

AODV (RFC 3561)

名城大学 情報科学科 渡邊研究室

a302j040 加藤佳之

参考資料について

- n 本資料は下記の文献をもとに翻訳/作成されたものです
- n 内容の正確さの保障はしかねます
- n 正確な知識を得たい方は原文を参照のこと

- n AODV(RFC 3561)
 - C.Perkinsほか
 - July,2003

構成

- n はじめに
- n 概要
- n AODVの経路表
- n AODVの制御メッセージ
- n AODVの動作
- n AODVの検証
- n まとめ

はじめに

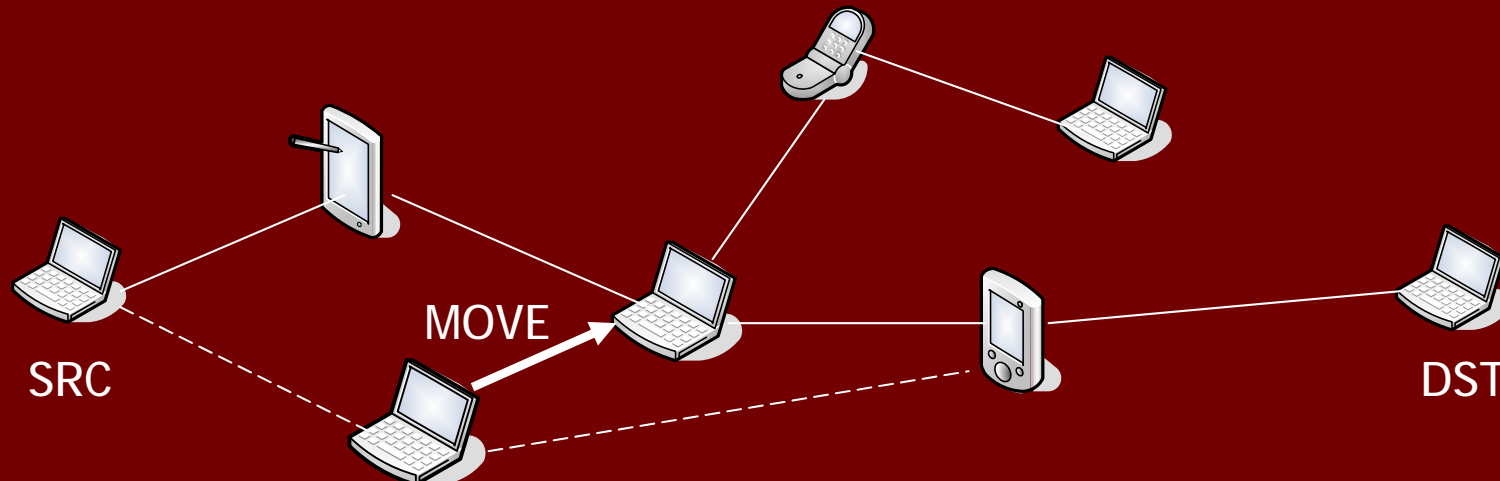
n アドホックルーティングプロトコルとは

任意のノード間でデータを送受信できるネットワークを提供するための技術

→マルチホップ通信で通信相手をどのように探索するか

→中継ノードの移動による経路の変化への対処

※LANで使用される既存の経路制御プロトコルでは対応できない



はじめに

n さまざまな経路制御プロトコルの提案

IETF MANET WGではDSR,AODV,OLSR,TBRPFの標準化が行われている

n 経路制御プロトコルの要件

フラッディングをいかに抑えるか

- ネットワークトラヒックの低減
- 端末消費電力の抑制
- ループ経路を生み出さない 等の効果

n 万能な経路制御プロトコルは存在しない

AODV 概要

- n リアクティブ型の経路制御プロトコル
→通信開始時に経路探索を行う
- n シーケンス番号を用いることで経路のループを回避できる
- n フラッディング範囲をむやみに拡大しない工夫がなされている
- n 基本制御メッセージとしてRREQ,RREP,RERR,RREP-ACKがある

AODVの経路表

n 各ノードが格納する経路表の内容

AODV独特の経路表要素

- ・宛先IPアドレス
→各ノードのIPアドレスを格納
- ・宛先シーケンス番号
→ノードごとの経路表エントリを調べ、なければ最新のシーケンス番号を格納
- ・有効シーケンス番号フラグ
→そのシーケンス番号が有効か無効かを表す
- ・経路状態フラグ
→有効な経路か否かを示す
- ・ネットワークインターフェース
→使用したネットワークインターフェースを識別
- ・ホップ数
→発信元ノードの経路表におけるホップ数
- ・次ホップ
→発信元ノードとして経路表に格納、パケット中継時の経由すべきホスト
- ・プリコーサリスト
→双方向経路生成時にRREQ/RREPメッセージの転送先のノードをそれぞれ格納
- ・生存期間
→経路の保持期間

RIPでも使用
される経路
表要素

AODVの制御メッセージ1

n RREQ

- ・Route REQuest の略
- ・通信開始時に宛先の経路発見のために生成・送信
- ・経路修復の際にも生成・送信される

AODVの制御メッセージ1

n RREQメッセージフォーマット

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
タイプ=1								J	R	G	D	U	予約								ホップ数										
RREQ ID																															
宛先IPアドレス																															
宛先シーケンス番号																															
起点IPアドレス																															
起点シーケンス番号																															

J:参加フラグ→マルチキャストのために予約

R:修復フラグ→マルチキャストのために予約

G:無償RREPフラグ→無償RREP(RREQなしに発行するRREP,経路短縮に利用される)を許可する

D:宛先限定フラグ→宛先ノードのみのRREP発行を示す(=中間ノードのRREPを禁止)

U:不明シーケンス番号フラグ→RREQ発行ノードの経路表から宛先のシーケンス番号が不明であることを示す

AODVの制御メッセージ1

n RREQメッセージフォーマット(続き)

予約→予約部分、受信時に無視される

ホップ数→起点IPアドレスから要求を処理しているノードまでのホップ数

RREQ ID→起点ノードがRREQを生成するたびに1ずつ加算される値

宛先IPアドレス→起点ノードが宛先として経路要求をしているアドレス

宛先シーケンス番号→起点が宛先について知った最新のシーケンス番号
不明な場合はUフラグをたてて宛先シーケンスを0とする

起点IPアドレス→RREQを発信したアドレス

起点シーケンス番号→起点ノードのシーケンス番号
RREQを作成する直前に1増加させる

AODVの制御メッセージ2

n RREP

- ・Route REPLY の略
- ・RREQを受けた宛先ノードが起点ノードに返すメッセージ
- ・中間ノードがRREPを返すこともある

AODVの制御メッセージ2

n RREPメッセージフォーマット

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
タイプ=2								R	A	予約								プレフィクス				ホップ数									
宛先IPアドレス																															
宛先シーケンス番号																															
起点IPアドレス																															
生存期間																															

