

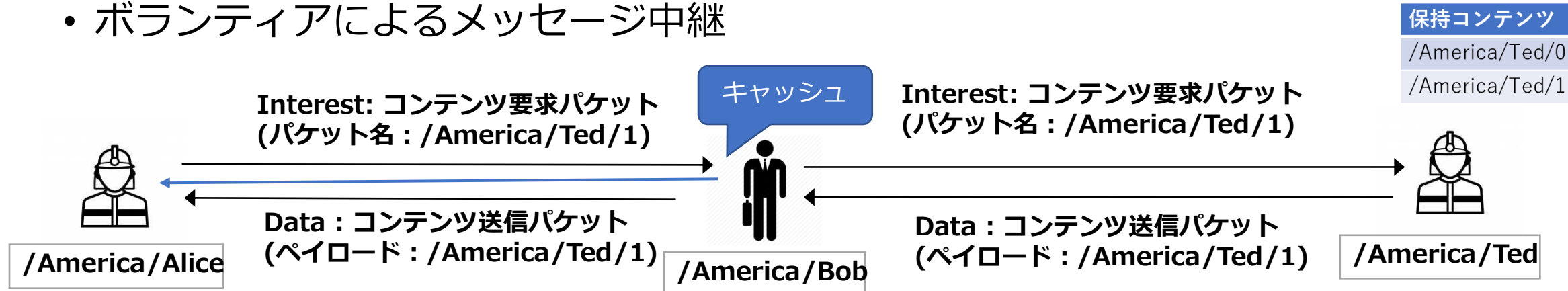
災害時におけるアドホック網 上のICNに基づくグループ通 信の設計と実装

2021/12/17

中川慶彦、武政淳二、小泉佑揮、長谷川亨

災害時のグループ通信

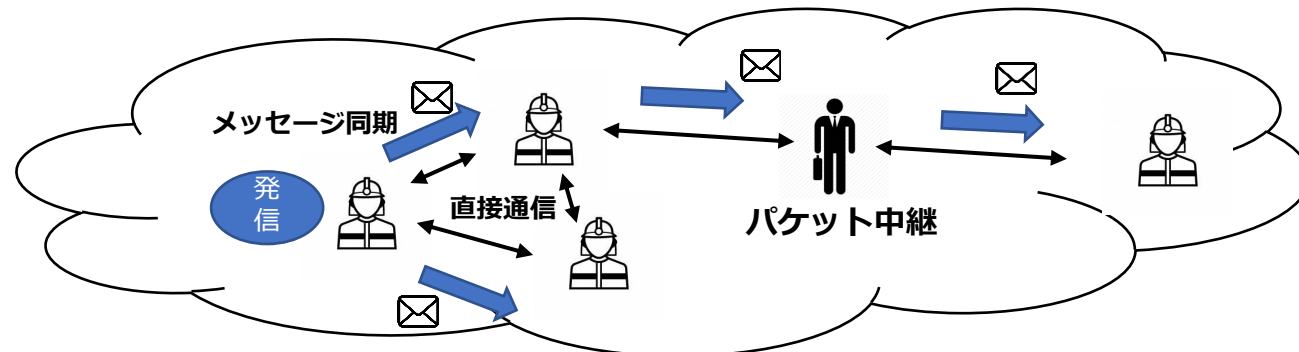
- グループ通信
 - グループ: 消防や警察など同一ミッションを遂行するメンバ
 - 通信: メンバ同士が救助指示などのメッセージを共有
- 通信環境: アドホックネットワーク/DTN
 - メンバ間のリンクは不安定で、断続的に接続・切断
- アプローチ
 - ICNによるグループ通信
 - 名前ベース通信によるグループ指定
 - ネットワーク内キャッシュの応用
 - ボランティアによるメッセージ中継



システムモデル

■ノード定義

- メンバ：消防士や警察官など、グループを一時的に形成しメッセージを発信、要求する者
 - メッセージ発信者：メッセージを生成、送信 [Dataパケットにて] [Producer]
 - メッセージ要求者：メッセージを**メンバ毎**に要求 [Consumer] [Interestパケットにて]
- ボランティア：直接通信できないメンバ間にて、パケット転送（中継）



