

情報通信ネットワーク 第13回

理工学部情報科学科

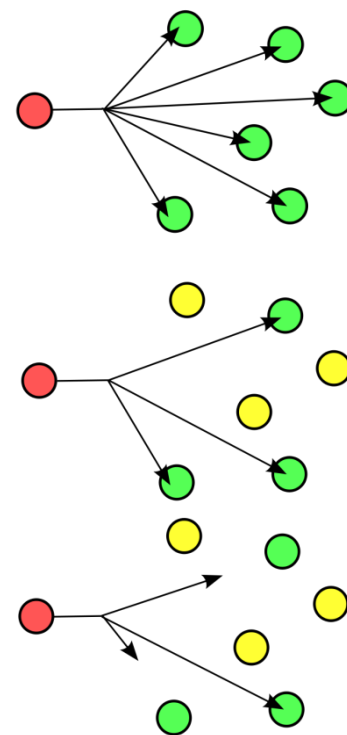
松澤 智史

本日のコンテンツ

- IPマルチキャスト
- XCAST
- MANET

IP通信の形態

- Unicast
 - 1対1通信
 - 指定した宛先へ送られる
- Broadcast (IPv4のみ)
 - 1対多通信
 - 範囲内全ノードに送られる
- Multicast
 - 1対多通信
 - グループメンバーにのみ送られる
- Anycast (主にIPv6)
 - 1対1通信
 - 対象の中で, 最も良い(または最も近い)宛先に送られる

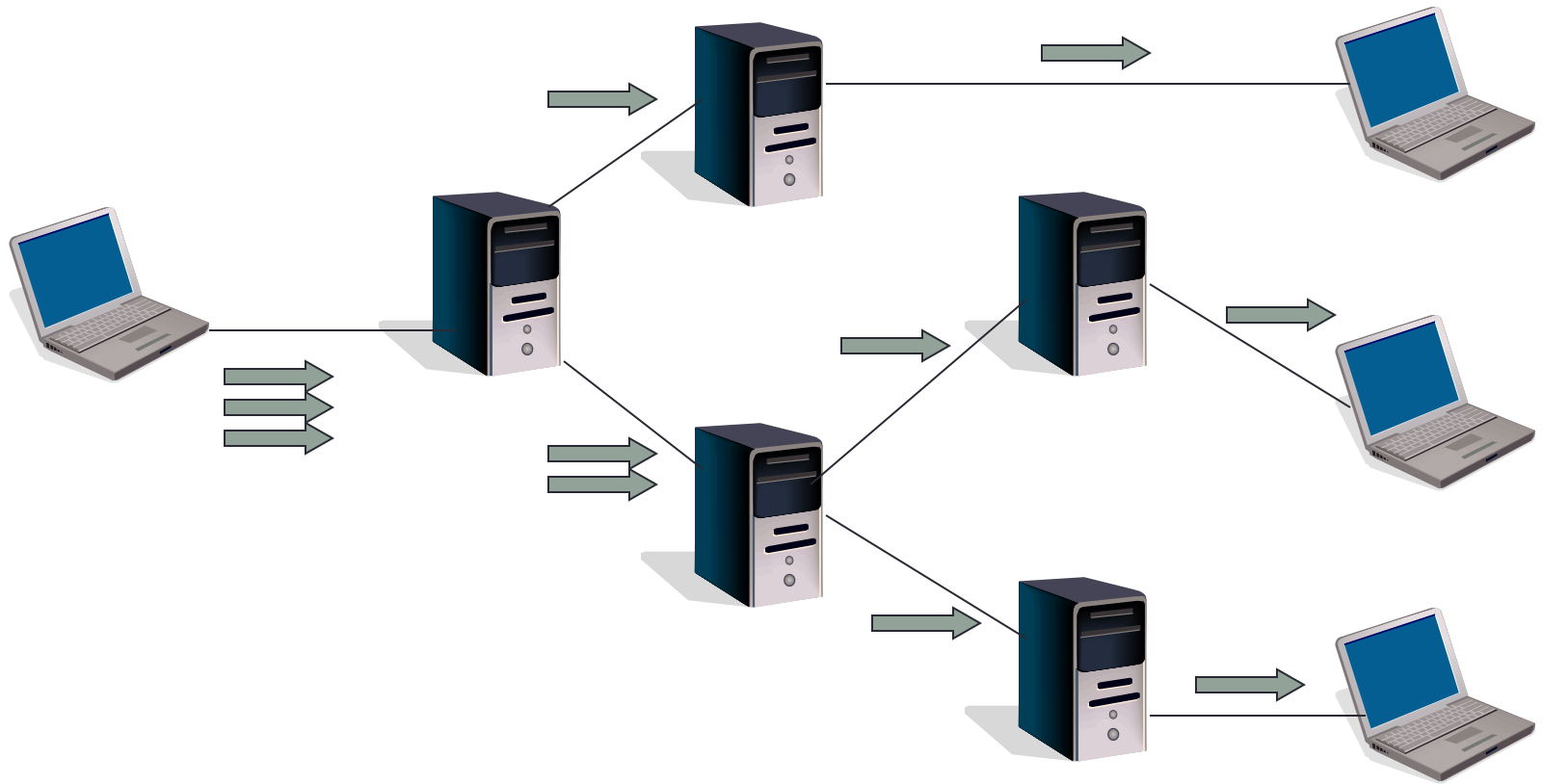


IPマルチキャストとは？

- 同じデータを複数の受信者に送ることができる
- 転送速度(バンド幅)の向上を見込める
- ルータやホストの処理を低下させることができる
- 受信者のアドレスを知らずとも通信ができる