R:修復フラグ→マルチキャストのために予約

A: Acknowledgementフラグ→RREP-ACKの発行を許可

予約→予約部分、受信時に無視される

プレフィクス→複数のAODVのネットワークによりサブネットが存在するとき使用

AODVの制御メッセージ2

n RREPメッセージフォーマット(続き)

ホップ数→起点ノードから宛先ノードまでのホップ数

宛先IPアドレス→起点ノードが宛先として経路要求をしているアドレス

宛先シーケンス番号→経路に結びついた宛先へのシーケンス番号

起点IPアドレス→RREQの起点ノードのIP

生存期間→経路が有効であると考えられるときのRREPを受け取るための時間

n Helloメッセージ

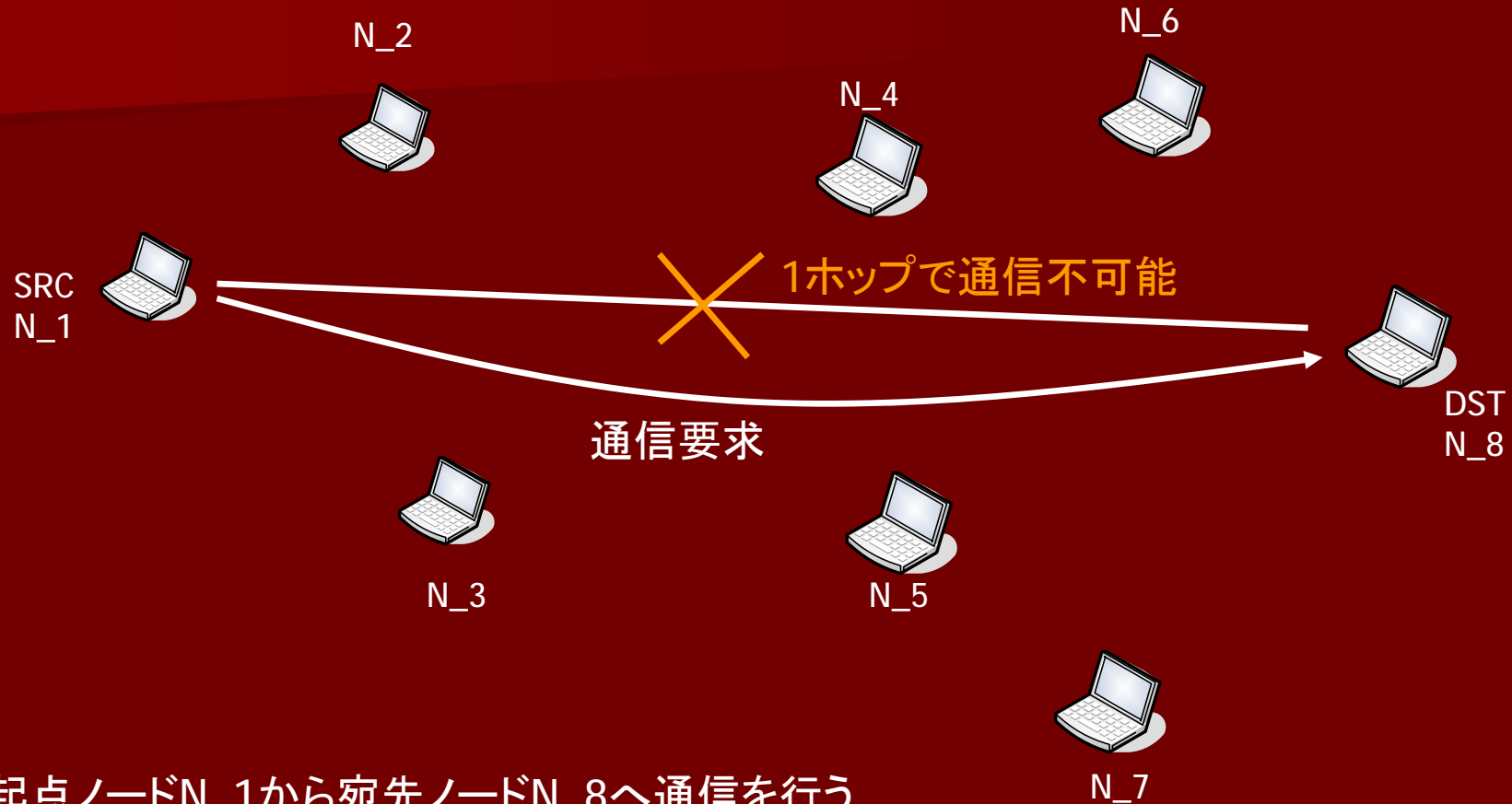
特殊なRREP,部分的にアクティブな経路を発見する役割をもつ

TTL=1でブロードキャストされるメッセージ

<Helloで指定されるRREPのフィールド>

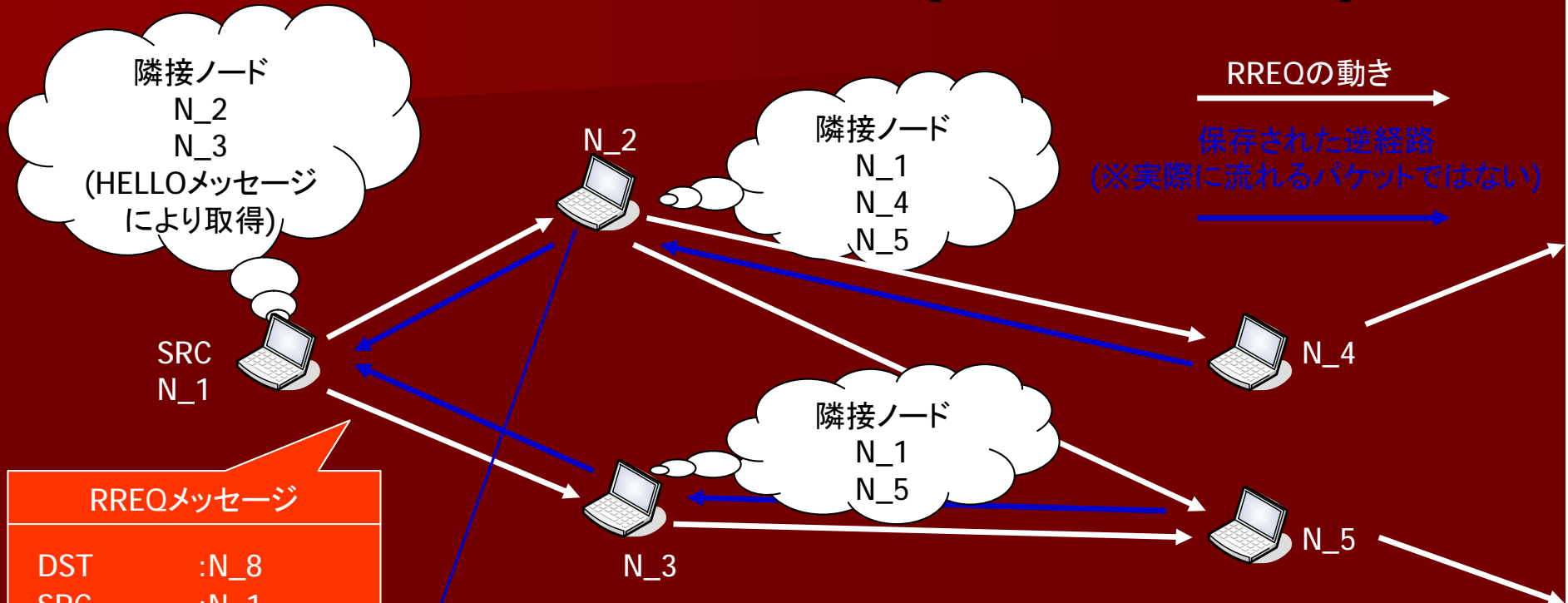
- ・宛先IPアドレス→Helloメッセージを発信するノード自身のアドレス