プロトコルの要求と課題

- 要求
 - アドホック網内でのグループ通信を提供
 - アップダウンを繰り返すリンクに対して、高いメッセージ配達率を実現
- 課題 (災害環境において)
 - IP通信： 中央サーバへの参加処理、名前解決による遅延が発生
 - エンドツーエンドの通信： 経路喪失によるロス率が高い
 - 不安定なリンク： トポロジの変化が激しく、トリガーアップデートの頻度上昇によるパケット流入量の増加

プロトコル設計方針

- ① ICNの採用
 - 移動体に対するコンテンツ取得に適している
 - メンバ毎に名前を付与し、メンバ名を宛先としてメッセージを取得
 - 全メンバに対して、メッセージの取得を図る
- ② プル型通信とインターネットワークキャッシュの応用
 - リンクダウン時に、Producer宛のパケットをキャッシング
 - Interestの再送機能を用いて、リンクが回復する度にProducerの元に徐々に近づける戦略
- ③ 距離ベクトル型プロトコルを採用
(理由) リンク状態の変化が激しいから
 - +a, 経路消失時への対処を追加
- ④ 近隣探索プロトコルの採用
 - 最適なフォワーディング先を決定
 - Inactiveなノードを特定

プロトコル構成

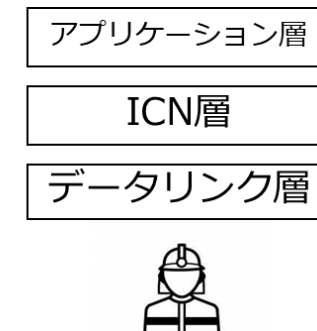
- アプリケーション層（グループ通信アプリケーション）
 - ICN層に未受信メッセージの要求を指示
 - 要求中かつ未受信のメッセージを再要求指示
- ICN層
 - 名前にてメッセージを要求
 - キャッシング
 - 距離ベクトル型プロトコルを利用した、経路の制御
- リンク層
 - 隣接ノードの発見、管理



Consumer



ボランティア



Producer

命名規則

- グループ識別子：グループに対して、一意に付与
- Producer識別子：Producerに対して、一意に付与
- メッセージ識別子：Producerが生成したメッセージを、順序番号にて一意に識別

(例) **/消防隊/中川/4**

グループ識別子

Producer識別子

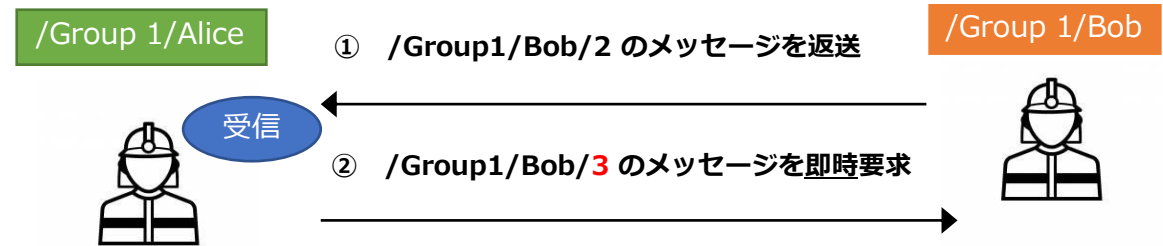
メッセージ識別子

アプリケーション層の設計

- Consumerの動作

- メッセージの要求

- 受信したメッセージの、次（順序番号+1）のメッセージを即座に要求



- ICN層にInterestの再送要求

- Producerの動作

- メッセージの生成

- 生成後、レポジトリにストア

- メッセージの配信

- Interestパケットにて、要求されたメッセージがレポジトリに存在する時、PITを参照してメッセージを返送

ルーティング（ICN層）の設計

- 基本動作
 - <Producer名、ホップ数> を組とする距離ベクトルデータを広報することで経路作成
- 追加方針
 - リンクが再UPした際に既存の経路を利用したい
 - 遠方ノードにおける経路を一番に削除したい
- 追加方針に対するアプローチ
 - リンクダウン時に、経路（エントリ）を即削除しない
 - 時間経過による段階的な、経路のメトリック値（ホップ数）を乗算
 - 経路を受信した場合は、メトリック値をリフレッシュ