Unicast vs Multicast

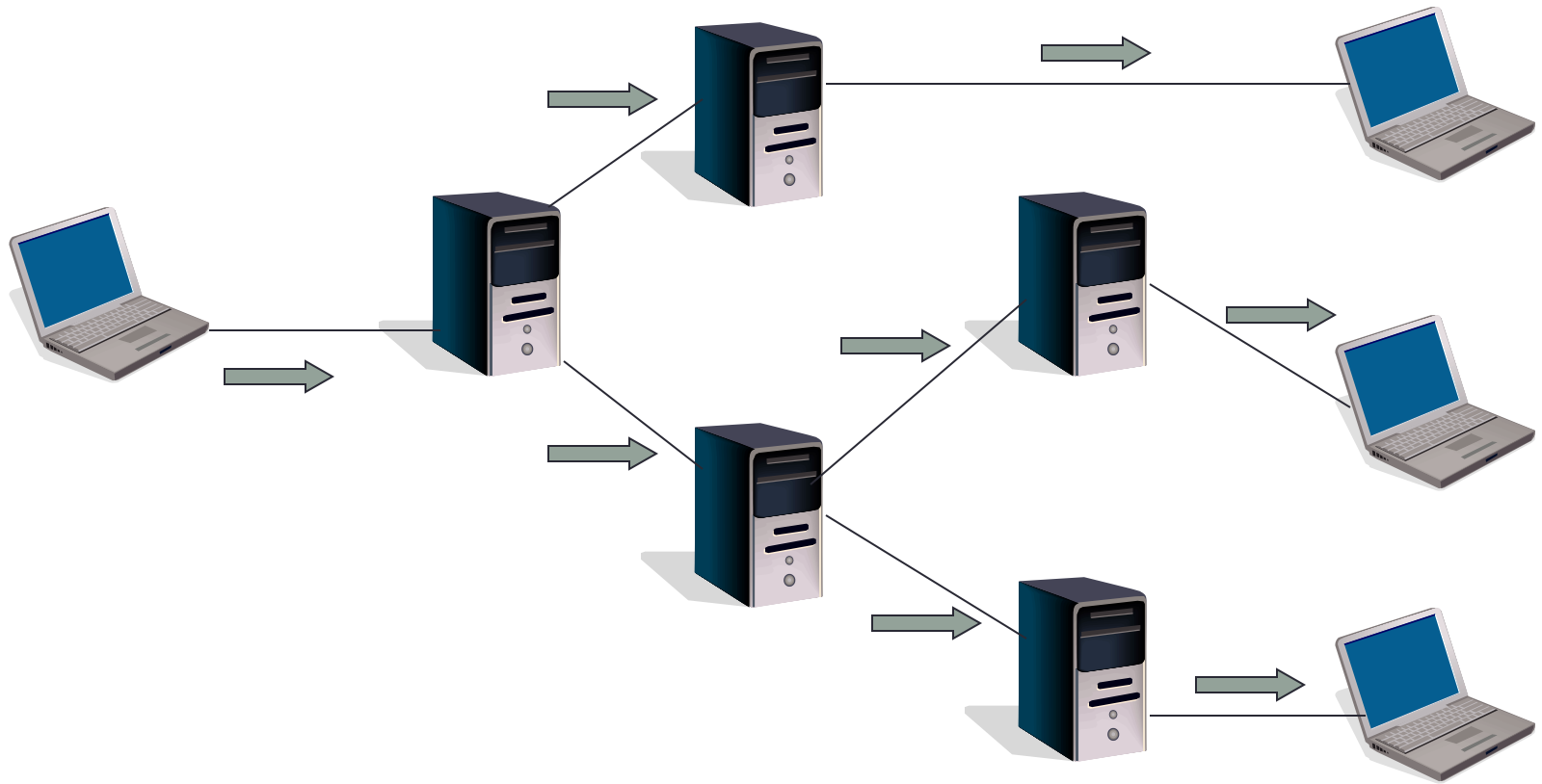
Unicast



Unicastの転送は、1受信者に対し1つのデータのコピーを送信する

Unicast vs Multicast

Multicast



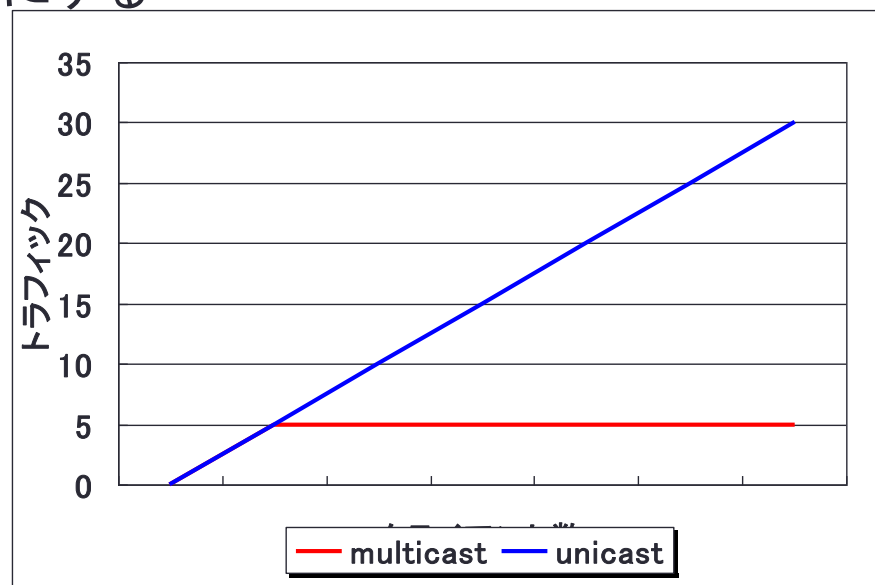
Multicastの転送は、複数の受信者に対して1つのデータを送信する

Protocol Component の比較

	Unicast			Multicast			
Host Service	SMTP,HTTP	DHCP,DNS		Reliable Multicast	MASC/AAP/MADCAP,GLOP	SDP	RTP/RTCP
	TCP	UDP		UDP			
Host-Router Interface	ICMP			IGMP			
Intra-domain Routing	OSPF,RIP,EIGRP,etc			PIM-SM,PIM-DM		MOSPF	DVMRP
				RIP		OSPF	
Inter-domain Routing	BGP			MSDP,BGMP			
				MBGP(BGP4+)			

IPマルチキャストの利点

- Enhanced Efficiency
 - ネットワークのトラフィックをコントロールし、サーバやCPUロードの負荷の軽減を実現する
- Optimized Performance
 - ネットワーク転送の無駄の排除を可能にする
- Distributed Applications
 - マルチポイントアプリケーションすることができる



IPマルチキャストの欠点

- Best Effort Delivery
 - パケットドロップなどの可能性がある
 - 信頼性を実現するには上位層で対応する必要がある
- No Congestion Avoidance
 - TCP の window やスロースタートのような制御ができないためネットワークの混雑を引き起こす可能性がある
- Duplicates
 - ルーティングプロトコルによっては同一のデータが複製されて届くことが起こりうる

IPマルチキャストのアドレス体系

- レイヤ3

- IPv4 - 224.0.0.1 ~ 239.255.255.255 (Class D)
- IPv6 - ff00::/8

8bit	4bit	4bit	112bit
11111111	Flag	Scope	Group ID

- レイヤ2 (Ethernet)

- IPv4 - 01:00:5e:00:00:00 ~ 01:00:5e:7f:ff:ff (23bit分)
- IPv6 - 33:33:00:00:00:00 ~ 33:33:ff:ff:ff:ff(32bit分)

IP Multicast Address の下位ビットがそのまま利用される

IPマルチキャスト 動作の概要

IPマルチキャストの動作は以下の2つから成り立つ

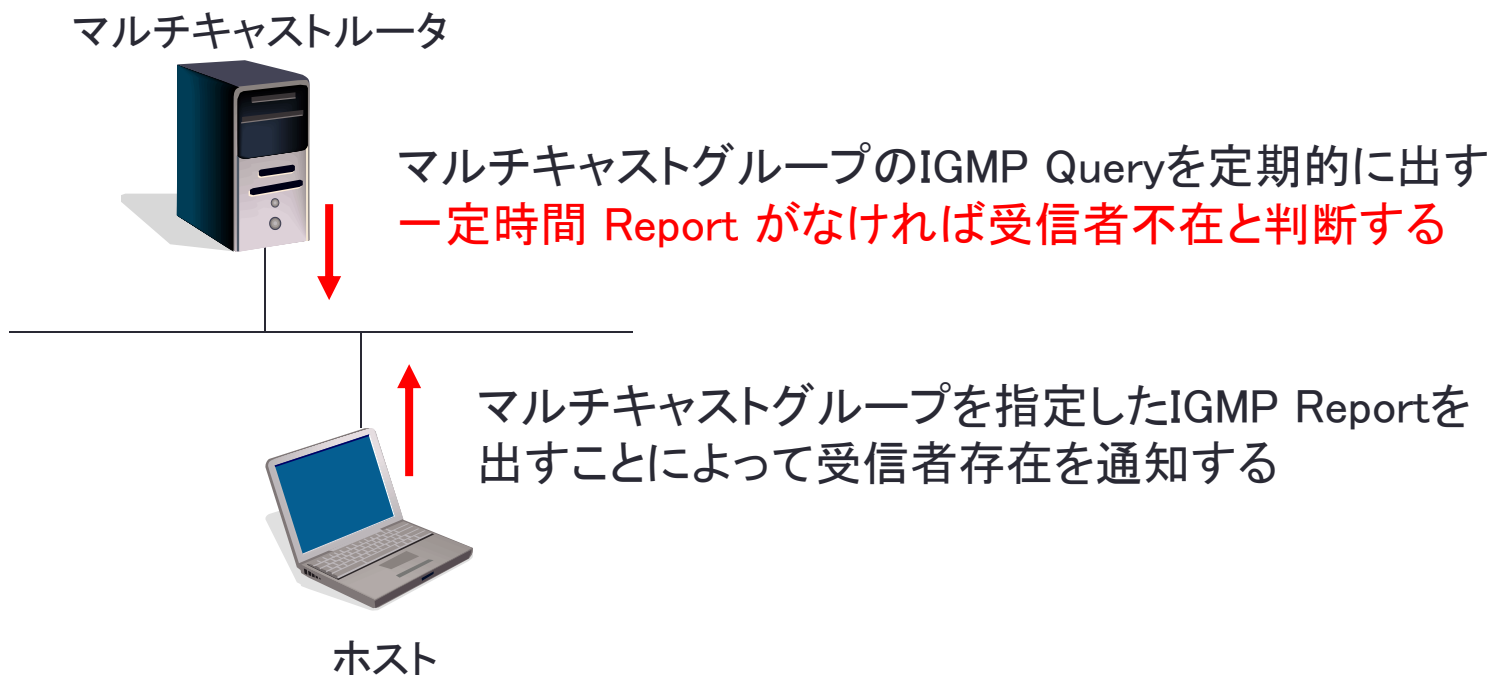
- Group Management
- Multicasting (Multicast Routing)

Group Management

- Internet Group Management Protocol(RFC1112)
 - ホストにマルチキャストグループへの参加やデータ受信を許可する
- Addressing
 - Class D IP address(224-239)が割り当てられる(IPv4の場合)
 - マルチキャストのアドレスは受信グループを示すものであって、受信者を個別に識別するものではない
- Group Membership
 - 受信者はIGMPを使用していつでもグループ参加やグループ離脱の通知をルータに送ることができる
 - 送信者はグループのメンバーに所属している必要はない