- ・宛先シーケンス番号→Helloメッセージを発信するノード自身の最新のシーケンス番号
- ・ホップ数→0

AODVの基本動作(経路発見)



- ・起点ノードN_1から宛先ノードN_8へ通信を行う
- ・1ホップでは通信ができないためマルチホップ通信を行う必要がある
- ⇒ 経路制御を行う必要がある

AODVの基本動作(経路発見)

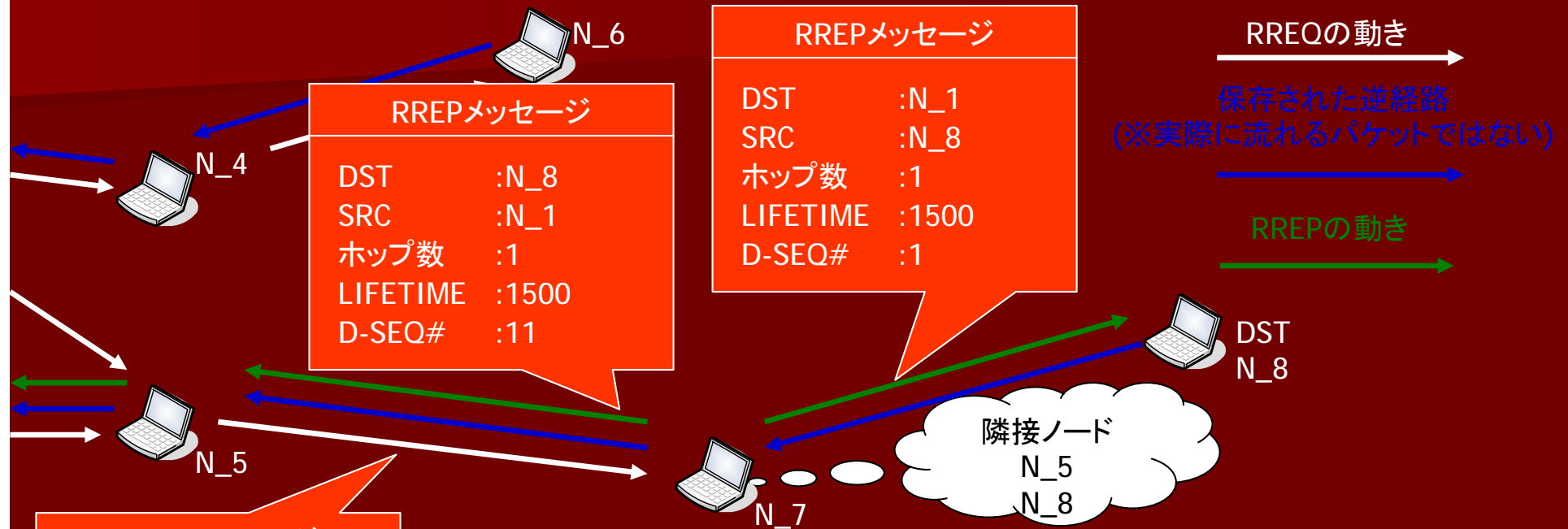


RREQメッセージ	
DST	:N_8
SRC	:N_1
RREQID	:8
O-SEQ#	:8
ホップ数	:0

保存する逆経路
N_2→N_1

- ・RREQを受信した各ノードはその逆経路を保存する
- ・N_2とN_3はRREQを受信すると隣接ノードに再ブロードキャストする
- ・各ノードはRREQ受信の際にホップ数を1加算する
- ・N_5はRREQメッセージをN_2とN_3から受信するがN_2のRREQは先行して受信したN_3からのものと同じであるためN_3への逆経路を保持し、N_2への逆経路は保持しない=>ループ経路生成の回避
- ・N_5はN_2からのRREQを受信しても再ブロードキャストは行わない

AODVの基本動作(経路発見)



