Vol.2017-HCI-175 No.15
Vol.2017-UBI-56 No.15
2017/11/2

無線マルチホップネットワークにおける双方向のデータメッセージ群配送のためのネットワークコーディング通信手法

青井 雄亮[1,a)]　桧垣 博章[1,b)]

概要：無線マルチホップ配送経路を双方向にデータメッセージ群が配送される場合, それぞれの方向に配送されるデータメッセージが中継無線ノードに保持される頻度が高くなることが考えられる. そこで, 中継無線ノードのデータメッセージ転送にネットワークコーディングを導入することによって各データメッセージの配送遅延の短縮, エンドエンドのデータメッセージ配送スループットの向上が期待される. しかし, 無線マルチホップ配送経路に沿ってデータメッセージ群を配送する場合, 各中継無線ノードはその前後2ホップの中継無線ノードのメッセージ送信を抑制することでデータメッセージと他のメッセージとの衝突 (経路内衝突) を回避することが必要である. そのために RTS/CTS 制御の導入が求められるが, RTS 制御メッセージ, CTS 制御メッセージ, ACK 制御メッセージの交換方法はデータメッセージのユニキャスト送信を前提に設計されており, 双方向に転送されるデータメッセージをネットワークコーディングを適用して転送する場合を対象として設計された従来手法では, 制御メッセージの配送手順が延長しており, データメッセージの配送性能の低下が避けられない. 本論文では, 制御メッセージの配送手順の延長を回避するために, CTS 制御メッセージと ACK 制御メッセージの衝突の検知をもってこれらの正しい配送を判断する手法を提案する. さらに, ネットワークコーディングされたデータメッセージを受信した次ホップ中継無線ノードが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時間オーバヘッドを削減するために, ACK 制御メッセージに RTS 制御メッセージを重畳する手法を CTS 制御メッセージと ACK 制御メッセージの衝突検知を行なう提案手法と整合させる手法を提案する.

キーワード：無線マルチホップ配送, 双方向通信, RTS/CTS 制御, 衝突.

1. はじめに

無線通信デバイスを備えた多数の無線ノードから構成される無線アドホックネットワーク, 無線メッシュネットワーク, 無線センサネットワークでは, 複数の無線ノードが同時に送信する無線信号の衝突による配送遅延延長の回避, 各無線ノードにおける無線信号の送受信に要する電力消費の削減, 広域に分布する多数の無線ノードから構成されるネットワークにおけるデータメッセージ配送到達性の向上を目的として, データメッセージの無線マルチホップ配送が用いられる. 無線マルチホップ配送では, 中継無線ノードの列からなる無線マルチホップ配送経路に沿って, 中継無線ノードが順次データメッセージを転送することで, 送信元無線ノードから送信先無線ノードへのデータメッセージの転送を実現する. すなわち, 送信元無線ノード $N^s = N_0$ から送信先無線ノード $N^d = N_n$ までの無線マルチホップ配送経路 $||N_0 \dots N_n\rangle\rangle$ に沿ったデータメッセージ配送では, 各中継無線ノード N_i $(1 \leq i \leq n-1)$ がその前ホップ無線ノード N_{i-1} から受信したデータメッセージをその次ホップ無線ノード N_{i+1} へと転送する. このとき, N_i は N_{i-1} の無線信号到達範囲に含まれ, N_{i+1} は N_i の無線信号到達範囲に含まれることは必須である. さらに, IEEE802.11[7], Zigbee[8], Bluetooth[6] などの無線 LAN プロトコルを適用した無線マルチホップネットワークでは, 隣接中継無線ノード間でホップごとの受信確認を行なうことが一般的である. つまり, N_{i-1} から N_i へのデータメッセージ転送では, N_i がデータメッセージの受信確認のための制御メッセージを N_{i-1} へと返送し, N_i から N_{i+1} へのデータメッセージ転送では, N_{i+1} がデータメッセージの受信確認のための制御メッセージを N_i へと返送する. したがって, N_{i-1} は N_i の無線信号到達範囲に含まれ, N_i は N_{i+1} の無線信号到達範囲に含まれることから, $N^d = N_n$ から $N^s = N_0$ への無線マルチホップ配送経路 $||N_n \dots N_0\rangle\rangle$ も存在するこ

[1] 東京電機大学
Tokyo Denki University, Adachi, Tokyo 120–8551, Japan
[a)] aoi@higlab.net
[b)] hig@higlab.net