Internet Group Management Protocol

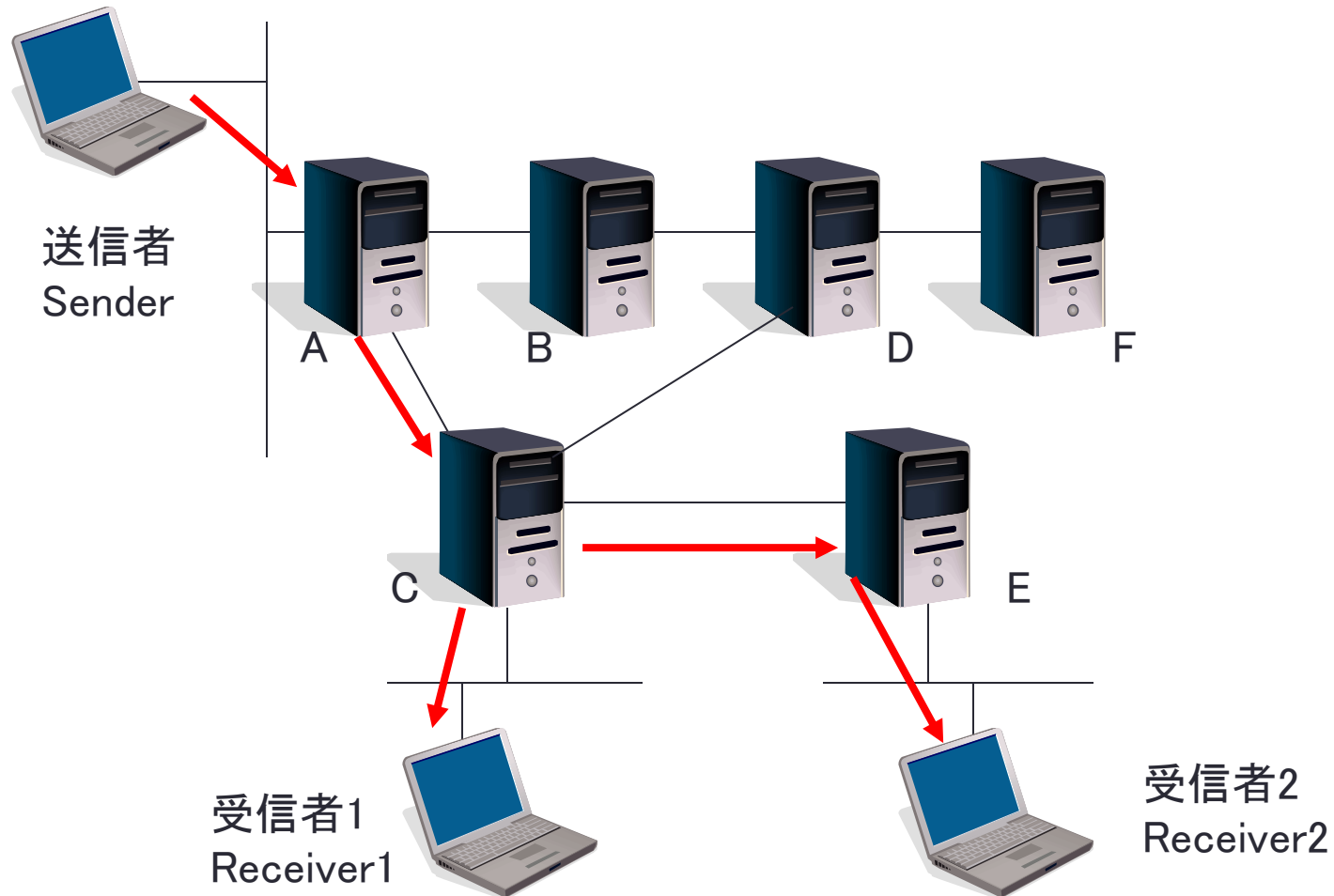
ホストが自分のネットワークに存在するルータへ
参加要求や離脱要求を出すことができる



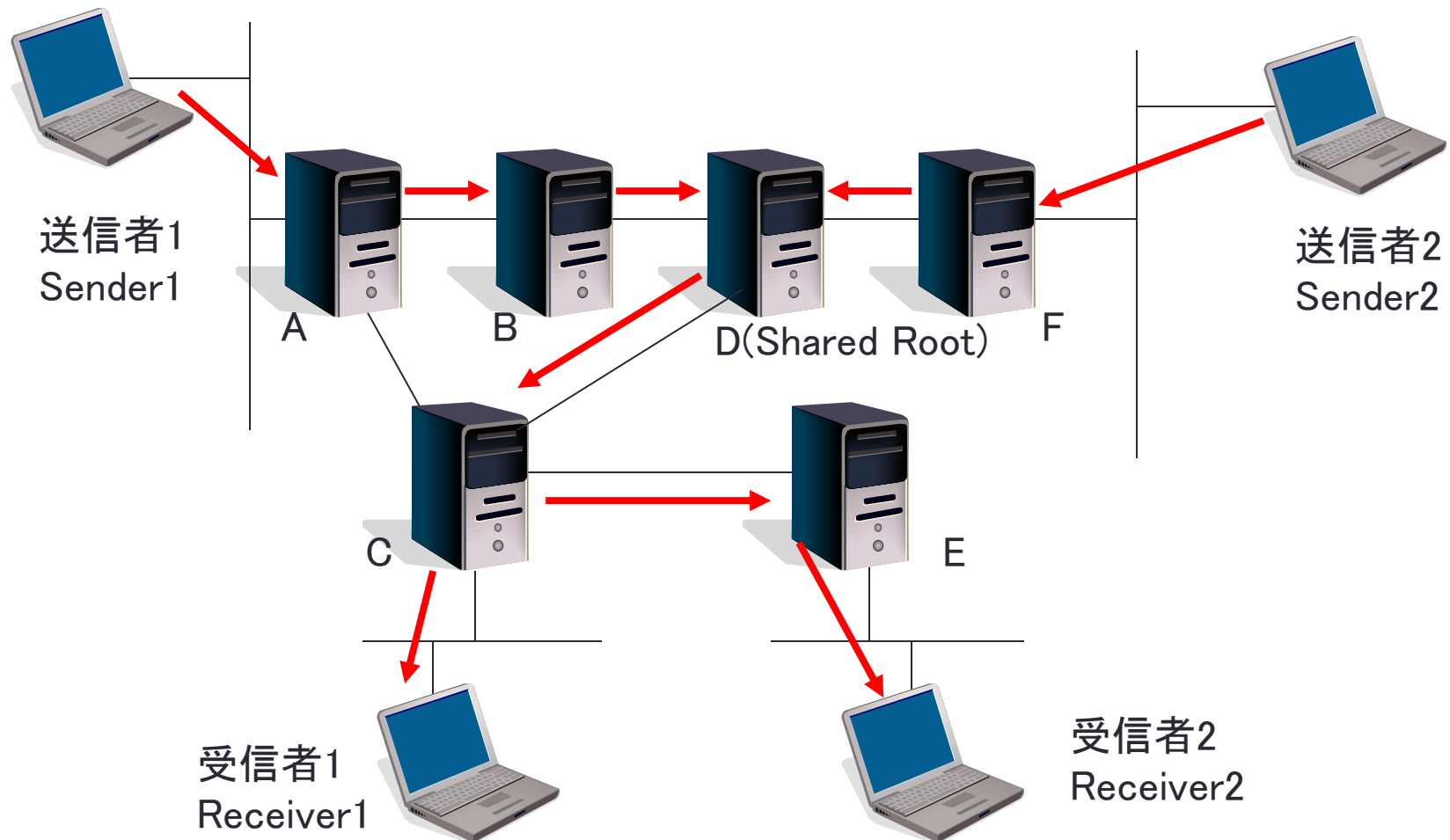
IPマルチキャストプロトコルの種類

- 配送木の種類
 - Shortest Path Tree (Source Distribution Tree) – 最短経路木
 - Shared Distribution Tree (Shared Tree) – 共有木
- 受信者の偏り方によるプロトコルの種類
 - Dense Mode Protocols
 - Sparse Mode Protocols

Shortest Path Tree(最短経路木)



Shared Distribution Tree(共有木)



配送木 まとめ

- Shortest Path Trees (Source Distribution Trees)
 - ルータのメモリ使用量が $O(S \times G)$ になるが, 送信者から受信者までのすべての経路が最適化されている
- Shared Distribution Trees
 - ルータのメモリ使用量は $O(G)$ と少ないが, 受信者までの経路に無駄な経路が発生する