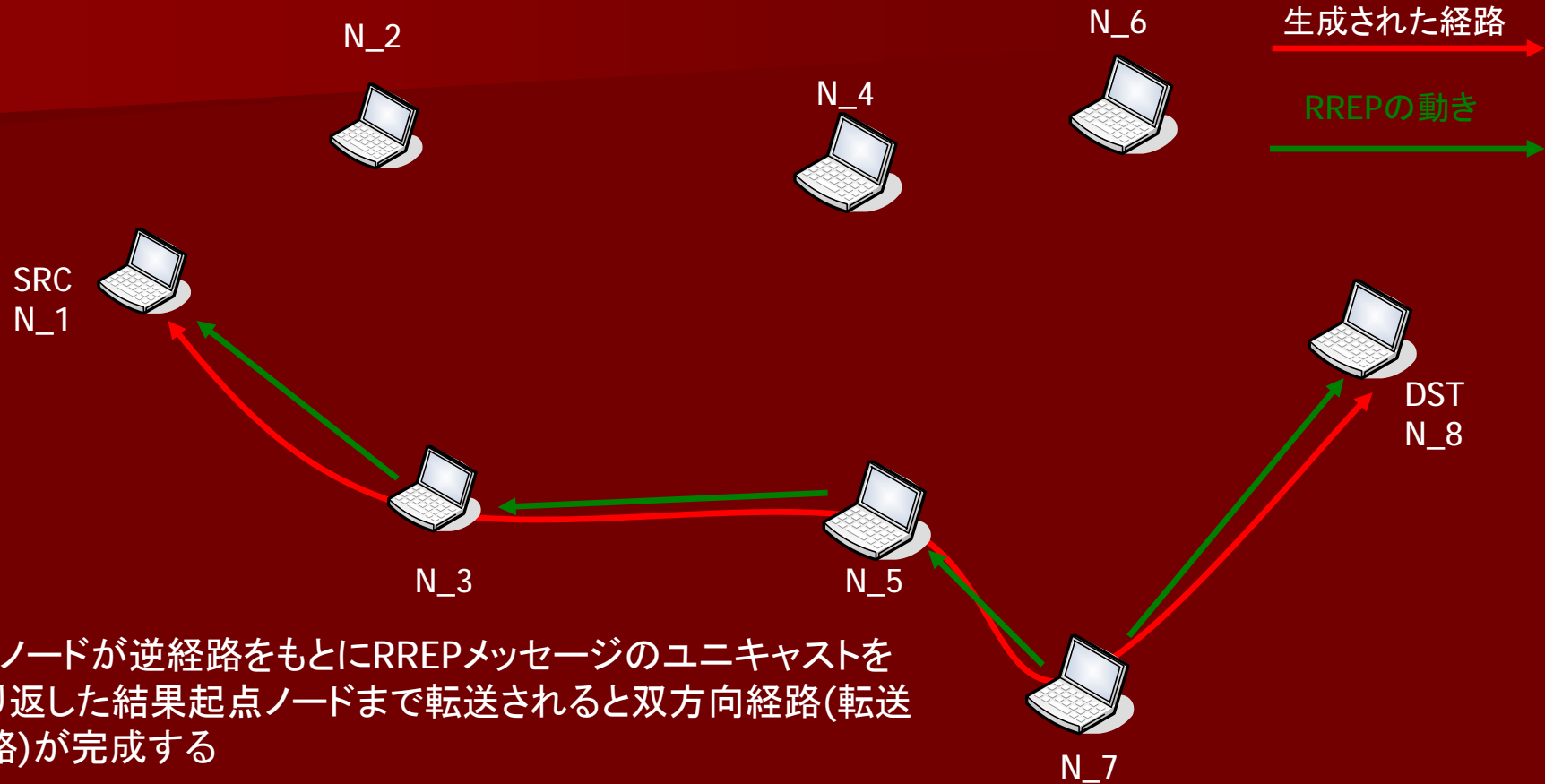
RREPメッセージ	
DST	:N ₈
SRC	:N ₁
ホップ数	:1
LIFETIME	:1500
D-SEQ#	:11

RREPメッセージ	
DST	:N ₁
SRC	:N ₈
ホップ数	:1
LIFETIME	:1500
D-SEQ#	:1

RREQメッセージ	
DST	:N ₈
SRC	:N ₁
RREQID	:8
O-SEQ#	:8
ホップ数	:2

- ・N₇はN₈(=宛先ノード)を隣接ノードとしているためRREPメッセージを生成・送信する(RREPのDフラグがたっていないことが前提)=>フラッディング範囲の低減
- ・N₇はRREQの起点シーケンス番号より自身の経路表の宛先シーケンス番号が大きいとき(8<11)そのシーケンス番号でRREPを生成する
- ・N₇からユニキャストされるRREPはN₈とN₅に送信される
- ・N₅はRREPを受け取ると逆経路情報を元にユニキャストする

AODVの基本動作(経路発見)



- ・各ノードが逆経路をもとにRREPメッセージのユニキャストを繰り返した結果起点ノードまで転送されると双方向経路(転送経路)が完成する

- ・メッセージ(データパケット)は双方向通信により転送される

- ・各ノードがパケットの経路を保持するためインターネットのルーティング形態に近い

AODVの制御メッセージ3

n RERRメッセージフォーマット

- ・Route ERRor の略

- ・経路が何らかの理由により変化し、宛先への通信が不能になったことを中継ノードが知ったときに生成・送信

AODVの制御メッセージ3

n RERRメッセージフォーマット

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
タイプ=3								N	予約																宛先カウント							
不到達宛先IPアドレス(1)																																
不到達宛先シーケンス番号(1)																																
不到達宛先IPアドレス(2)																																
不到達宛先シーケンス番号(2)																																
不到達宛先IPアドレス(n)																																
不到達宛先シーケンス番号(n)																																

⋮

N:削除不可フラグ→ノードが局所修復をした際に、上流ノードは元の経路を消去しない

予約→予約部分、受信時に無視される

宛先カウント→不到達宛先ノードの数を格納する

AODVの制御メッセージ3

n RERRメッセージフォーマット(続き)