© 2017 Information Processing Society of Japan

ととなる. これによって, 無線マルチホップネットワークは, 要求/応答メッセージを交換することを基礎とするクライアントサーバ型アプリケーションのみならず, 双方向に同時並行にメッセージを交換することを基礎とするP2P型アプリケーションをも支援することができる. 特に, 音声, 静止画像, 動画像等のマルチメディアデータを無線ノード間で双方向に交換するP2P型アプリケーションにおいては, 送信元無線ノードと送信先無線ノードとの間で双方向に複数のデータメッセージ群を交換することとなる. データメッセージ群の無線マルチホップ配送では, 連続して配送されるデータメッセージの衝突による配送遅延の延長が問題となる. 図1に示すように, N_{i+1} が N_{i+2} へと転送するデータメッセージを含む無線信号は N_i にも到達することから, N_{i-1} が N_i へと転送するデータメッセージを含む無線信号と N_i において衝突し, そのデータメッセージの受信に失敗する. 図1に示すように, N_{i+1} が N_{i+2} へと転送するデータメッセージを含む無線信号は N_i にも到達することから, N_{i-1} が N_i へと転送するデータメッセージを含む無線信号と N_{i+1} が N_{i+2} へと転送するデータメッセージを含む無線信号が N_i において衝突し, そのデータメッセージの受信に失敗する. このような隠れ端末問題によって発生する無線信号の衝突によって, データメッセージ転送に要する時間が延長し, 送信元無線ノードから送信先無線ノードへの無線マルチホップ配送の遅延が延長する. さらに, 双方向に同時並行にデータメッセージを配送する場合には, 無線信号の衝突発生確率はより高いものとなる.

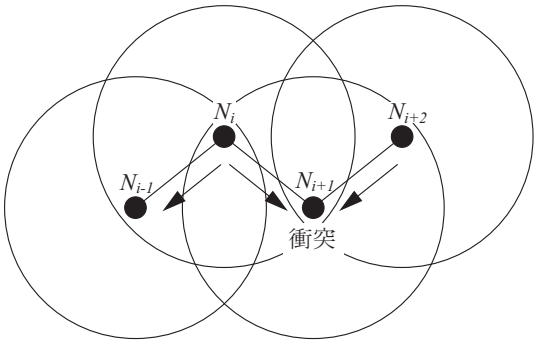

図 1 無線マルチホップ配送における隠れ端末問題による無線信号の衝突.

データメッセージ群の双方向の無線マルチホップ配送性能を改善する手法としてネットワークコーディングが提案されている [2]. 図2に示すように, N_i が N_{i-1} から受信したデータメッセージ m_f と N_{i+1} から受信したデータメッセージ m_b から導出したデータメッセージ m_e を N_i がブロードキャスト転送により N_{i-1} と N_{i+1} へと転送する. m_e を受信した N_{i-1} は, 受信した m_e と自身が転送した m_f から m_b を導出する. また, m_e を受信した N_{i+1} は, 受信した m_e と自身が転送した m_b から m_f を導出する. これによって, m_f と m_b を N_i がそれぞれ独立に N_{i+1} と N_{i-1} へ転送する場合に比べて, 転送に要する時間を短縮することができる. ただし, 前述したような無線マルチホップ配送における隠れ端末問題によって発生する無線信号の衝突を回避するためには, RTS/CTS制御に要する制御メッセージの交換, 受信確認メッセージの交換を行なうことが必要であるが, ネットワークコーディングをともなうデータメッセージ転送においてもこれらがより小さな追加オーバヘッドで実現されることが求められる.

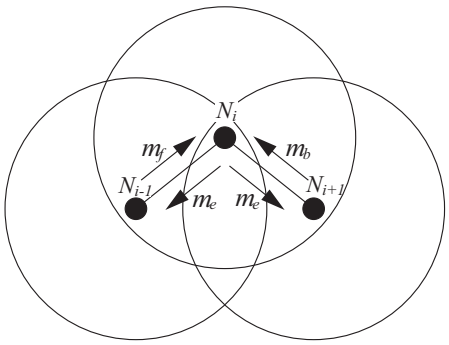

図 2 無線マルチホップ配送におけるネットワークコーディング.

本論文では, 双方向にデータメッセージ群を同時並行に無線マルチホップ配送する場合を対象として, 中継無線ノードにおいてデータメッセージのネットワークコーディングを行なう場合にデータメッセージの配送遅延の延長を抑制した制御メッセージの交換手法を提案する.

