5U-01

盗聴困難な無線マルチホップ配送のためのノイズ信号送信手法

嶋田勇 † 桧垣博章 †

† 東京電機大学大学院 未来科学研究科 ロボット・メカトロニクス学専攻

1 はじめに

無線マルチホップ配送経路は, 中継無線ノードの列として構成され, 各中継無線ノードは, その前ホップ中継無線ノードから転送されたデータメッセージをその次ホップ中継無線ノードへと転送する. ここで, 各中継無線ノードがデータメッセージを転送する際には, 無指向性アンテナを用いてデータメッセージを含む無線信号をブロードキャスト送信することから, 無線信号到達範囲に含まれるすべての無線ノードがこのデータメッセージを傍受することが可能である. つまり, 無線マルチホップ配送経路のいずれかの中継無線ノードの無線信号到達範囲に存在する盗聴無線ノードは, データメッセージを容易に傍受することができる.

2 関連研究

このような手法のひとつに, 意図的に送信されたノイズ無線信号とデータメッセージとの衝突によって盗聴無線ノードがデータメッセージを取得することを困難にする手法がある. 論文 [1] では, 送信無線ノード N_s から受信無線ノード N_r へのデータメッセージ転送において, 送信無線ノードが指向性アンテナを備えることによってビームフォーミングを実現することを前提として, N_r の近隣に位置する盗聴無線ノードがデータメッセージを傍受することを困難にする手法を提案している. しかし, N_s に指向性アンテナが備えられていることを前提としている点, N_r に信号処理を行なうために十分な計算資源が備えられていることを前提としている点が問題である.

3 提案手法

無線マルチホップ配送経路の中継無線ノード N_i から次ホップ中継無線ノード N_{i+1} へのデータメッセージ m の転送では, N_{i+1} は N_i の無線信号到達範囲に含まれている. ここで, N_i から N_{i+1} へ送信されるデータメッセージ m は、N_i の無線信号到達範囲内にブロードキャスト送信されることから, この無線信号到達範囲に含まれるすべての隣接無線ノード N が m を受信することができる. すなわち, いずれかの隣接無線ノード N が盗聴無線ノードであるならば, N は m を受信することができる. N による m の受信を困難にするために, N_i の近隣無線ノードがノイズ無線信号を送信する. ただし, ノイズ無線信号を送信することで盗聴を困難とすることができるのは、図 1 に示すように N_r 以外の N_s の隣接無線ノードにノイズ無線信号を到達させることができる無線ノードである. また, N_{i+1} は N_i から送信される m を受信することが必要であることから, いかなるノイズ無線信号も N_{i+1} に到達してはならない. そこで, N_{i+1} の隣接無線ノードはノイズ無線信号を送信しないこととする.

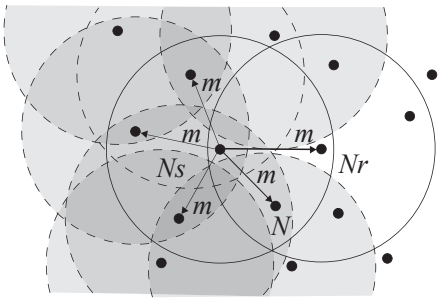

図 1: 隣接無線ノードによるノイズ無線信号送信

[**ノイズ無線信号送信無線ノード** N_j]

1. N_j は N_i の隣接無線ノードであり, N_{i+1} の隣接無線ノードではない.
2. N_j は N_i と N_{i+1} のいずれの隣接無線ノードでもなく, かつ, N_i と N_{i+1} の 2 ホップ隣接無線ノードである.

ノイズ無線信号を送信する無線ノードの決定には, AODV を基礎として, 経路探索要求メッセージ *Rreq* のフラッディングと経路探索応答メッセージ *Rrep* に加えて, *Rrep* メッセージのユニキャスト返送の際に追加の制御メッセージを用いることによって実現する.

図 2 に示すように, 中継無線ノード N_i がその前ホップ中継無線ノード N_{i-1} へと *Rrep* 制御メッセージを送信するとき, N_i の隣接無線ノードは N_i^n はこの *Rrep*

Wireless Noise message transmission for secure ad-hoc networks

Isamu SHIMADA†and Hiroaki HIGAKI†
†Department of Robotics and Mechatoronics, Tokyo Denki University
120-8551, Toukyou, Japan
{shimada, hig}@higlab.net

Copyright ©2018 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

制御メッセージを傍受することができる．このとき，N_i^n はノイズ無線信号送信要求制御メッセージ $Jreq(i)$ をブロードキャスト送信する．このプロトコルにより，N_i が N_{i-1} へユニキャスト送信した $Rrep$ 制御メッセージを受信したが，N_{i+1} が N_i へユニキャスト送信した $Rrep$ 制御メッセージを受信しなかった無線ノードは，N_i から N_{i+1} へのデータメッセージ転送時にノイズ無線信号を送信するノードとなる．また，N_i の隣接無線ノードと N_{i+1} の隣接無線ノードとがそれぞれ送信した $Jreq(i)$ 制御メッセージと $Jreq(i+1)$ 制御メッセージの両方を受信した無線ノードも，N_i から N_{i+1} へのデータメッセージ転送時にノイズ無線信号を送信するノードとなる．