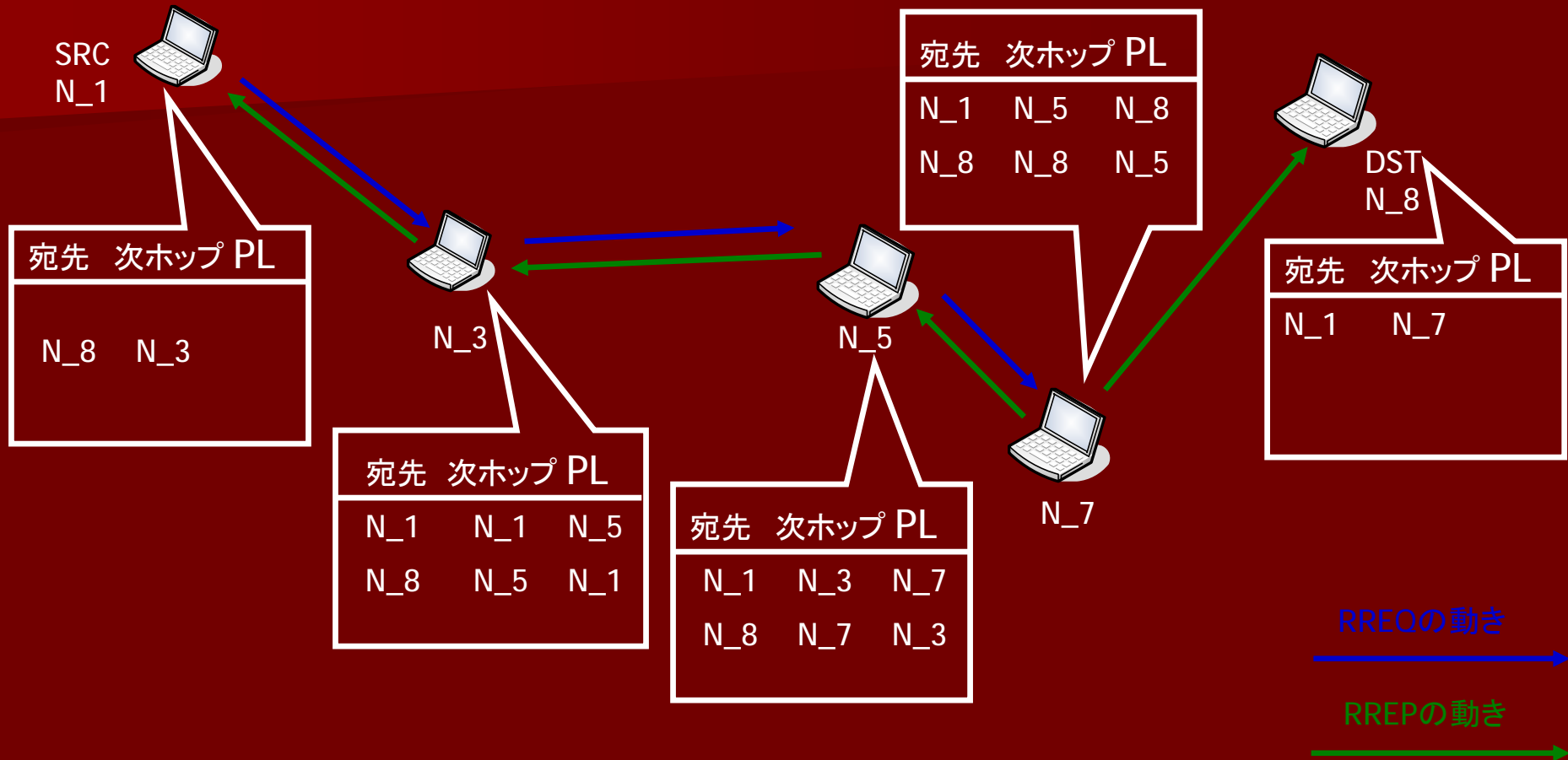
不到達宛先IPアドレス→経路が切断した宛先IPアドレス

不到達宛先シーケンス番号→使用していた経路に結びついた宛先シーケンス番号

n プリコーサリスト(Precursor List : PL)

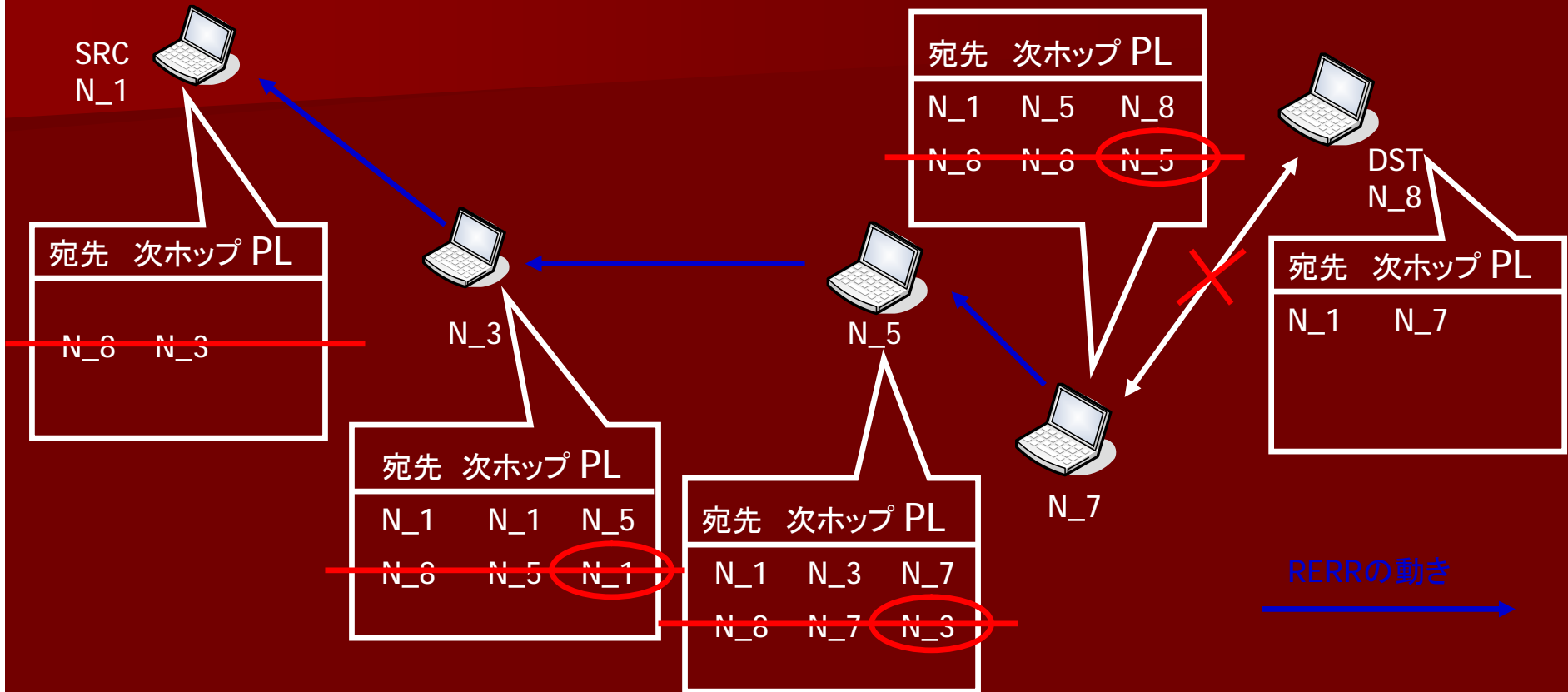
- ・経路要求(RREP)と経路応答(RREP)により
起点と宛先の経路が生成されるときに各転送
ノードの経路表に登録される情報
- ・経路無効化に用いられる