2. 関連研究

無線アドホック通信および無線マルチホップ通信においてネットワークコーディングを適用したデータメッセージ配送を行なう場合における, RTS制御メッセージ, CTS制御メッセージ, ACK制御メッセージの交換手法を提案している関連研究について述べる. ただし, ここでは無線マルチホップ配送に適用することを考慮して, 無線マルチホップ配送経路を構成する隣接無線ノード列 N_{i-1}, N_i, N_{i+1} を対象として説明する. すなわち, N_i は N_{i-1} から転送され N_{i+1} へと転送するデータメッセージと N_{i+1} から転送され N_{i-1} へと転送するデータメッセージとを保持しており, これらのデータメッセージをネットワークコーディングしたデータメッセージを N_{i-1} と N_{i+1} を転送先として自身の無線信号到達範囲へブロードキャスト送信する.

COPE[2] と IFNCPA[4] では, ACK制御メッセージの交換手法を提案している. N_i から転送されたデータメッセージを受信した N_{i-1} と N_{i+1} が SIFS インターバルを置いて直ちに ACK 制御メッセージを N_i へ返送すると, これらの ACK 制御メッセージは N_i で衝突し, N_i はこれを正

© 2017 Information Processing Society of Japan

しく受信することができない. この ACK 制御メッセージの N_i における衝突を回避するために, COPE では, N_{i-1} と N_{i+1} が次に N_i に転送するデータメッセージにピギーバックする手法を提案している (図 3). ただし, ACK 制御メッセージの返送タイミングがデータメッセージの転送要求発生タイミングに依存しているため, このような転送要求の発生間隔が長い場合には無用なデータメッセージの再送信が要求されるという問題がある.

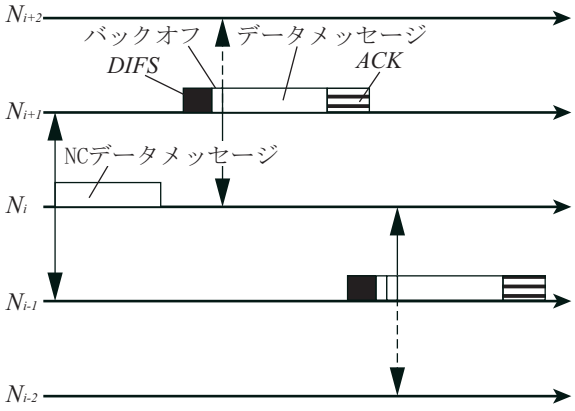

図 3 COPE における ACK のデータメッセージへのピギーバック.

データメッセージが無線マルチホップ配送経路に沿って配送されることから, N_{i-1} と N_{i+1} は受信したデータメッセージ (受信したネットワークコーディングされた データメッセージからデコードして得られた N_i から転送されたデータメッセージ) をそれぞれの次ホップ中継無線ノード N_{i-2} と N_{i+2} へと転送する. この転送されるデータメッセージを含む無線信号は N_i へも到達することから N_i はこのデータメッセージを傍受することが可能である. そこで, IFNCPA では, N_i がこれを傍受することによって, 自身が転送したネットワークコーディングされたデータメッセージが N_{i-1} と N_{i+1} によって正しく受信されたと判断する (図 4). 本手法は, COPE におけるピギーバックされた ACK 制御メッセージとは異なり, N_{i-1} と N_{i+1} によるデータメッセージの受信を一定時間以内に検知することが可能であり, 無用なデータメッセージの再送信を避けることができる. ただし, N_{i-1} と N_{i+1} による次ホップ中継無線ノードへのデータメッセージ転送はほぼ同じタイミングで要求されることが考えられ, その結果, N_{i-1} と N_{i+1} が転送したデータメッセージが N_i で衝突し, N_i が転送データメッセージの傍受に失敗する場合が考えられる.

無線マルチホップ配送でデータメッセージ群を配送する場合, 各中継無線ノードは前後 2 ホップ隣接中継無線ノードと互いに隠れ端末の関係になる. そのため, 無線マルチホップ配送経路に沿ってデータメッセージ群を配送する場

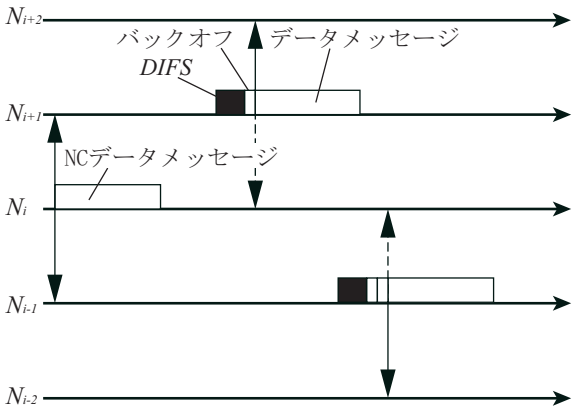

図 4 IFNCPA におけるデータメッセージの傍受による受信確認.

