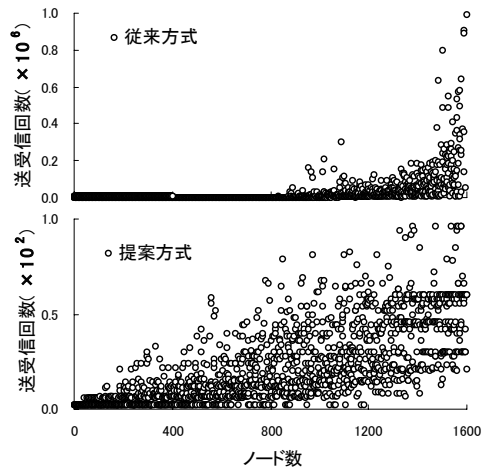


図3 制御メッセージの送受信回数

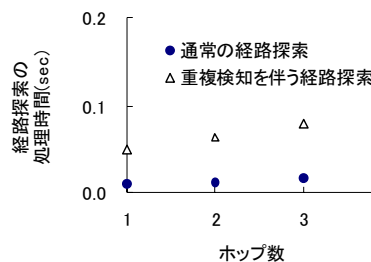


図4 経路探索の処理時間の評価結果.

(= 0.092 sec - 0.026 sec)である. その間に100 mを20 sec程度で移動する走行速度5 m/secの侵入物の移動距離は33 cmとなる. 2.1節の防犯アプリケーションでは侵入物がモニタ領域を通過しない間に検出結果の通知をシンクに迅速に行うことがセンサネットワークに求められる. 検出した侵入物は, ACアドレスの割当てにより増加した処理時間内でほとんど移動していないと言えることから, その程度の処理時間の増加は許容できると考えられる. よって, 実用的な処理時間を達成している提案方式は有効と言える.

4. まとめ

本稿では, 提案方式に基づくシステムを実装し, 提案方式の制御メッセージ数とアドレス割当ての処理時間の観点からの評価結果を述べた. 日頃ご指導いただく(株)KDDI 研究所 浅見所長, ならびに長谷川執行役員に感謝する. なお本研究の一部は, 総務省委託研究「ユビキタスネットワーク技術の研究開発」により実施している.

参考文献

- [1] UCLA CENS(Center for Embedded Networked Sensing) project, Low Power Imaging Network (CameraNet), <http://www.cens.ucla.edu/>.
- [2] 茂木ほか: イベント駆動型のセンサネットワークのためのオンデマンドアドレス割当て方式の提案, 信学技報, Vol.103 No.689, IN2003-216, pp.43-48(2004).
- [3] 吉原ほか: センシングとコントロールを実現するユビキタスノード“kubit”の設計と実装, 情処研報, Vol.2003-UBI, No.2-31(2003).
- [4] Perkins, C.E. et al.: IP Address Autoconfiguration for Ad Hoc Networks, IETF Internet Draft (draft-ietf-manet-autoconf-01.txt)(2001). work in progress.