経路とPLの生成

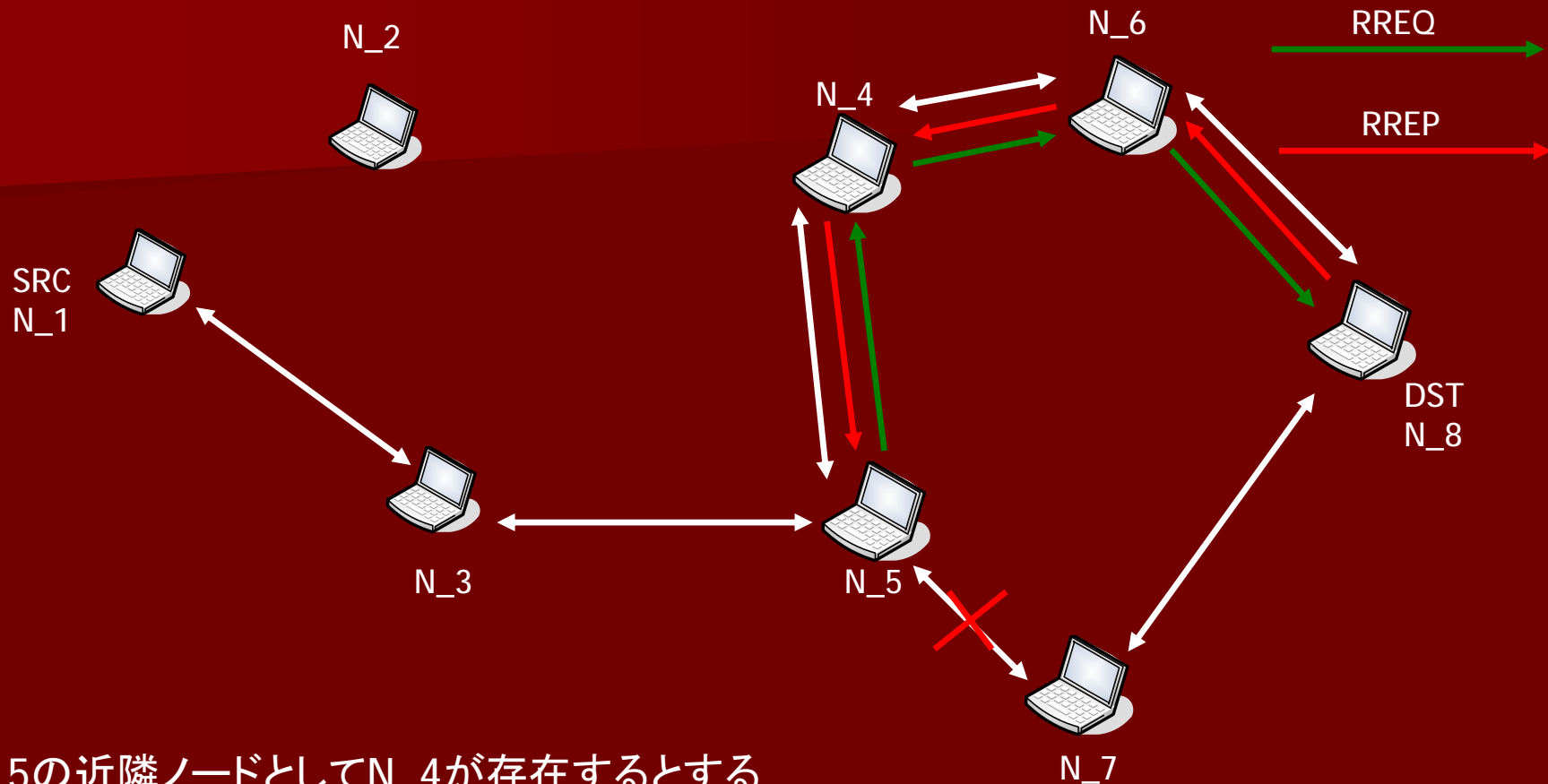


・双方向経路が生成されるときにPLが生成される

経路無効化



局所経路修復



N_5の近隣ノードとしてN_4が存在するとする

N_5-N_7間のリンクが切断したときN_5はRERRをすぐには送らず局所経路修復を試みる

N_5はRREQを近隣ノードへブロードキャストする

N_5にRREPが到達したらその経路をこれまでの経路の代替とする

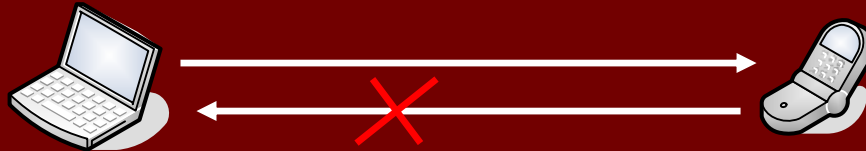
一定時間経ってもRREPがこない場合にはプリコーサリストを利用してRERRをユニキャスト

AODVの制御メッセージ4

n RREP-ACK

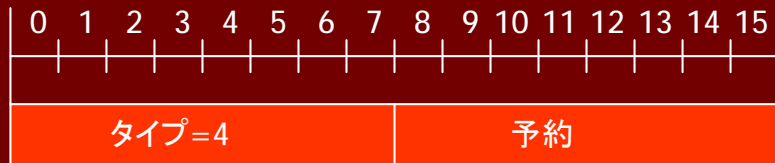
- ・一方向リンクが起こる場合に用いる
- ・経路応答メッセージに対して応答の確認を行う役割をもつ