合, 隠れ端末問題によるデータメッセージの中継無線ノードにおける衝突を回避, 削減することが求められ, RTS/CTS 制御の導入が必要とされる. このとき, N_i から N_{i-1} と N_{i+1} への RTS 制御メッセージ送信はこれらを送信先として N_i の無線信号到達範囲にブロードキャスト送信することによって N_{i-1} と N_{i+1} が受信することが可能である. しかし, N_{i-1} と N_{i+1} がともに RTS 制御メッセージ受信後に SIFS インターバルを置いて直ちに CTS 制御メッセージを送信すると, これらの CTS 制御メッセージは N_i で衝突し, N_i はこれを正しく受信することができない. そこで, CSMA with RTS/CTS[5] および NC-MAC[1] では, RTS 制御メッセージに CTS 制御メッセージの送信順序に関わる情報を付与することによって, N_{i-1} と N_{i+1} とが送信する CTS 制御メッセージの N_i における衝突を回避している (図 5). ACK 制御メッセージについても同様にして N_i における衝突を回避することができるが, 制御メッセージの交換に要する時間が延長することによってエンドエンドのデータメッセージ配送スループットが低下する問題がある.

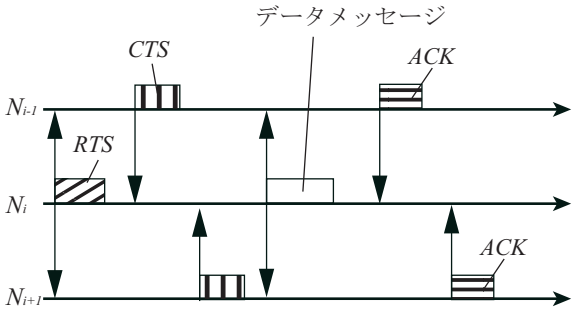

図 5 NC-MAC における CTS および ACK の衝突回避.

ARAR[3] は無線アドホック通信における隣接無線ノー

ドへのデータメッセージのマルチキャスト通信手法である. ここでは, 図 6 に示すように, 送信無線ノード N_0 がマルチキャスト送信する RTS 制御メッセージに対して, 受信無線ノード N_i が SIFS インターバルを置いて直ちに CTS 制御メッセージを送信する. 複数の受信無線ノードが CTS 制御メッセージを送信するならば, これらは N_0 において衝突を発生するが, 逆に N_0 は複数の受信ノードから CTS 制御メッセージが送信されたことを検知することが可能となる.

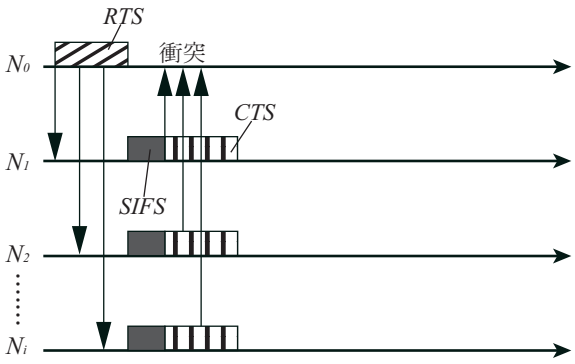

図 6 ARAR における CTS の衝突..

3. 提案手法

3.1 CTS および ACK の衝突による受理

双方向かつ同時並行にデータメッセージ群が無線マルチホップ配送される場合, 各隣接中継無線ノード間のデータメッセージ転送は半二重通信を基礎として行なわれることから, 無線マルチホップ配送経路を構成する多数の中継無線ノードにおいて, 双方向に転送するべきデータメッセージを一時的に保持することが考えられる. そのため, このような中継無線ノードが双方向に転送されるデータメッセージをネットワークコーディングして転送することによって, 各データメッセージのエンドエンドの配送遅延を短縮することやデータメッセージ群の配送スループットを改善することが期待される. ただし, 配送中のデータメッセージ群が多数存在する場合には, データメッセージを含む無線信号の衝突が発生する機会が増加することから, RTS/CTS 制御を用いて衝突を回避することが求められる. 一方で, ネットワークコーディングされたデータメッセージを転送する中継無線ノードは双方向の次ホップ中継無線ノードへとデータメッセージをブロードキャスト転送することから, これに適合する RTS/CTS 制御を行なわなければ制御メッセージ交換のオーバヘッドが拡大し, ネットワークコーディングを導入した効果が十分に得られないことが懸念される.