Dense Mode Protocol

グループメンバーがDense(密集)であると仮定する

- Push Model型のトラフィック配送である
- トラフィックは最初Flooded状態から始まる
- メンバーがいない場合には枝狩り(Prune)を行う
- 参加の遅延を減少することができる

Sparse Mode Protocol

グループメンバーが広範囲にSparse(まばら)に
点在すると仮定する

- Pull Model型のトラフィック配送である
- トラフィックは最初何もない状態から始まる
- 誰かが要求しない限りトラフィックは流れない
(Explicit Join 方式)
- 参加要求は送信者またはRendezvous Pointへ送られる

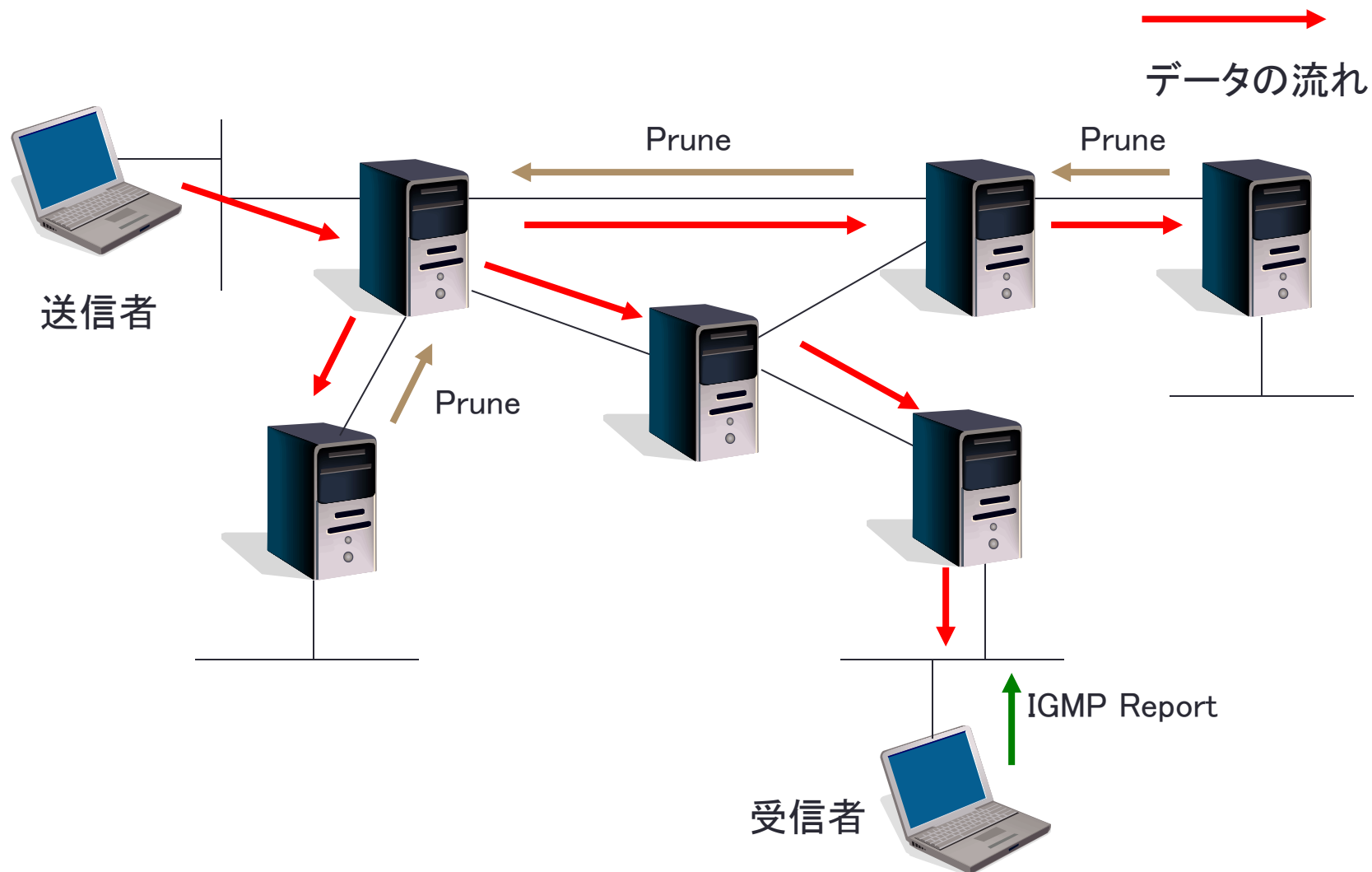
具体的なルーティングプロトコル

- DVMRP
- PIM
 - PIM-DM
 - PIM-SM

DVMRP

- Distance Vector Multicast Routing Protocol (RFC1075)
- Flooding & Pruning
- RPM(Reverse Path Multicast)アルゴリズムを使用
- RIP(Routing Information Protocol)から派生したマルチキャスト用プロトコル
- Dense Mode のルーティングプロトコル
- Source Distribution Treeを形成

DVMRP



DVMRPの評価

- 利点
 - RIPに基づいているため、導入が容易である
 - 求めるルータの処理能力が低い
- 欠点
 - マルチキャストの範囲を大きくできない
 - Floodを定期的に行うので、スケーラビリティの問題が発生する