n 一方向リンク



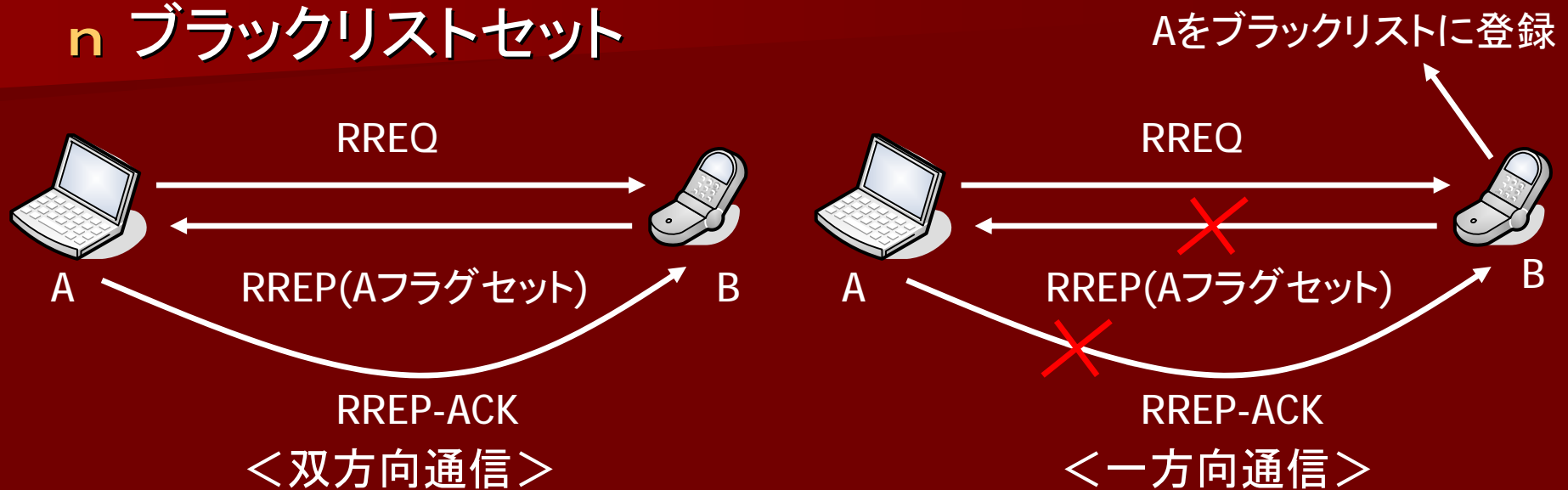
障害物,電波強度の関係で双方向通信ができない状態のリンク

n フォーマット



AODVの動作(一方向通信の対処)

n ブラックリストセット



- n AフラグをセットしたRREPによりRREPを受けた端末AはRREP-ACKを端末Bに送る
- n RREP-ACKが戻ってこない場合、すなわちRREPを端末Aが受けられない場合、端末Bは端末Aをブラックリストセットに登録し、RREQに応答しないようにする

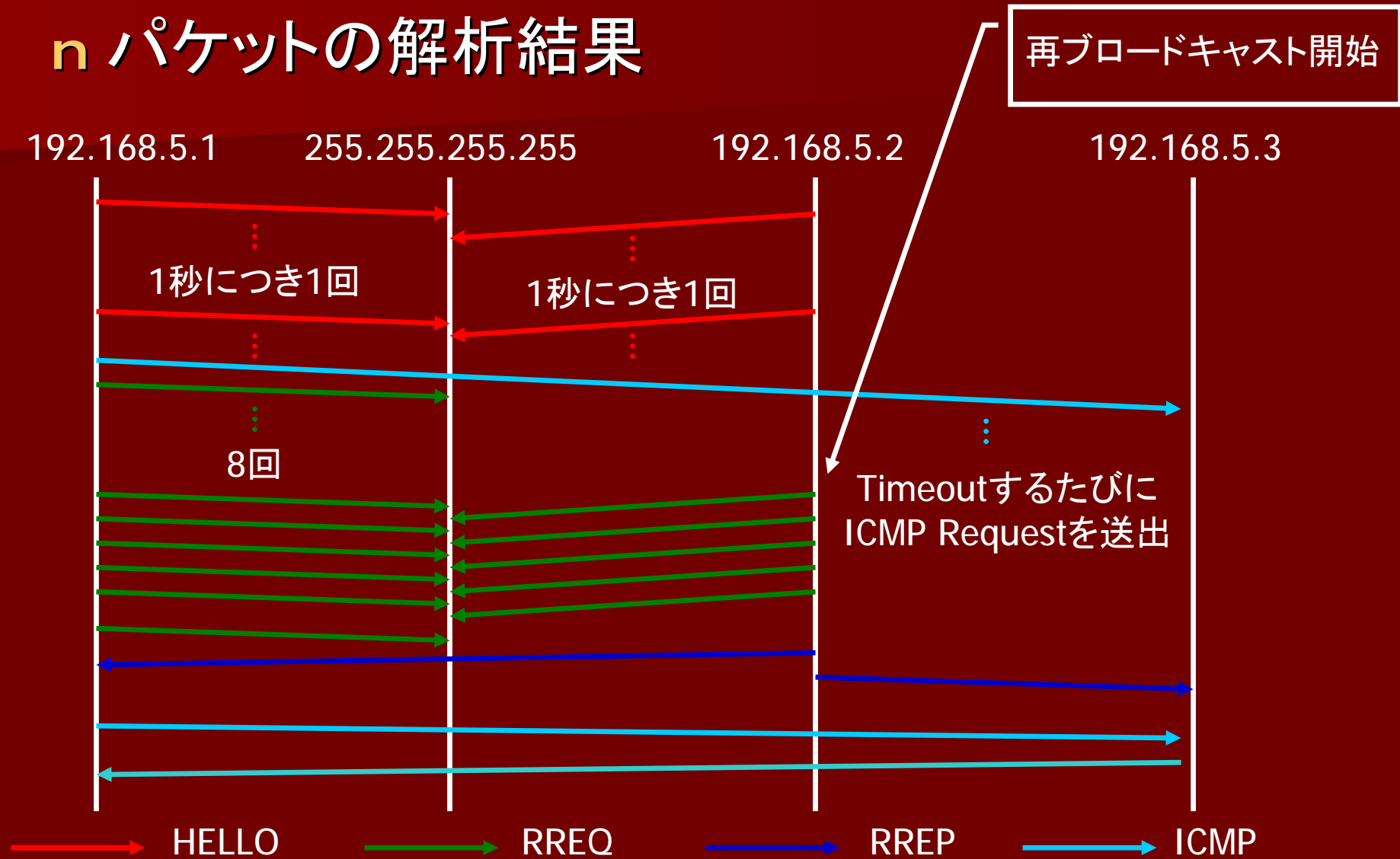
検証

- n winaodvを使用してアドホック通信環境を構築
- n 3台の無線インターフェース(IEEE802.11b)搭載機を使用
- n 無線インターフェースはすべてアドホックモードで動作
- n 転送ノードを介した2ホップ通信でpingを発信
- n Etherealにてパケットを解析