そこで, 本論文では, 無線アドホック通信におけるデータメッセージのブロードキャスト配送のために考案された ARAR[3] で用いられている, CTS 制御メッセージの衝突を活用する手法を CTS 制御メッセージと ACK 制御メッセージの配送に応用する手法を提案する. 図 7 に示すように, ネットワークコーディングされたデータメッセージを送信する中継無線ノード N_i は, データメッセージの転送先を双方向の次ホップ中継無線ノード N_{i-1} と N_{i+1} とした RTS 制御メッセージを自身の無線信号到達範囲にブロードキャスト送信する. この RTS 制御メッセージを受信した N_{i-1} と N_{i+1} は, N_i からのデータメッセージを受信することが可能な状態であるならば, SIFS インターバルの後に CTS 制御メッセージを N_i へユニキャスト送信する. RTS 制御メッセージを受信した N_i の隣接無線ノードのうち CTS 制御メッセージを送信するのは N_{i-1} と N_{i+1} のみであることから, N_i が RTS 制御メッセージを送信した後のパターンとして以下の場合が考えられる.

- N_{i-1} と N_{i+1} がともに CTS 制御メッセージを送信する.
- N_{i-1} と N_{i+1} のいずれかのみが CTS 制御メッセージを送信する.
- N_{i-1} と N_{i+1} のいずれも CTS 制御メッセージを送信しない.

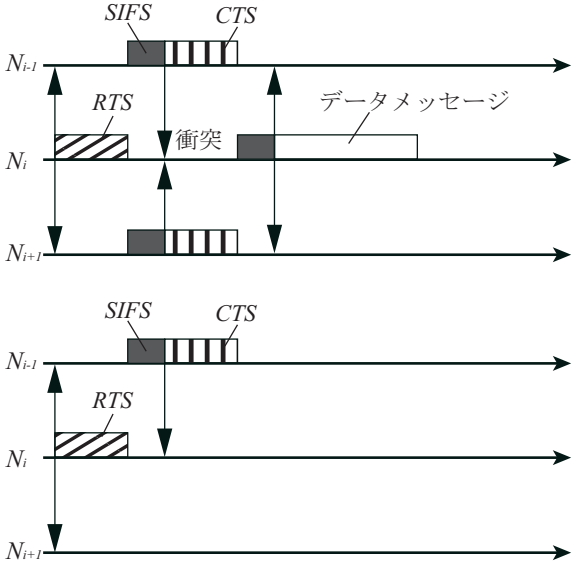

図 7 CTS 制御メッセージの衝突による受理.

N_{i-1} と N_{i+1} がともに CTS 制御メッセージを送信する場合, これらの制御メッセージは N_i において衝突する. ただし, 残りの 2 つのいずれの場合でも N_i において CTS 制御メッセージが衝突することはないことから, この衝突を検出することによって N_i は N_{i-1} と N_{i+1} がともに CTS 制御メッセージを送信したものと判断することができる. そのため, N_i は CTS の衝突を検出した場合ネットワークコーディングされたデータメッセージを N_{i-1} と N_{i+1} を

© 2017 Information Processing Society of Japan

送信先として自身の無線信号到達範囲にブロードキャスト送信する.

一方, N_{i-1} と N_{i+1} のいずれかのみが CTS 制御メッセージを送信する場合, N_i はこの CTS 制御メッセージを他の CTS 制御メッセージと衝突することなく受信する. 衝突が発生しなかったことから, 受信した CTS 制御メッセージのみが送信されたと判断できるため, CTS 制御メッセージを送信した次ホップ中継無線ノードにのみデータメッセージを送信する. このデータメッセージは, ネットワークコーディングされたデータメッセージであってもこの CTS 制御メッセージを送信した中継無線ノードを次ホップ中継無線ノードとするデータメッセージであっても受理される. なお, N_{i-1} と N_{i+1} のいずれも CTS 制御メッセージを送信しない場合には, N_i が DIFS インターバルの後に RTS 制御メッセージを再送信する.

CTS 制御メッセージの場合と同様に ACK 制御メッセージについても衝突を検知することによって受理することができる. 図 8 に示すように, ネットワークコーディングされたデータメッセージを中継無線ノード N_i が双方向の次ホップ中継無線ノードである N_{i-1} と N_{i+1} へ送信する場合, N_{i-1} と N_{i+1} はデータメッセージ受理に成功したならば N_i に ACK 制御メッセージを返送する. ここで, N_{i-1} と N_{i+1} がともに ACK 制御メッセージを送信する場合, これらの制御メッセージは N_i において衝突する. CTS 制御メッセージの場合と同様, N_i において ACK 制御メッセージが衝突するのは N_{i-1} と N_{i+1} がともに ACK 制御メッセージを送信する場合のみであることから, この衝突を検出することによって N_i は N_{i-1} と N_{i+1} がともに ACK 制御メッセージを送信したものと判断することができる.