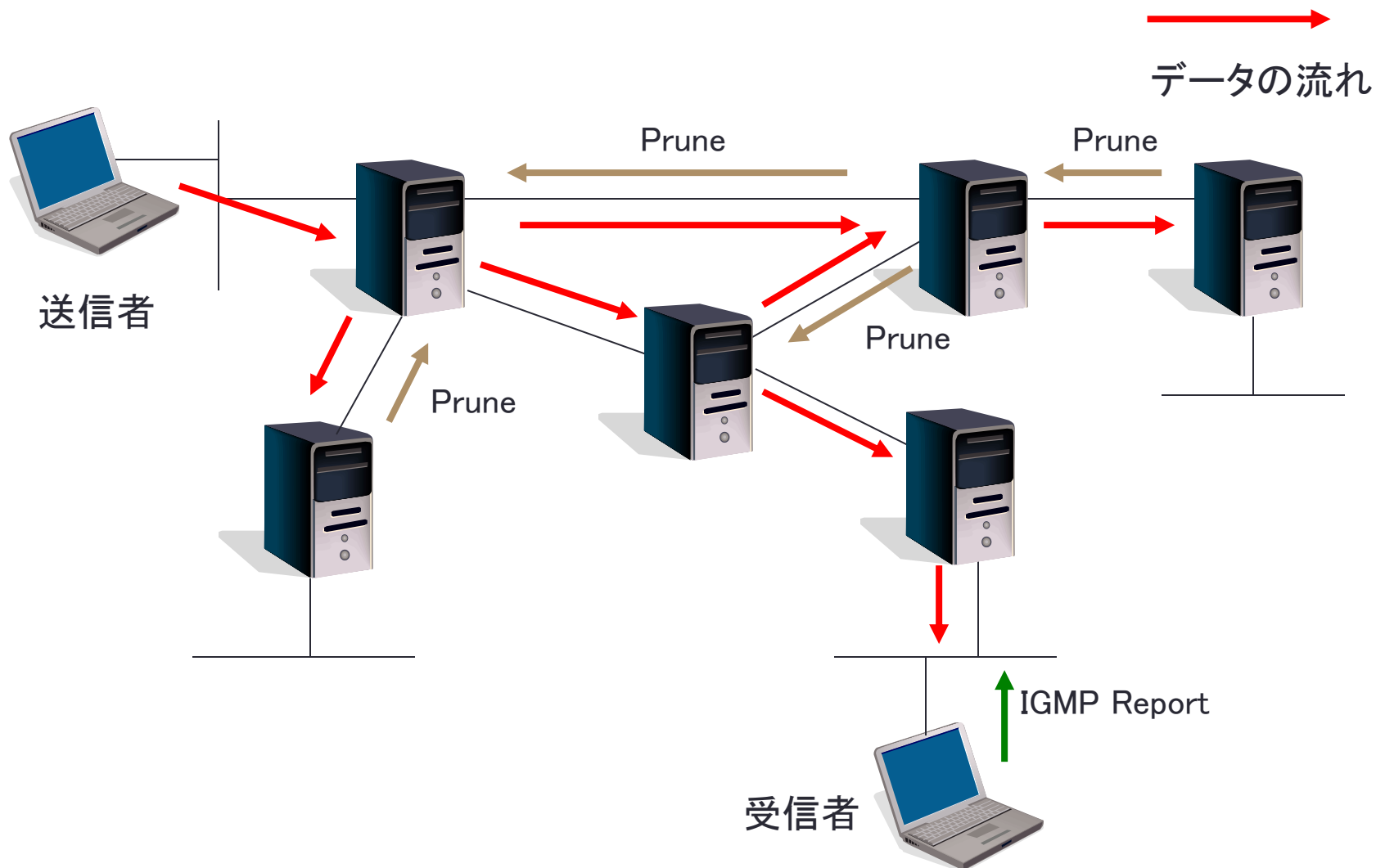
PIM

Protocol Independent Multicast

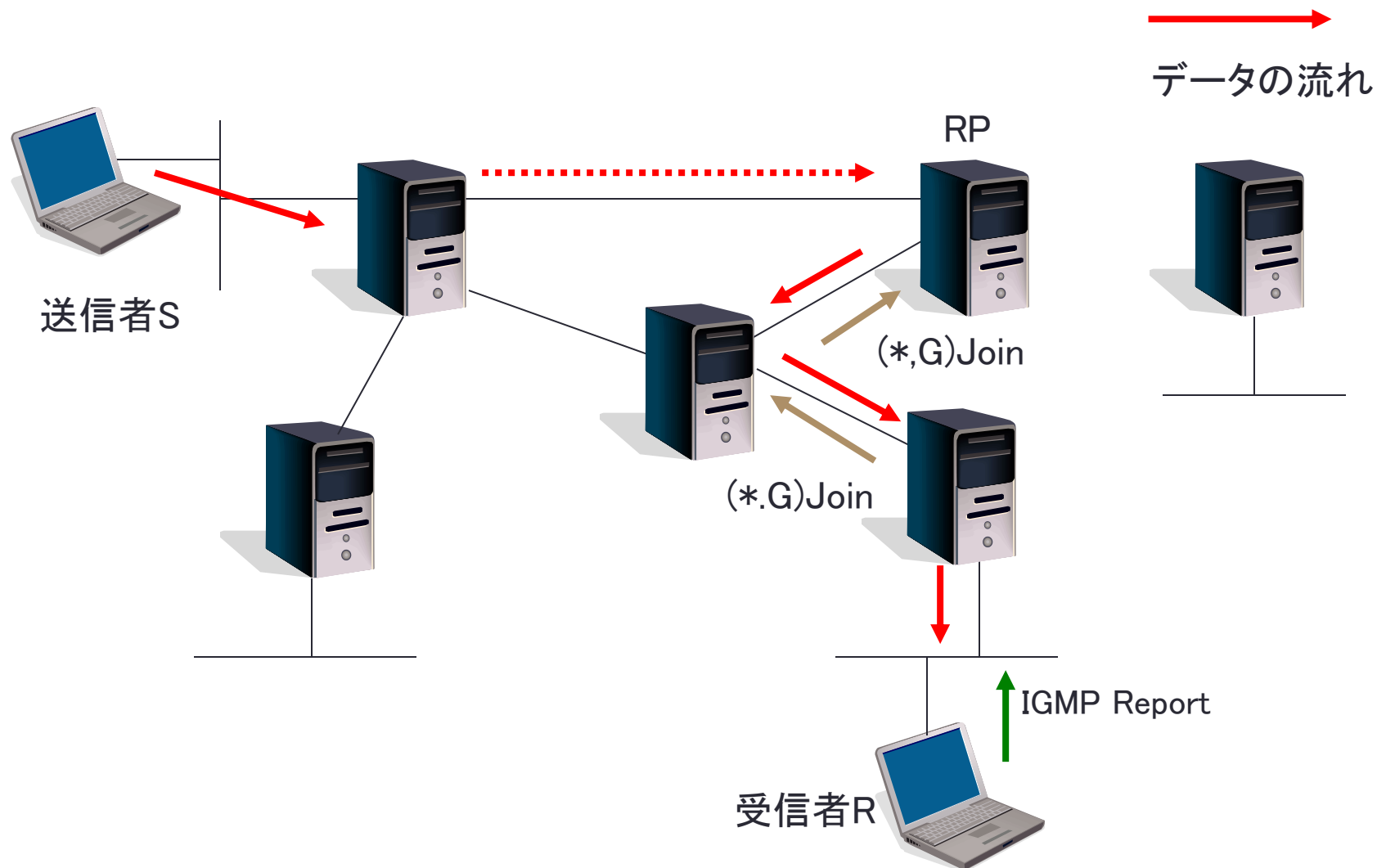
ユニキャストのルーティングプロトコルに依存しない

- Dense mode (RFC3973)
 - 狭い地域で受信者が多く, トラフィックも多いケースを想定
 - Flooding & Pruning (Poison Reverse なし)
- Sparse mode (RFC4601)
 - 広い地域で, 受信者が少なく, トラフィックも少ないケース
 - Rendezvous Pointを設定した共有木を作成する
 - 最短経路木への移行も可能

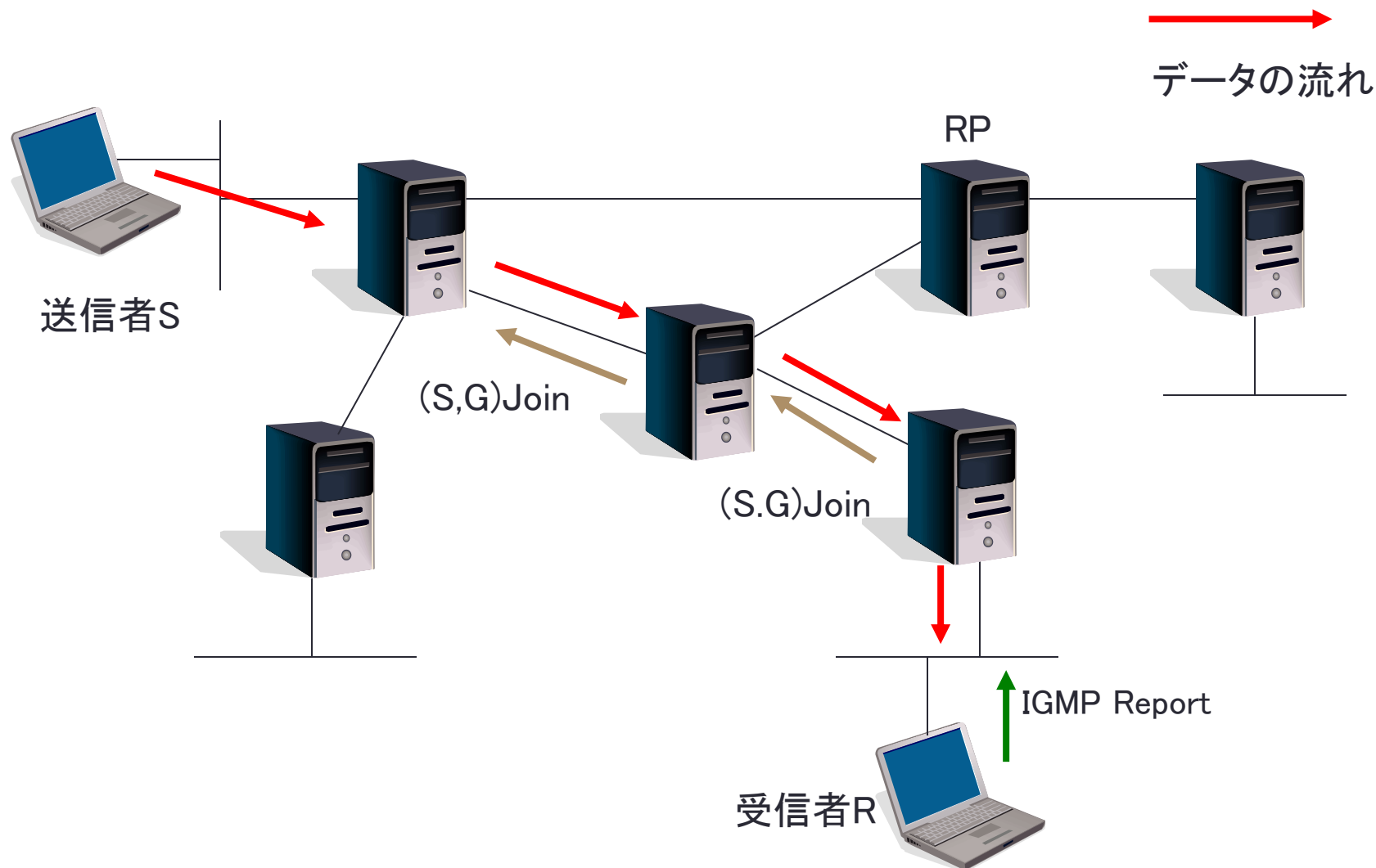
PIM-DM



PIM-SM (Shared Tree)



