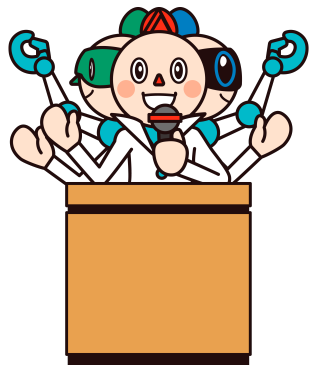


Raspberry Pi を用いた小規模環境に向けた メッシュネットワークの構築と運用

◎小松聖矢⁽¹⁾⁽⁴⁾, 宮川慎也⁽²⁾, 竹原一駿⁽³⁾, 白石啓一⁽⁴⁾, 横山輝明⁽⁵⁾, 猪俣敦夫⁽⁶⁾

(1)奈良先端科学技術大学院大学, (2)名古屋大学大学院, (3)香川大学,
(4)香川高等専門学校, (5)情報通信研究機構, (6)大阪大学



研究背景 (1/2)

○ Wi-Fi メッシュネットワークへの期待

- 構築の手軽さや帯域の向上などの理由 [1]
- 災害時の状況把握にも活用 [2]
- IEEE802.11s で規格がまとまった

○ 仮設ネットワークの需要

- イベント会場や工事現場, 学生寮 など

研究背景 (2/2)

- 高専や大学の学生寮のネットワーク環境に着目
 - ・ 研究・教育施設に比べ学生寮のネットワーク環境は整備が遅れている
- 発表者らが居住していた学生寮の例
 - ・ 1つの階に30名ほどが居住
 - ・ 寮全体では約150名ほどのトラフィックを4台のAPで処理
 - ・ 夜やテスト期間は、通信が不安定・不通となる
- 有線でインターネット接続性を得ることが一般的
 - ・ 配線には50万円程度の工事費
 - ・ 予算面から工事を行うことは難しい
 - ・ 配線の自由度が少ない

○ アクセスポイントの設置場所



学生寮全体写真とAPの設置場所

研究方針

- 実用的な**Wi-Fiメッシュネットワーク**を安価なハードウェアで実現する
 - ・ 小規模環境に向けた将来のネットワークを目指す
 - ・ 環境情報の取得, 可視化もできるIoT・サービスの基盤
 - ・ 学生寮にも導入できる程度に費用を抑える (先ほどの例では50万円以下)

Messiah-Netの開発

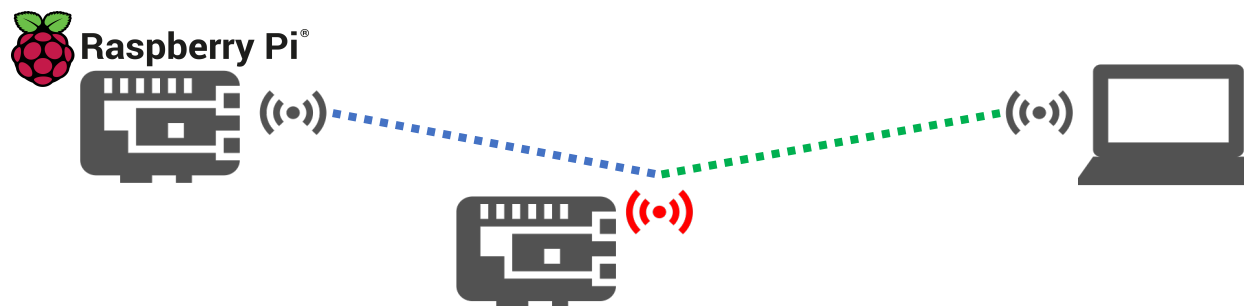
複数台のRaspberry Piでネットワークを構築した評価実験

- 先行研究
 - ・ 家庭内ネットワークにおける管理運用情報の取得や可視化を行う研究 [3]
 - ・ RPiでのメッシュネットワーク構築のためのテストベッドの開発 [4]