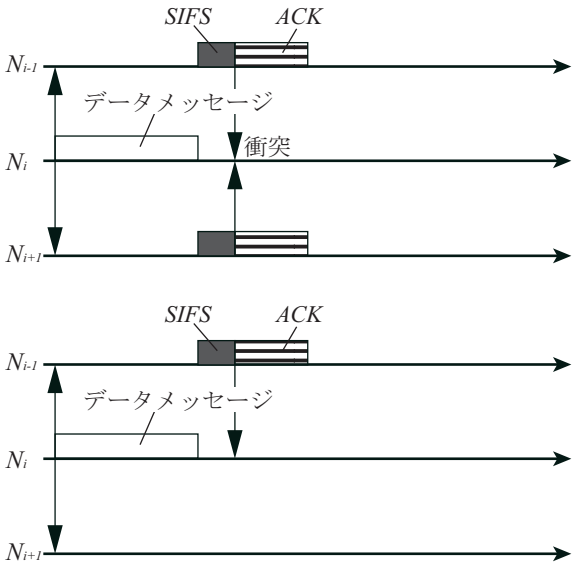

図 8 ACK 制御メッセージの衝突による受理.

一方, N_{i-1} と N_{i+1} のいずれかのみが ACK 制御メッセージを送信する場合, N_i はこの ACK 制御メッセージを他の ACK 制御メッセージと衝突することなく受信する. 衝突が発生しなかったことから, N_i は受信した ACK 制御メッセージのみが送信されたと判断できる. そこで, N_i は ACK 制御メッセージを送信した次ホップ中継無線ノードにのみデータメッセージが正しく転送されたと判断する. なお, N_{i-1} と N_{i+1} のいずれも ACK 制御メッセージを送信しない場合には, N_i が DIFS インターバルの後に RTS 制御メッセージを再送信する.

3.2 ACK/RTS の重畳による連続コーディング

無線マルチホップ配送では, 中継無線ノード N_i からデータメッセージを受信した N_{i+1} は次ホップ中継無線ノード N_{i+2} へとこのデータメッセージを転送する. このとき, N_{i+2} から転送済みのデータメッセージがバッファに保存されているのであれば, N_{i+1} はネットワークコーディングを適用してこれらのメッセージを同時に N_i と N_{i+2} へと転送する. ここで, 図 9 に示すように, N_{i+1} が N_i からのデータメッセージを受信した直後に N_i へと送信する ACK 制御メッセージは, N_i のみならず N_{i+2} にも到達する. そこで, この ACK 制御メッセージを ACK/RTS 制御メッセージとして送信し, RTS 制御メッセージの役割をも重畳することで, データメッセージ転送のオーバヘッドを削減することを提案する.

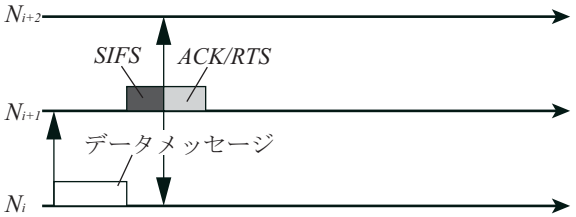

図 9 ACK/RTS 重畳による連続コーディング.

このようなアプローチによるデータメッセージ転送のオーバヘッド削減は MARCH によって既に提案されているものであるが, 本論文では, データメッセージ群が双方向かつ同時並行に配送される場合を対象としており, さらに, 前節で提案した CTS 制御メッセージと ACK 制御メッセージの衝突による受理手法を導入すると以下の問題が発生する. 図 10 に示すように, N_i がネットワークコーディングを適用したデータメッセージを N_{i-1} と N_{i+1} に送信したならば, N_{i-1} においても N_{i+1} と同様に受信したデー

© 2017 Information Processing Society of Japan

タメッセージの次ホップ中継無線ノード N_{i-2} への転送要求が生じる．このとき, N_{i-2} から転送済みのデータメッセージがバッファに保存されているのであれば, N_{i-1} はネットワークコーディングを適用してこれらのメッセージを同時に N_i と N_{i-2} へと転送する. そこで, この N_{i-1} においても N_i から送信されたネットワークコーディングされたデータメッセージの受信に対する ACK 制御メッセージを ACK/RTS 制御メッセージとして送信し, RTS 制御メッセージの役割をも重畳することで, データメッセージ転送のオーバヘッドを削減することが考えられる．しかし, 前節で述べたように, N_{i-1} から送信された ACK 制御メッセージと N_{i+1} から送信された ACK 制御メッセージは N_i において衝突する．N_i がこの衝突を検出することによって N_{i-1} と N_{i+1} の双方から重畳された RTS 制御メッセージを受信したと判断することは可能であるが, N_i がこの RTS 制御メッセージに対する CTS 制御メッセージをどのように返送するかを決定することは困難である．