PIM-SM (Shortest Path Tree)



PIM-SMの評価

- 利点
 - 効率的なshortest path treeを形成することが可能である
 - Joinの届いた枝にしか配送されないため、トラフィックの無駄を軽減できる
- 問題点等
 - Rendezvous Pointが必要になる
 - RPは最適なトラフィックの量で最短木移行を決断する必要がある

IPマルチキャスト Checklist

	Dense	Sparse	Scalable	Protocol Independent	Industry Usage
DVMRP	○			RIP依存	○
MOSPF	○			OSPF依存	○
PIM-DM	○		○	○	○
PIM-SM		○	○	○	○
CBT		○	○	○	

IPマルチキャストの普及状況

- アプリケーション開発側

- 信頼性などは独自に構築する必要がある
 - TCPが使えない
- 全世界への到達性を保障していない
 - インフラが整っていない

- インフラ提供側

- 特殊な機能(IP Multicast 経路構築)を導入する必要がある
 - アプリケーションが少ないため、コストに対する見返りが少ない

IPマルチキャストの普及状況

- アプリケーション開発側
 - 信頼性などは独自に構築する必要がある
 - TCPが使えない
 - 全世界への到達性を保障していない
 - インフラが整っていない
- インフラ提供側
 - 特殊な機能(IP Multicast 経路構築)を導入する必要がある
 - アプリケーションが少ないため、コストに対する見返りが少ない

デッドロック状態！！

今後考慮すべき問題点

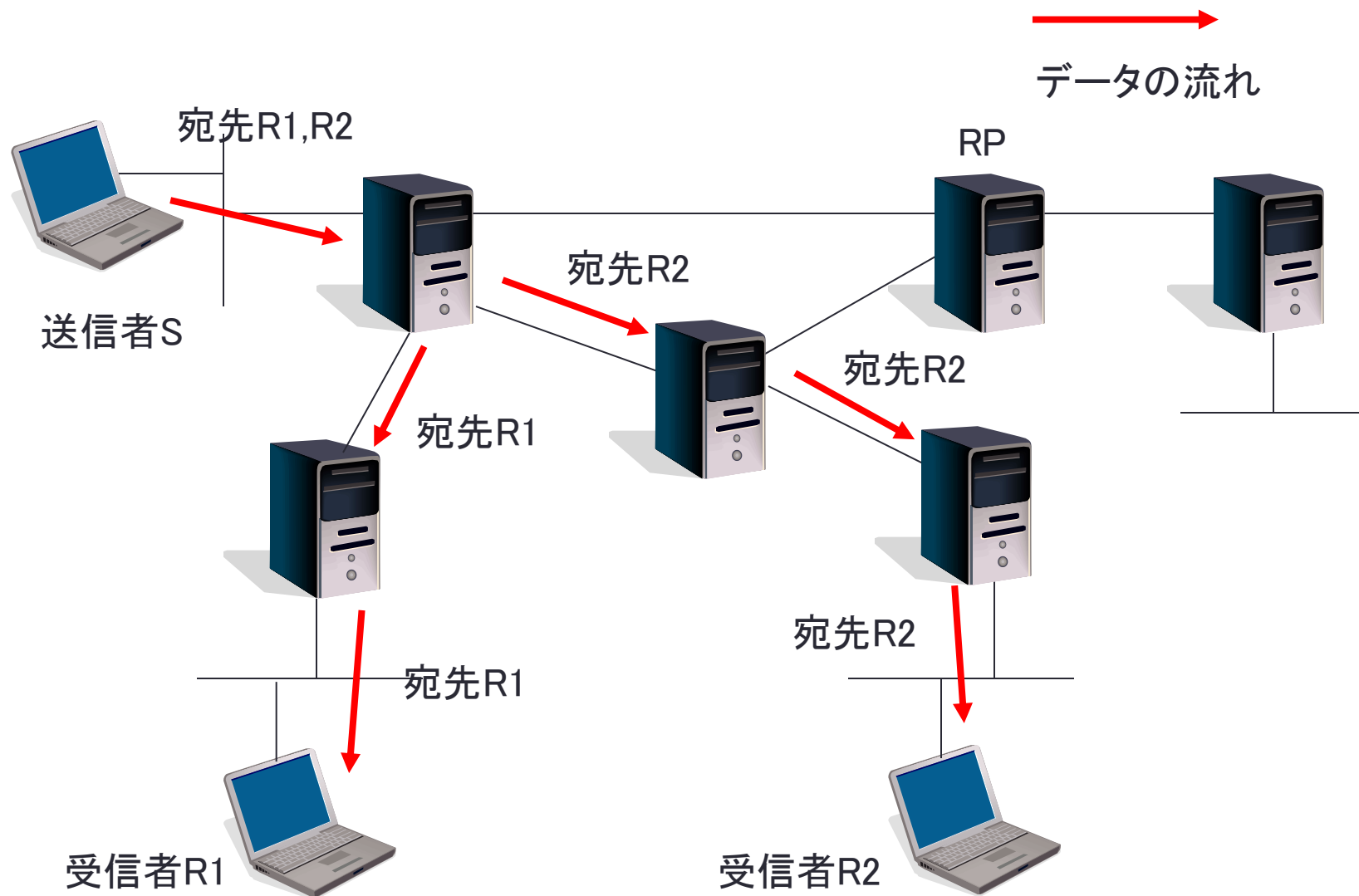
- アプリケーション開発への障害
 - 送信者が受信者を把握できない問題
 - 暗号に関する問題(RSA等の1対1暗号が使用できない)
 - 信頼性の問題(再送が困難である)
- インフラ提供側の問題
 - ルータのメモリサイズの問題
 - RPの負荷集中の問題
 - 相互接続性の問題

XCAST

Explicit Multicast - 明示マルチキャスト(RFC5058)

- 受信者のユニキャストアドレスすべてを指定する
- 複数の宛先をまとめて宛先リストを作る
- IPマルチキャストと異なり送信側駆動である

XCAST



XCASTの評価

- 利点

- 規模の小さなマルチキャストセッションを多数作成できる
- IP マルチキャスト対応ルータが存在しなくても動作する

- 欠点

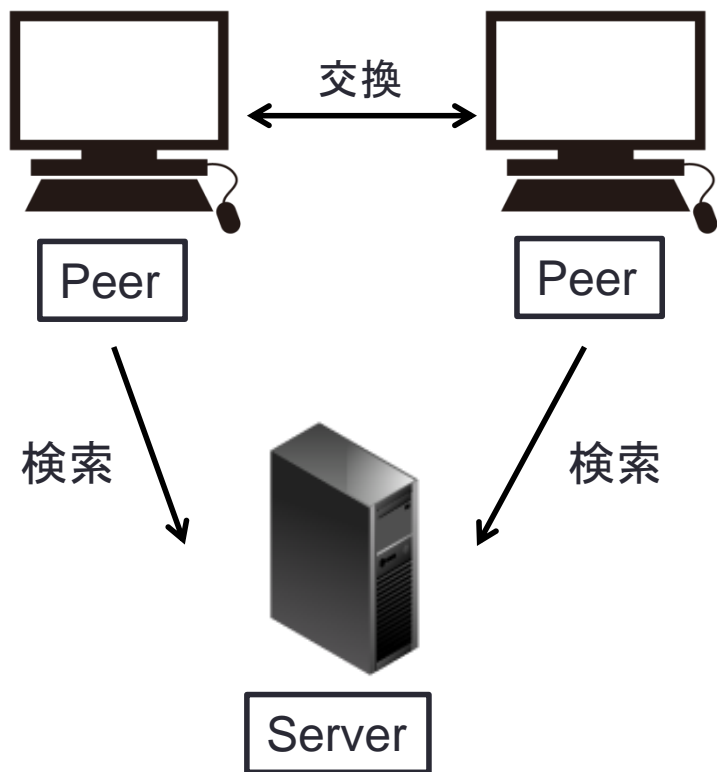
- 規模の大きなマルチキャストセッションでは効率が悪い
 - ヘッダの肥大化
 - 受信者把握が必要