経路選択プロトコル (2)

仮定：10秒でメトリック値2倍

Aの経路情報

name prefix	next-hopのMACアドレス	ホップ数
/Group A/Bob	MACアドレス(Forwarder)	1

10秒後

Aの経路情報

name prefix	next-hopのMACアドレス	ホップ数
/Group A/Bob	MACアドレス(Forwarder)	2

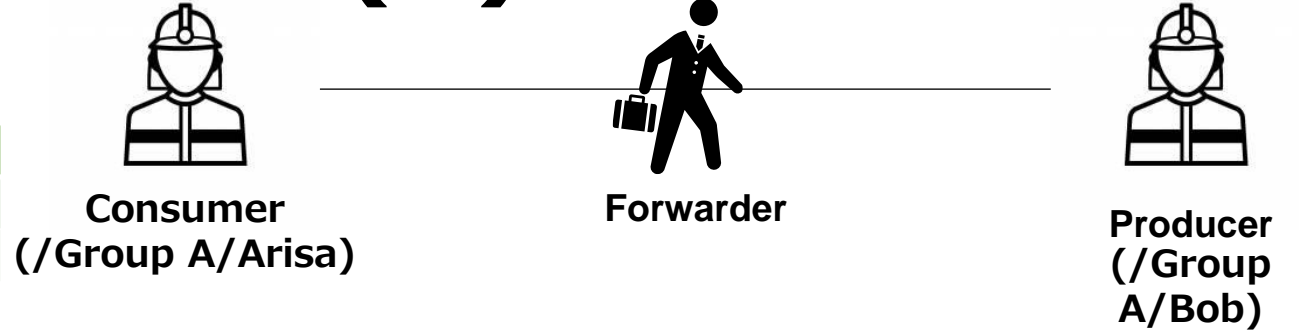
経路を即削除しない

30秒後

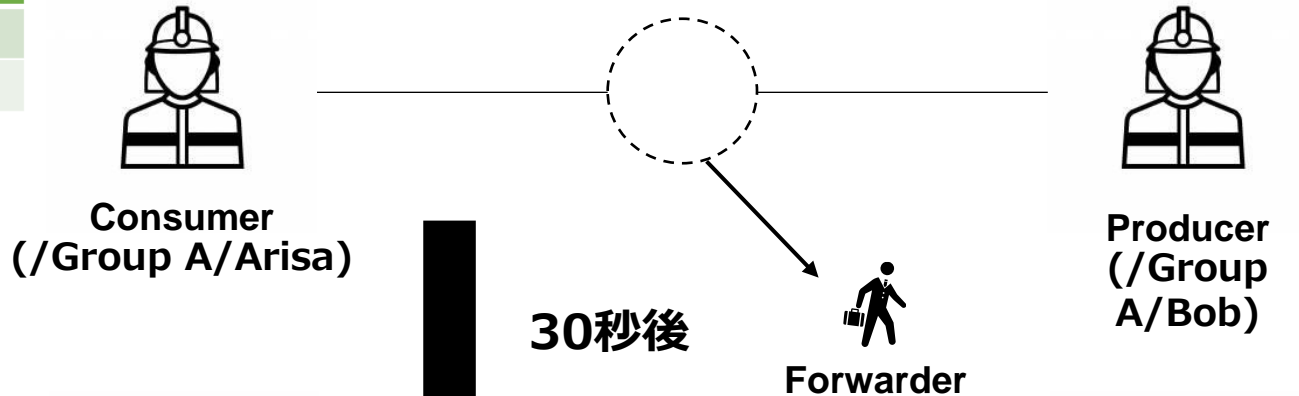
経路を削除

Aの経路情報

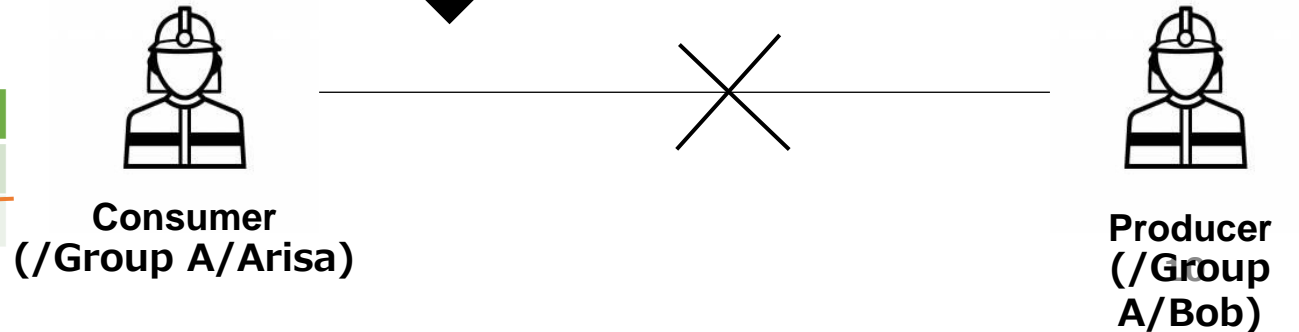
name prefix	next-hopのMACアドレス	ホップ数
/Group A/Bob	MACアドレス(Forwarder)	16