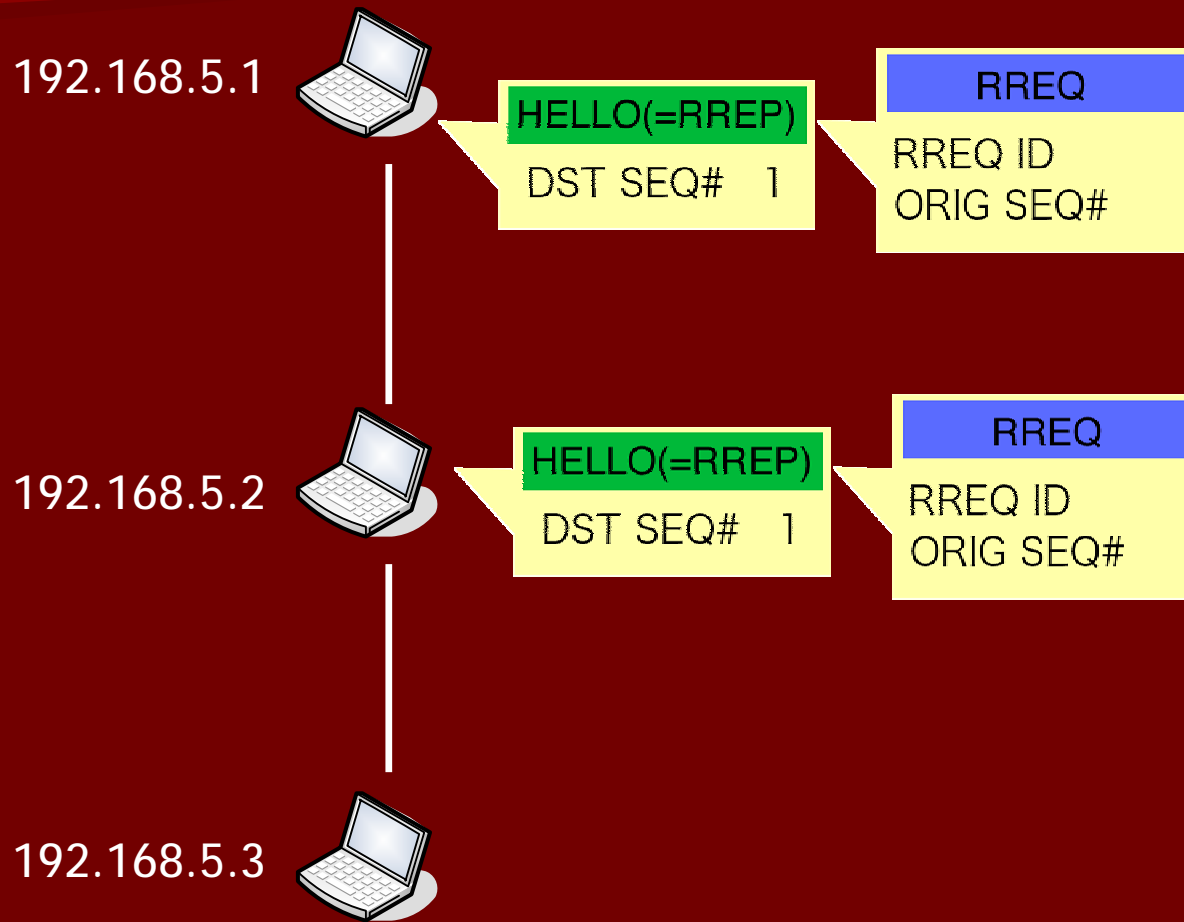
検証

n パケットの解析結果



検証

n シーケンス番号の変化



- ORIG SEQ#:起点シーケンス番号
- DST SEQ#:宛先シーケンス番号

<192.168.5.1発のメッセージ>
RREQの起点シーケンス番号の増加とともにHELLOメッセージの宛先シーケンス番号も増加している

これはHELLOメッセージの宛先が起点と同じであるからである

<192.168.5.2発のメッセージ>
RREQはフラッディングの結果発生したものである。つまり起点IPは192.168.5.1である

そのためHELLOメッセージの宛先シーケンス番号は増加しない

まとめ

- n AODVによる経路制御
 - シーケンス番号の利用
 - フラッディングを少なくする工夫
- n AODVの4つの制御メッセージとその役割
 - RREQ→経路発見, 経路修復
 - RREP→経路応答
 - RERR→エラー経路の通知
 - RREP-ACK→一方向通信時に利用
- n AODVの実装物検証とRFCの確認
 - AODVパケットのEtherealによる解析

終わりに

AODVにおける用語(参考)

- n アクティブ経路
有効になっている経路表エントリをもつ宛先に向かっている経路
- n ブロードキャスト
IPの限られたアドレス,255.255.255.255に伝送することを意味する。アドホックネットワークにおいてAODVメッセージの伝播に役立つ
- n 宛先
データパケットが伝送されるIPアドレス
AODVプロトコルの動作により宛先までの経路が供給される
- n 転送ノード
ほかのノードのためにパケットを転送することになっているノード
このノードは経路制御メッセージを使って設定された経路に沿って隣接する次ホップにユニキャストで再送する
- n 転送経路
起点となったノードから経路探索要求操作の結果、要求する宛先に向かってデータを送るために設定された経路

AODVにおける用語(参考)

- n 無効な経路
失効した経路。経路表において無効な状態であることを意味する。無効な経路はデータパケットを転送することは出来ないが、経路修復と将来のRREQメッセージのために役立つ情報を提供できる
- n 起点ノード
経路発見メッセージを開始するノード
たとえば、経路発見プロセスを開始し、RREQメッセージをブロードキャストするノードはRREQメッセージの起点ノードと呼ばれる
- n 逆経路
宛先ノード、または宛先への経路の中間ノードから起点ノードに戻ってくる応答 (RREP)パケットの転送のために設定された経路
- n シーケンス番号
各起点ノードによって維持される単調に増加する番号
AODV経路制御メッセージではノードが起点ノードから含まれた情報の新しさを決定するために使われる
- n 有効な経路
アクティブ経路と同じ