MANETの前に・・・P2Pについて

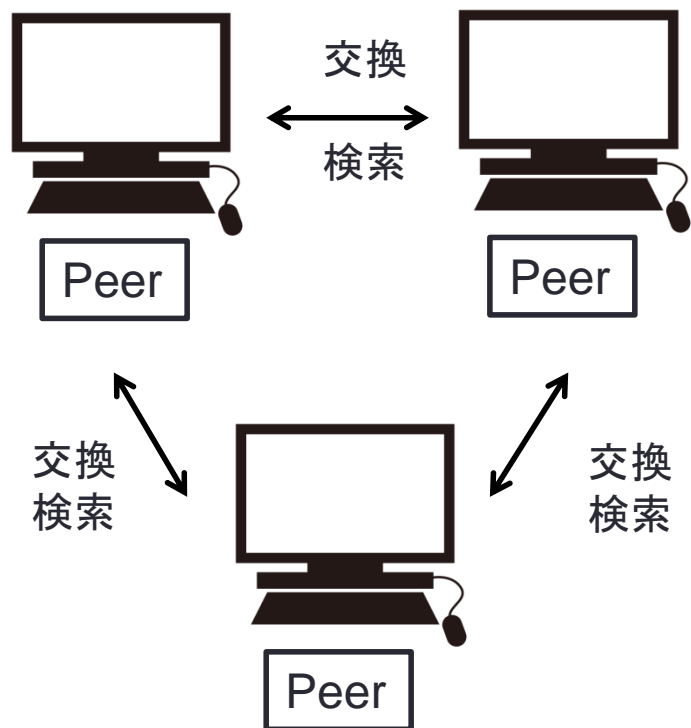
- P2P(Peer to Peer)とは
 - 多数のコンピュータが相互に接続され,情報を送受信するインターネットの利用形態.
また,それを可能にするソフトウェアやシステムの事.
- 利用例
 - Yahoo!動画の中継
 - Winny
 - Skype

P2Pネットワーク

1. HybridP2P



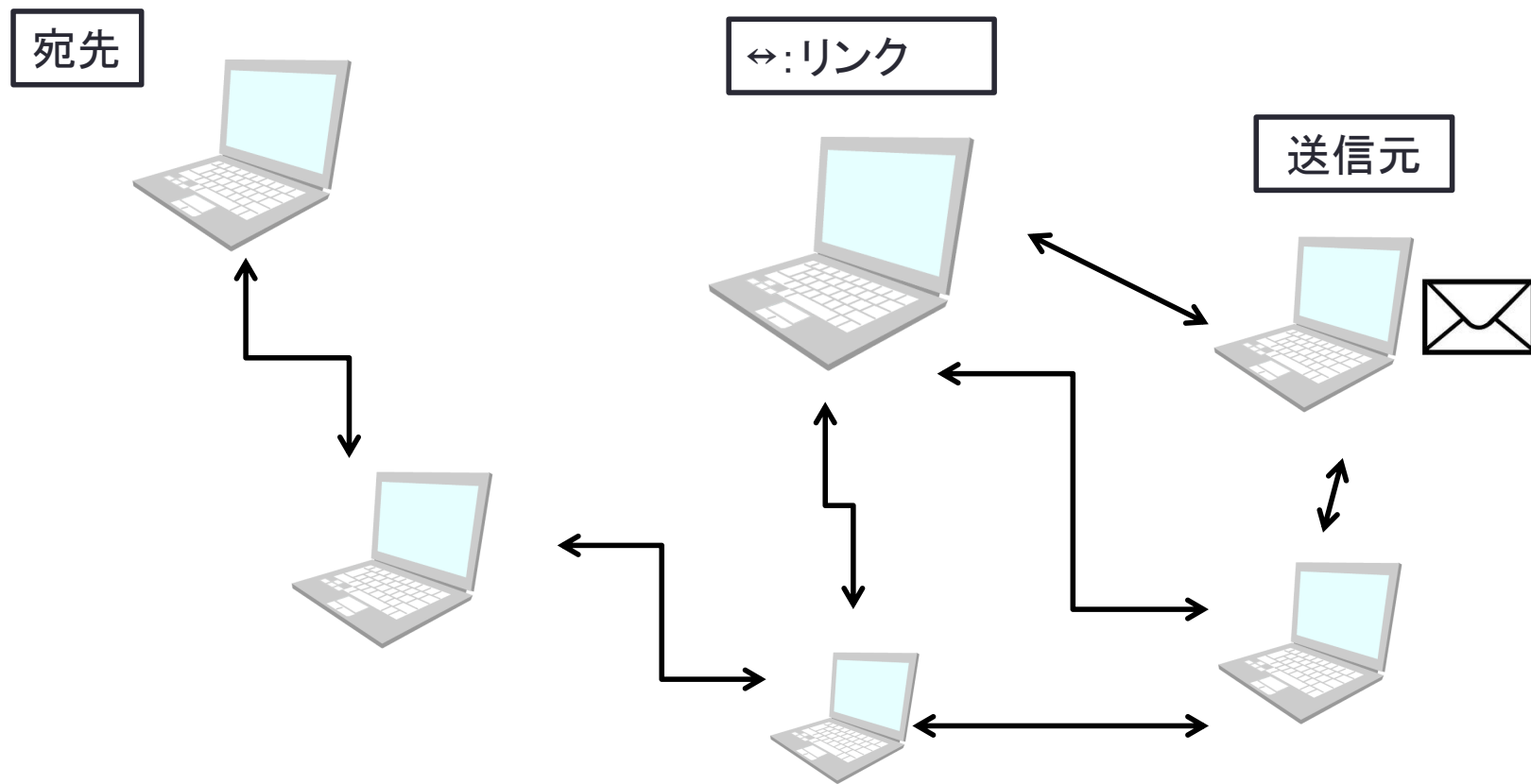
2. PureP2P



アドホック・ネットワーク

- アドホックネットワークとは
 - イーサネットや無線LANのアクセス・ポイントといったネットワーク・インフラを使わずに, 端末同士が直接接続して構成するネットワークのこと
- P2Pと違って事前にインフラを用意しなくても済む
- 利用例
 - 携帯ゲーム機を接続しての多人数プレイ.
 - 災害時のネットワークの代用. 等

アドホック・ネットワーク



Mobile Ad-hoc Network (MANET)

- 携帯端末間におけるアドホック通信によって構成されたネットワーク
- ネットワーク上の端末はルータの様に動作
 - 基地局などの固定インフラが不要
 - 災害時やイベント会場などインフラの機能が低下する状況で有効
- ネットワーク上の端末は移動可能
 - ルーティングにおける制御パケット数の増加が問題に
 - 制御パケット削減の手段としてノードのクラスタリングがある



MANETルーティングの基本知識

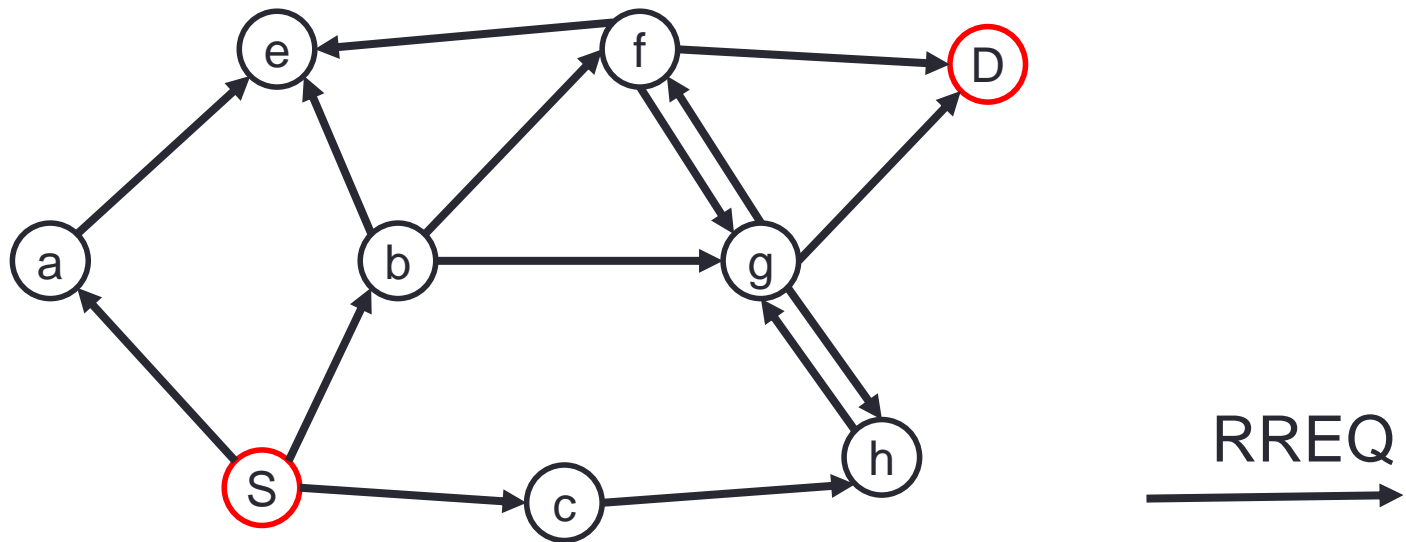
- テーブル作成のタイミングの違い
 - プロアクティブ型
 - ex, Optimized Link State Routing (OLSR)
 - ルーティングテーブル作成の制御情報を定期的に交換
 - 通信開始までの時間が短い
 - リアクティブ型
 - ex, Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV)
 - 通信開始要求とともにルーティングテーブルを作成
 - 通信開始までの時間が長い