10秒後



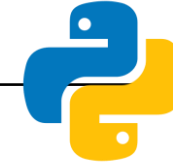
30秒後



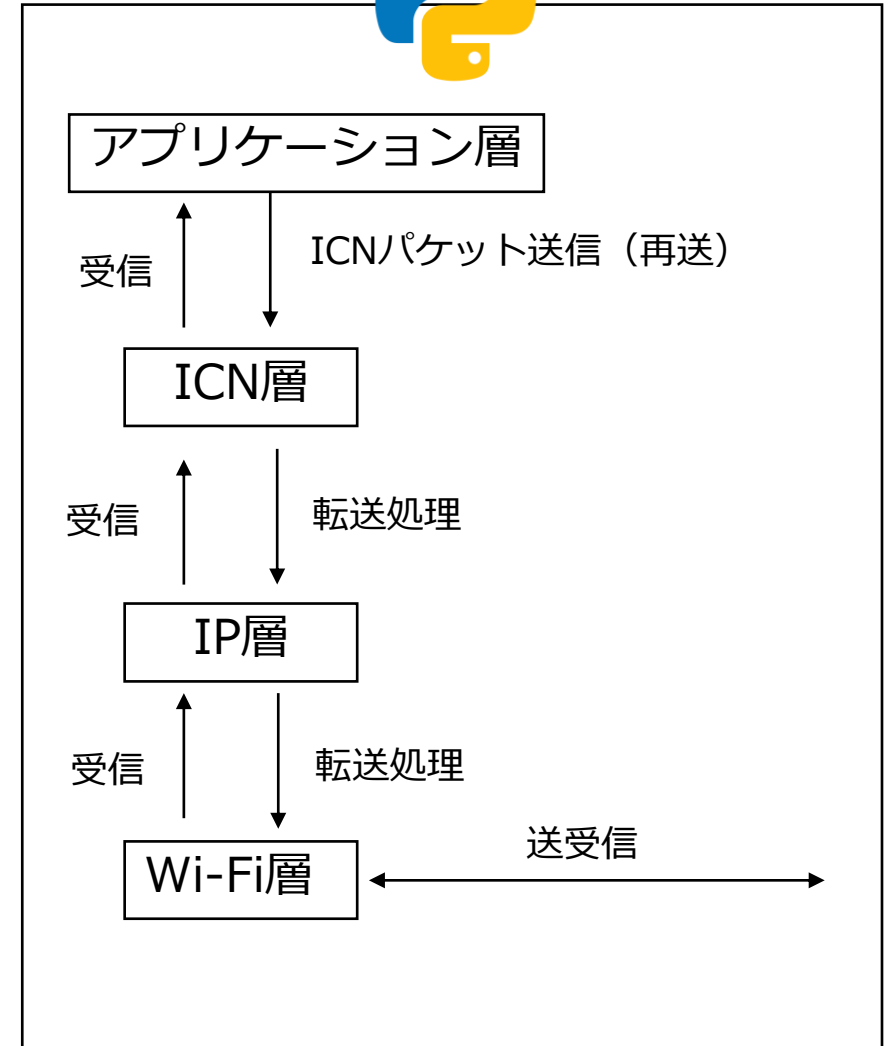
リンク層の設計

- 自身の存在を広報
 - 定期的に、自身のMACアドレスをBeaconパケットにて広報（Wi-Fiを利用）
- 隣接関係を管理
 - 受信したMACアドレスをリンク管理リストにストア
 - 一定期間、受信していないMACアドレスは **Inactiveなメンバ**と捉え、上記管理リストから削除

実装概要



- 想定するネットワーク
 - アプリケーション層
 - ICNパケットの送受信のタイミング管理
 - ICNパケットの再送管理
 - ICN層
 - ICNパケットの転送制御、キャッシング制御
 - リンク層
 - IP層
 - ICN通信を支えるリンク層
 - Wi-Fi層
 - 隣接関係の構築
- 層における制御を1つのPythonプログラムが処理