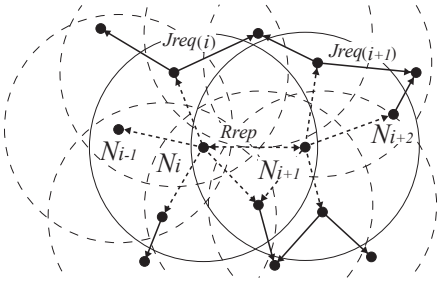

図 2: ノイズ無線信号送信ノード選択プロトコル

[ノイズ無線信号送信無線ノード選択プロトコル]

1. 中継無線ノード N_i がブロードキャスト送信した $Rrep$ メッセージを受信した N_i の隣接無線ノード N は，$Jreq(i)$ メッセージをブロードキャスト送信する．
2. N_i がブロードキャスト送信した $Rrep$ メッセージを受信し，N_{i+1} がブロードキャスト送信した $Rrep$ メッセージを受信していない無線ノード N は，N_i が N_{i+1} にデータメッセージを転送する際にノイズ無線信号を送信する．
3. いずれの $Rrep$ メッセージも受信せず，かつ，$Jreq(i)$ と $Jreq(i+1)$ の両方を受信した無線ノード N は，N_i が N_{i+1} にデータメッセージを転送する際にノイズ無線信号を送信する.□

4 評価

本論文では，無線マルチホップ配送に対して提案手法を適用した場合についてシミュレーション実験評価を行なう．ここでは一辺700mの正方形領域に無線信号到達距離50mの無線ノード 100–1000台を一様分布によりランダムに配置する．ただし，送信元無線ノードと送信先無線ノードの座標はそれぞれ(200,200), (500,500)で固定する．1,000通りの異なる無線ノード配置に対して，それぞれの配送経路における各中継無線ノードの無線信号到達範囲に対するノイズ無線信号到達範囲による被覆率を，(1) 中継無線ノードの1ホップ隣接無線ノードのみからノイズ無線信号を送信した場合，(2) 中継無線ノードの1ホップ隣接無線ノードとそれに隣接する2ホップ隣接無線ノードからノイズ無線信号を送信した場合 (本論文の提案手法)，の2通りについて評価した．

評価実験結果を図3に示す．1ホップ隣接無線ノードのみからノイズ無線信号を送信した場合に注目すると，隣接無線ノード数が大きくなるほどノイズ無線信号送信ノード数も大きくなり被覆率が高くなる．また，配送経路の形状によってデータメッセージ転送と衝突することなくノイズ無線信号を送信できる1ホップ隣接無線ノードが少ない転送が発生するため，被覆率の分散が大きい．これに対し，2つの中継無線ノードに共通の2ホップ隣接無線ノードからのノイズ無線信号送信を行なう手法では，2ホップ隣接無線ノードからのノイズ無線信号送信によってそれぞれの平均隣接無線ノード数に対する被覆率が11%高くなっている．さらに，配送経路の形状による被覆率の分散が縮小されていることがわかる．2つの中継無線ノードの共通の無線信号到達範囲における被覆率の分散は，2つの中継無線ノードの無線信号到達範囲に含まれない2ホップ隣接無線ノードからのノイズ無線信号送信によって改善されており，ノードの配置の変化に対して安定した被覆率の実験が可能となっていることがわかる．

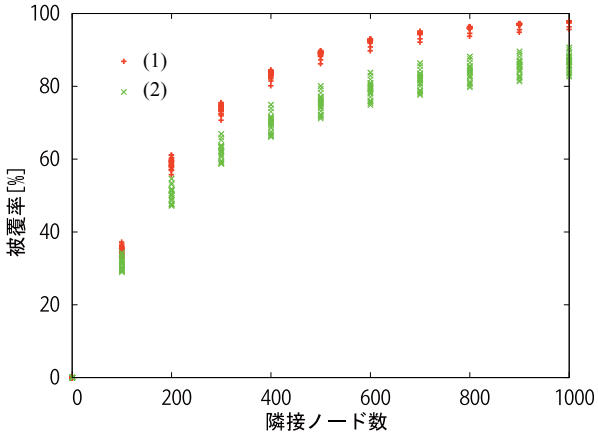

図 3: ノイズ無線信号到達範囲による被覆率

参考文献

[1] He, X. and Yener, A., “Two-Hop Secure Communication Using an Untrusted Relay: A Case for Cooperative Jamming,” Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference (2008).

Copyright ©2018 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.