RPiのメッシュネットワーク構築時の課題

○ RPiの無線インタフェース

- Model 3B+は100 [Mbit/s] のリンク速度
- RPi-RPiのトラフィックとRPi-端末のトラフィックは同じインタフェースを利用

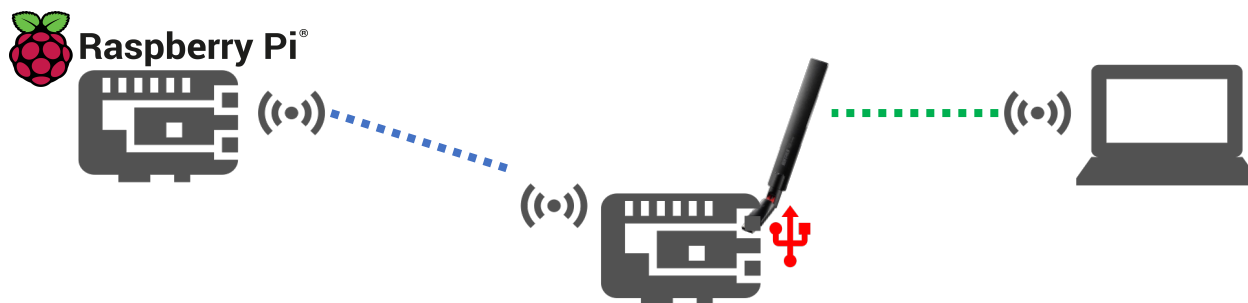


中継ノードを介した通信時のネットワーク

1-hop以上の経路で帯域幅の著しい低下を確認

提案手法

- パケット転送時に異なるインタフェース利用による帯域向上
 - ・ 1台以上の中継ノードを経由する際の帯域幅を向上させたい
 - ・ 異なるチャネルを利用することも可能
- USB端子で接続する無線インタフェースを利用
 - ・ Buffalo WL-U2-433DHP



異なるインタフェースを用いたネットワーク



Buffalo WL-U2-433DHP

検証実験

- 提案手法で課題が解決されるか調査を行う

実験機器

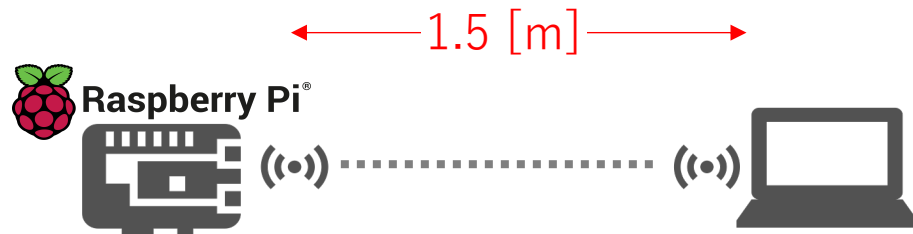
実験機器	対応規格	利用目的
Raspberry Pi 3B+	IEEE802.11a/b/n/ac (2.4/5GHz)	帯域測定, パケット転送
ThinkPad X250	IEEE802.11a/g/n (2.4/5GHz)	帯域測定
WL-U2-433DHP	IEEE802.11a/b/n/ac (2.4/5GHz)	RPiで複数チャネルを利用

- iperf3
 - 帯域測定に利用

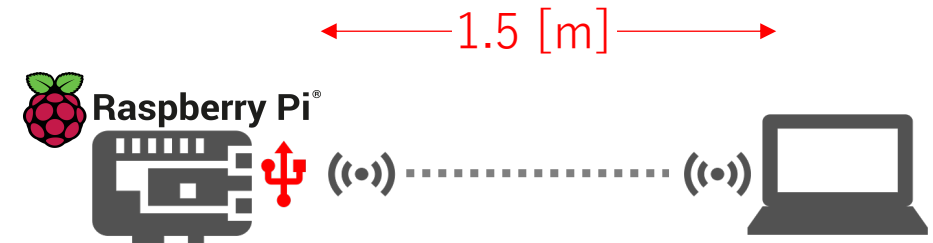
無線インタフェースの帯域調査（直接リンク）

○ RPi-ThinkPadでの帯域幅を測定

- ・ オンボードのインタフェースと，USBで追加したインタフェースで帯域幅が大きく異なることを確認する
- ・ Iperf3を用いてTCPの帯域幅を測定
- ・ 測定機器はそれぞれ1.5 [m]離す