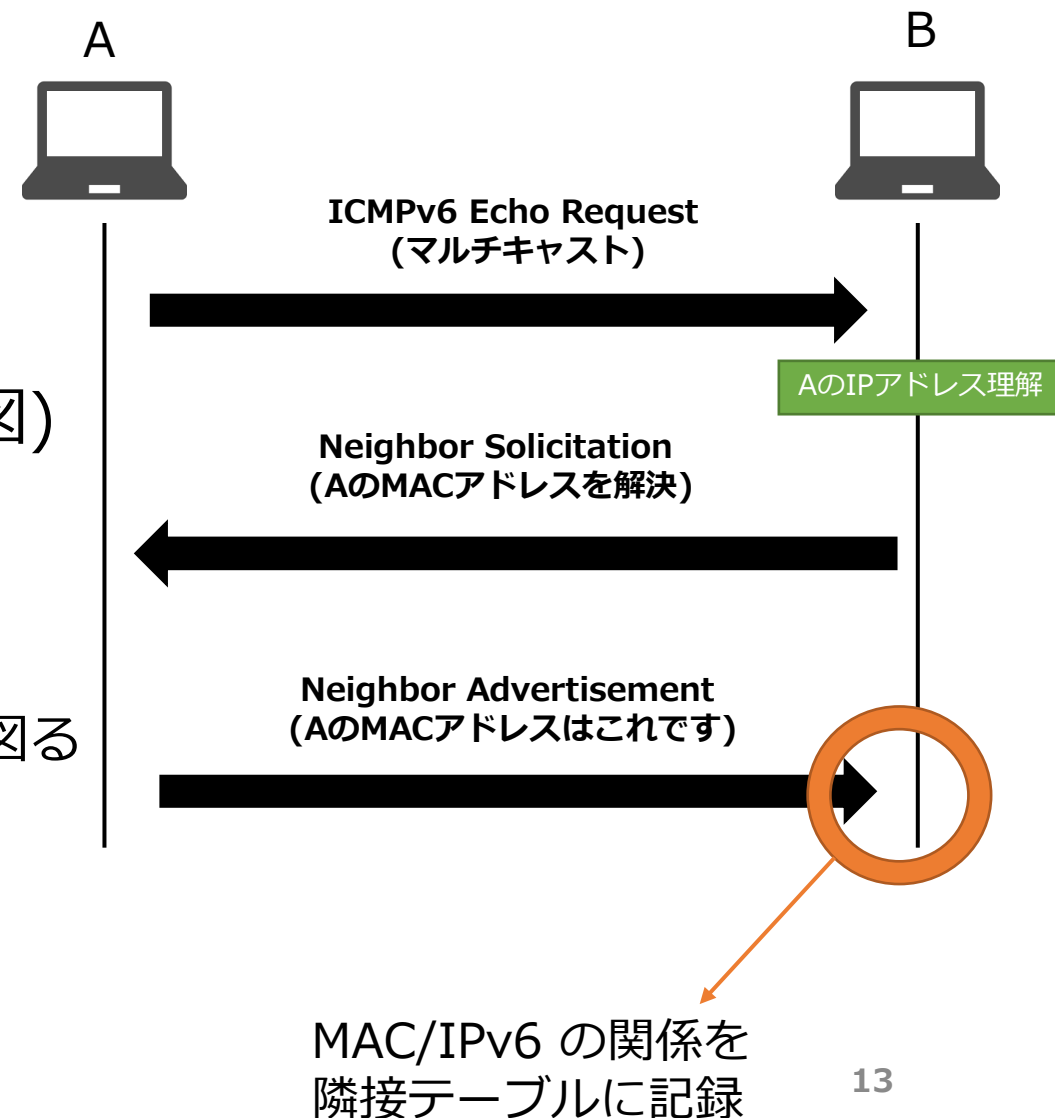
リンク層の制御

- 方針

- Wi-Fi Directにて隣接ノード間のリンクを確立
- ICMPv6/IPv6でMACからIPアドレスを解決

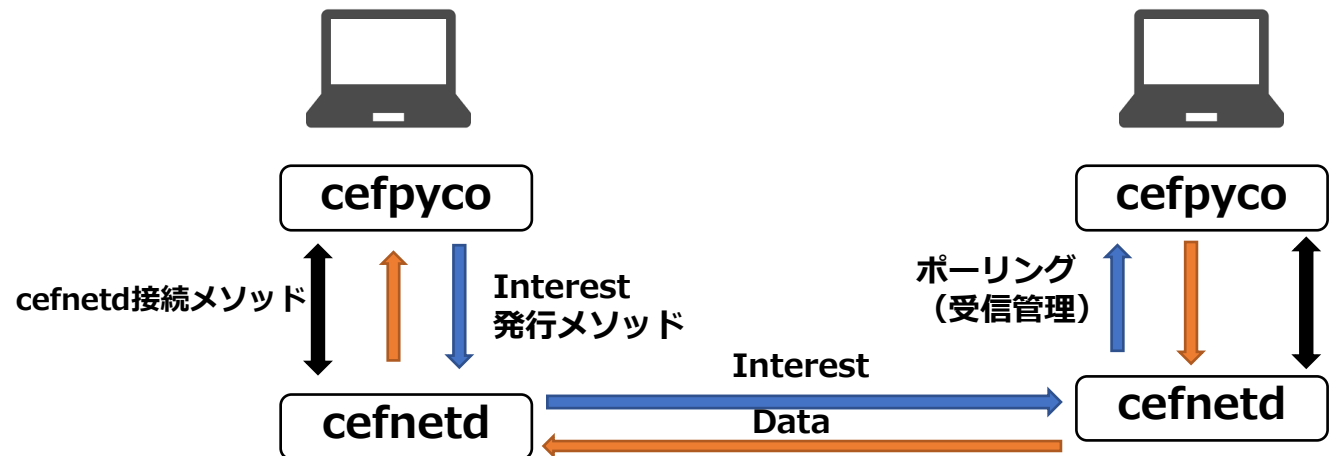
- MACからIPアドレスを解決するフロー(右図)

1. AがICMPv6 Echo Request パケットをマルチキャストで配信
2. BがICMPv6 Echo Request パケットを受信し、AにICMPv6 Echo Replyを返信するために、AのMACアドレスの取得を図る



ICN層の制御

- ICNの基本処理（フォワーディング、キャッシング）
 - Cefore (+ Cefpyco) を利用
 - リンク層（IP+Wi-Fi Direct）でアップ（ダウン）したリンクをCeforeのFIBに投入（削除）
- ルーティング：静的ルーティング
 - ディスタンスベクトル型経路制御は未実装
 - 事前知識としてメンバ情報（名前、nexthopのipアドレス）のリストを各ノードに与えた