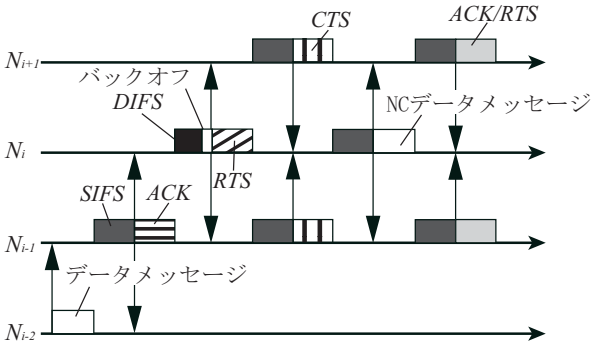

図 10 ACK/RTS 重畳による連続コーディングにおける ACK/RTS の衝突.

N_i が N_{i-1} と N_{i+1} の双方にブロードキャスト送信で CTS 制御メッセージを返送するならば, これを受信した N_{i-1} と N_{i+1} はともにデータメッセージを送信するため, これらのデータメッセージは N_i において衝突する (図 11). この場合, N_i がネットワークコーディングしたデータメッセージから取得したデータメッセージの N_{i-1} と N_{i+1} による N_{i-2} と N_{i+2} への転送が同時並行に行なわれるという点は優れているものの, N_{i-1} と N_{i+1} が送信したデータメッセージのいずれかに N_i へ転送するデータメッセージがネットワークコーディングされている場合には, N_i はこのデータメッセージの受信に失敗することになる．

一方, N_i が N_{i-1} と N_{i+1} のいずれかに選択的にユニキャスト送信で CTS 制御メッセージを返送するならば, これを受信した N_{i-1} と N_{i+1} のいずれか一方のみがデータメッセージを送信するため, N_i におけるデータメッセージの衝突は回避することができる (図 12). ただし, N_{i-1}

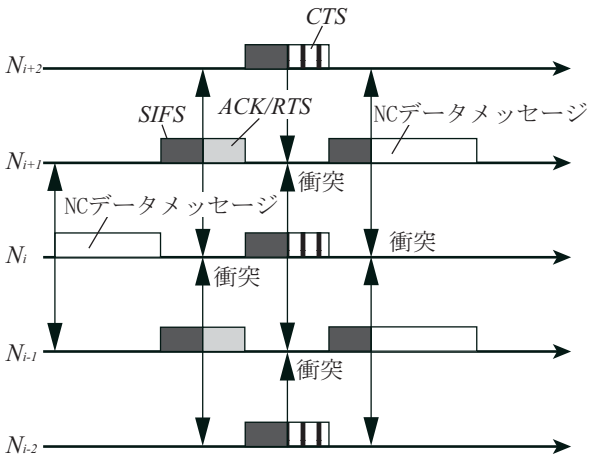

図 11 ACK/RTS 重畳による連続コーディングにおけるデータメッセージの衝突.

と N_{i+1} のうち CTS 制御メッセージが返送されなかった隣接中継無線ノードによるデータメッセージの送信は遅延されるため, N_i から受信したネットワークコーディングされたデータメッセージから取得したデータメッセージの N_{i-1} と N_{i+1} による N_{i-2} と N_{i+2} への転送を同時並行に行なうことはできない．N_{i-1} と N_{i+1} とが, N_i から受信したデータメッセージとバッファに保持された N_i へと転送されるべきデータメッセージとをネットワークコーディングして送信するか判断する方法として, 重畳された ACK/RTS 制御メッセージを用いて N_i と通信することが考えられる．しかし, N_{i-1} と N_{i+1} とから送信された ACK/RTS 制御メッセージは N_i において衝突することから, この情報を N_{i+1} が取得することはできない．

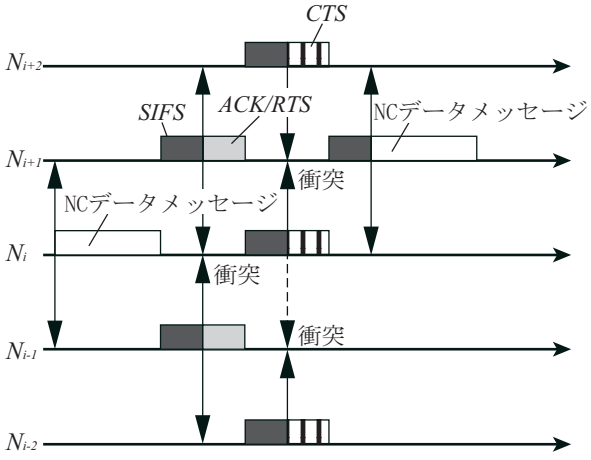

図 12 ACK/RTS 重畳による連続コーディングにおける CTS の選択的送信.