AODVプロトコル

- Reactive型
- ノード間のマルチホップルーティング経路を構築するプロトコル。
- 制御メッセージ
 - RREQ , RREP , RERR , RREP-ACK
 - 各メッセージはUDPの654ポートに向けて送信される
- 経路表によるパケットの転送

RREQ (Route REQest)

- 新たに経路を探索するためにネットワークに向けてブロードキャスト(フラッディング)する。



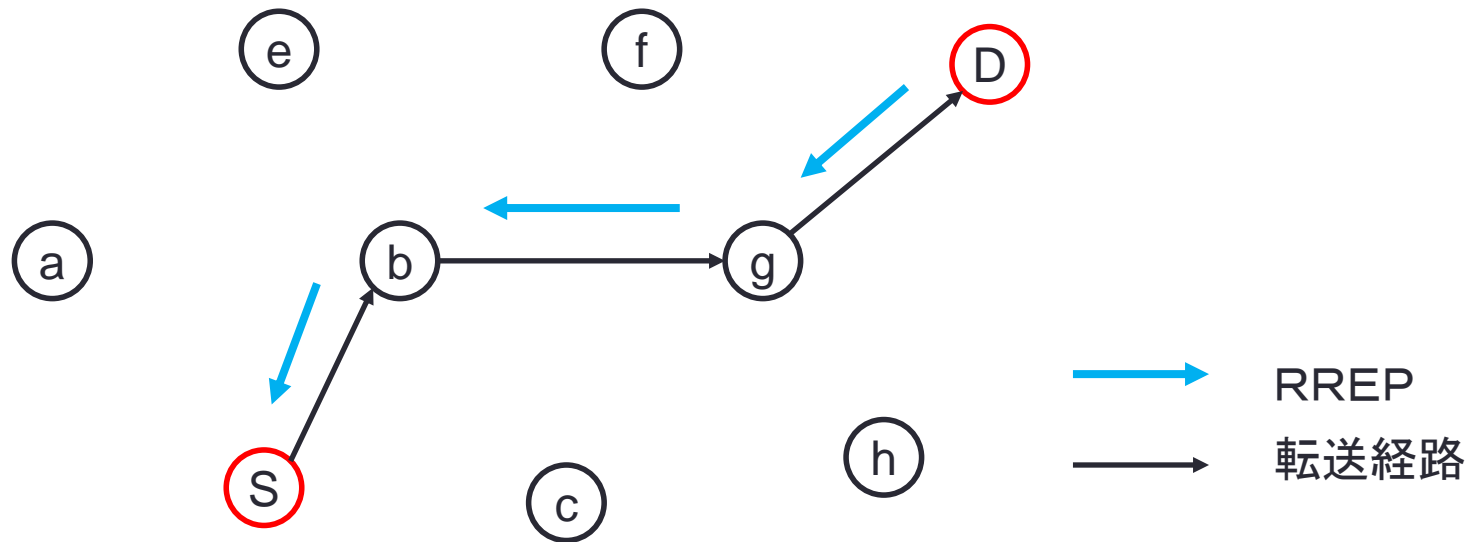
RREQ (Route REQest)

- ヘッダフォーマット

タイプ(8)	J	R	G	D	U	予約済み(11)	ホップ数(8)
RREQ ID (32)							
送信先IPアドレス (32)							
送信先シーケンス番号 (32)							
送信元IPアドレス(32)							
送信元シーケンス番号 (32)							

RREP (Route Reply)

- 送信先ノードがRREQメッセージの返事として、送信元へ送信する



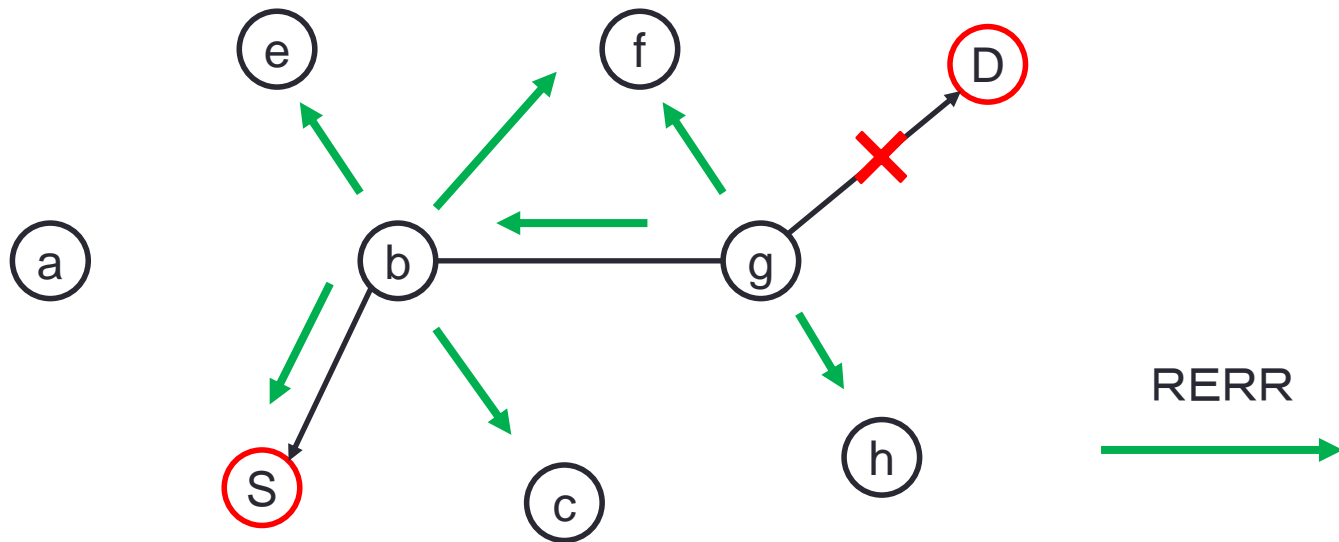
RREP (Route Reply)

- ヘッダフォーマット

タイプ(8)	R	A	予約済み(9)	Prefix(5)	ホップ数(8)
送信先IPアドレス(32)					
送信先シーケンス番号(32)					
送信元IPアドレス(32)					
生存時間(32)					

RERR (RouteERRor)

- リンクに障害が起きた時に、その影響を受ける隣接ノードに送信される。



RERR (RouteERRor)

- ヘッダフォーマット

タイプ(8)	N	予約済み(15)	送信先数(8)
不達送信先IPアドレス			
不達送信先シーケンス番号			
不達送信先IPアドレス			
不達送信先シーケンス番号			
⋮			

DTN(Delay, Disruption, Disconnection Tolerant Networking)

- 連続した通信状態を保てない環境を想定
 - MANETにおける通信はそういった環境
- 通信不能ならデータを蓄積, 通信可能なら転送
※2ホップの場合



- データの送信は遅延するがいつかは届くというスタンス
- すれちがい通信はDTNの一種

すれちがい通信

- 1～数ホップのFloodingのような通信手法
 - 遭遇した端末全てに情報を伝達
 - 感染型ルーティング (Epidemic routing)



- 厳密なブロードキャストではなく, 1対1通信を複数回実行
 - 通信プロトコルはwifi , Bluetoothなどに準拠

すれちがい通信の問題点

- 通信環境を端末密集地帯(イベント会場など)に限定
 - 不特定多数を宛先とする情報(広告など)を配信する状況を想定



- 周囲の全端末と一度に通信が不可能
 - 時間経過により通信すべき端末と通信ができない可能性



今回のまとめ

- IPマルチキャスト
 - 多対多の通信をサポートする通信
 - TCPが使えない
 - 配送経路は独自仕様(Unicastとは異なる方法)で決定する必要がある
 - 配送経路には共有木と最短経路木(最短木)がある
 - 受信者の偏り具合でDenseとSparseの2種類のモードがある
 - DVMRP
 - PIM
- XCAST
 - IPマルチキャストもどき?の1対多通信
 - 特殊なルータを必要としない
 - 受信者数が多いとオーバーヘッドが大きくなる
- MANET
 - プロアクティブ型とリアクティブ型の2種類のルーティングプロトコルがある
 - DTN