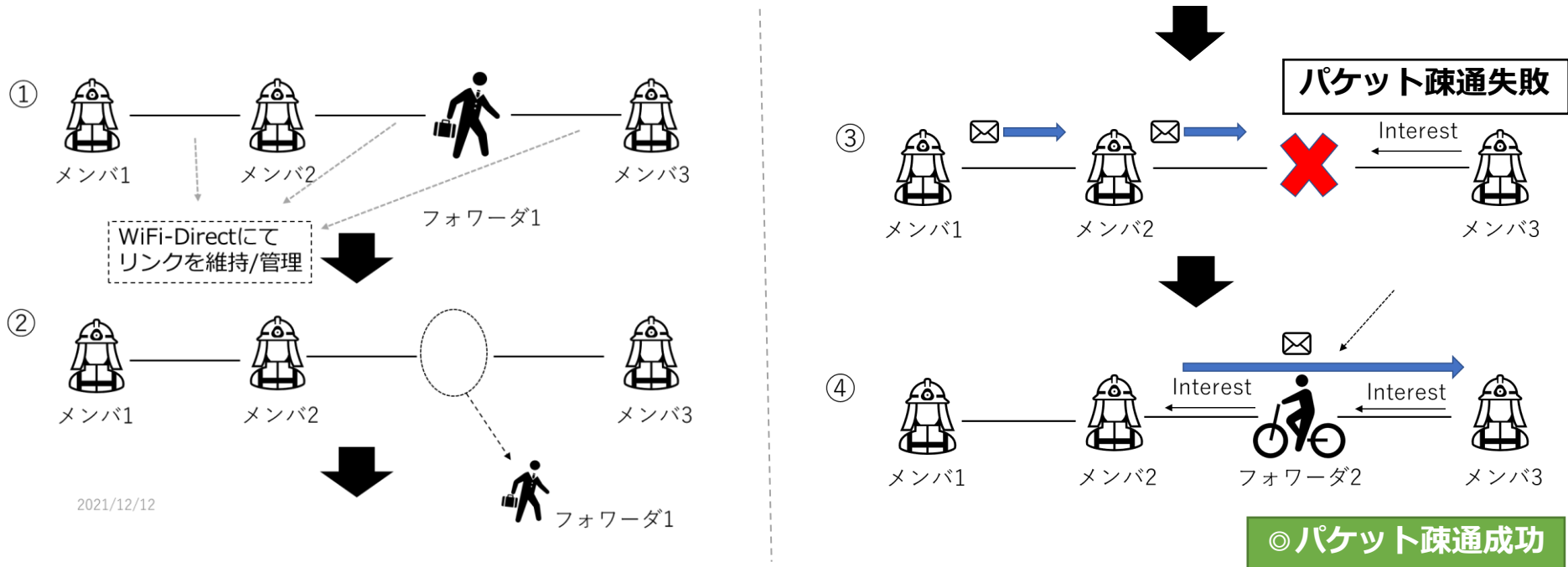


アプリケーション層の制御

- 管理すべき項目
 - Consumer
 - 取得メッセージの管理
 - Interestの再送管理
 - Producer
 - 生成メッセージの管理
 - Pending Interestの管理
- 実装法
 - Interestの再送制御
 - 一定間隔で再送

実験シナリオ

- 稼働台数：4台（内、メンバ3台、フォワーダ1台）
- シナリオ：フォワーダの離脱により途絶えた経路だが、新たなフォワーダの参加により経路が回復



デモ

アドホック網上のグループ通信 デモンストレーション

スマートコミュニティを支える高信頼ネットワーク構成技術の研究開発
ソーシャルメディア時代の高信頼災害時通信の研究開発
管理番号: 19303

国立大学法人 大阪大学
国立大学法人 静岡大学
学校法人名古屋電気学園 愛知工業大学

まとめ

- プロトコル設計
 - ICN通信の採用
 - プル型通信の採用
 - 距離ベクトル型ルーティングを改良
 - 近隣探索プロトコルの採用
- 実端末への実装
 - オープンソースソフトウェアやICMPプロトコルを利用し、上記プロトコルを実装