そこで, 本論文では, N_{i-1} と N_{i+1} が N_i へと転送する

データメッセージをネットワークコーディングを用いて N_i へと送信するか否かを N_i が推定する手法を提案する. もし, N_i が N_{i-1} と N_{i+1} の少なくとも一方が, N_i へと転送するデータメッセージをネットワークコーディングを用いて転送すると推定する場合には, N_i は自身にデータメッセージを転送すると推定される隣接無線ノードへと選択的にユニキャスト送信で CTS 制御メッセージを返送する (いずれもが自身にデータメッセージを転送すると推定されるならば, いずれかを選択してユニキャスト送信で CTS 制御メッセージを返送する). 一方, N_{i-1} と N_{i+1} のいずれもが N_i へ転送するデータメッセージをバッファに保持していないと推定される場合には, N_i は N_{i-1} と N_{i+1} の双方にブロードキャスト送信で CTS 制御メッセージを返送する. この N_{i-1} と N_{i+1} におけるデータメッセージのバッファへ保持の有無の推定は, これらの前ホップ中継無線ノード N_{i-2} と N_{i+2} からのデータメッセージ転送時に送信される ACK 制御メッセージを傍受することによって実現する. この N_{i-1} と N_{i+1} から N_{i-2} と N_{i+2} へと送信される ACK 制御メッセージは N_i にも到達することから, N_i がこれを傍受することが可能であり, この受信記録と N_{i-1} と N_{i+1} から N_i へのデータメッセージ転送記録とを比較することで, N_{i-1} と N_{i+1} のバッファに N_i へと転送するデータメッセージが保持されているか否かを推定することが可能である.

4. まとめ

本論文では, 双方向にデータメッセージ群が配送される無線マルチホップ配送において, 中継無線ノードのデータメッセージ転送にネットワークコーディングを導入するための RTS/CTS 制御手法を提案した. 中継無線ノードが双方向の次ホップ中継無線ノードに送信した RTS 制御メッセージおよびデータメッセージに対して, これらの中継無線ノードが送信した *CTS* 制御メッセージおよび *ACK* 制御メッセージの衝突を検知することによって, *CTS* 制御メッセージおよび *ACK* 制御メッセージがこれらの中継無線ノードによって送信されたと判断する. また, ネットワークコーディングされたデータメッセージを受信した次ホップ隣接無線ノードがその次ホップ隣接無線ノードへとデータメッセージを転送するための制御メッセージ交換を削減すること可とするように提案手法を拡張した. 本手法を適用した場合の無線マルチホップ配送性能の向上を実験評価することが今後の課題である.

参考文献

[1] Deng, X. and Yang, Y., “An Efficient MAC Multicast Protocol for Reliable Wireless Communications with Network Coding,” IEEE Global Telecommunications Confeence (2011).
[2] Katti, S., Rahul, H., Hu, W., Katabi, D., Medard, M. and Crowcroft, J., “XORs in The Air: Practical Wireless Network Coding,” Proceedings of the International Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications, vol. 36, no. 4, pp. 243–254 (2006).
[3] Xie, J., Das, A. and Nandi, S., “An Improvement to The Reliability of IEEE 802.11 Broadcast Scheme for Multicasting in Mobile Ad Hoc Networks,” Proceedings of the 1st International Conference on Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, pp. 359–366 (2004).
[4] 安藤, 高木, 太田, 玉置., “高効率高信頼双方向通信のためのパッシブ ACK 付きインターフローネットワークコーディング方式の検討,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 115, no. 172, pp. 43–48 (2015).
[5] 梅原, 田野, 寺倉, 杉山., “2 ホップ無線 CSMA ネットワークコーディングにおける RTS ／ CTS の効果,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 109, no. 276, pp. 65–70 (2009).
[6] “Bluetooth Specification,” (2016).
[7] “Wireless LAN Medium Access Control (MAC) And Physical Layer (PHY) Specifications,” Standard IEEE 802.11 (2016).
[8] “ZigBee Specification,” (2012).

© 2017 Information Processing Society of Japan