① オンボードの無線インタフェース



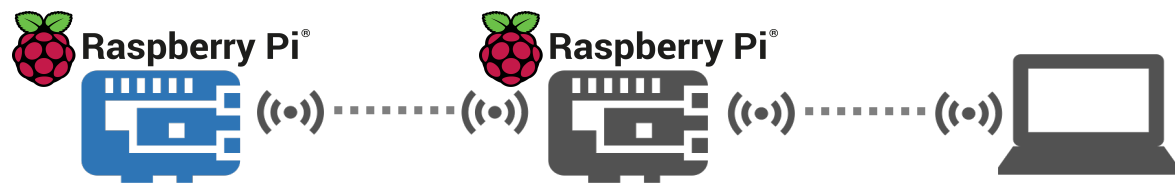
② WL-U2-433DHP (USB 2.0 接続)

実験結果

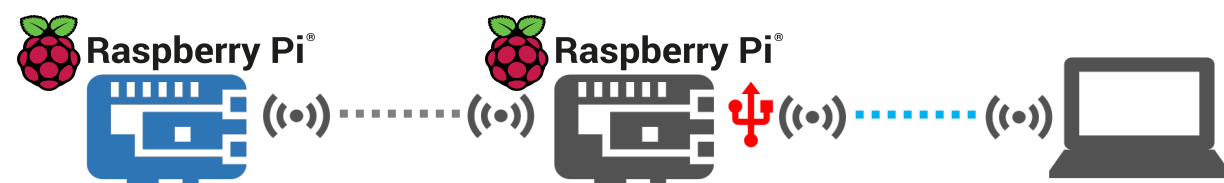
インタフェースの種類	iperf3で測定した帯域	計測値の詳細
① オンボードの無線インタフェース	39.2 Mbit/s	1.0s間の転送量を10s間計測した平均値
② WL-U2-433DHP (USB 2.0 接続)	36.0 Mbit/s	1.0s間の転送量を10s間計測した平均値

無線インタフェースの帯域調査 (1-hop)

- 1-hop時の帯域幅を測定
- 利用機材は直接リンク時と同じ， 端末間の距離は1.5 [m]



③ 既存のインターフェースのみ



④ USBの追加インターフェース利用

実験結果

インタフェースの種類	iperf3で測定した帯域	計測値の詳細
③ 既存のインターフェースのみ	7.70 Mbit/s	1.0s間の転送量を10s間計測した平均値
④ USBの追加インターフェース利用	16.3 Mbit/s	1.0s間の転送量を10s間計測した平均値

考察

○ 帯域が向上した理由

- インタフェース, チャンネルの**利用率**が下がったため
- Up link利用時にDown linkを利用できない状況を回避
- 端末間の距離によっては**隠れ端末問題**が発生し, 送信効率の低下が考えられる

○ 課題

- 測定機器の距離を変更して**再実験**する必要がある
- USBの追加インタフェースを使って, 同じチャンネルで**追加実験**を行う
- 効率的なチャンネル割り当てについて調査
- 自治体や**小規模イベント**における有用性検証も進める
- 状況に合わせたパッケージ化の検討

おわりに

○ まとめ

- 仮設ネットワークの需要に**Wi-Fi メッシュネットワーク**の利用を提案
- 学生寮のネットワーク環境の向上に着目
- Messiah-Netを開発している
- 複数台のRPIにてネットワークを構築し、評価実験を行った
- インタフェースの分離にて、1-hop時の**スループット向上**を確認した
- 活用先の模索・検討と環境に応じた柔軟なシステムの**実用化**を目指す

○ 拡張機能の導入

- ネットワークの**安定的運用**
- 各RPIのモニタリング機構
- ログ情報の収集
- 使用状況に合わせた**既存製品とは異なる拡張**

参考文献

- [1] Google Nest Wi-fi, https://store.google.com/jp/product/nest_wifi , 2020/06/08
- [2] 大塚孝信, 他 “災害被害把握を目的とした自立分散WSNの課題と実装, ”, 人工知能学会論文誌, 31巻, 6号, pp.A130-F1-9, 2016.
- [3] 木村竜之介, “家庭内ネットワークにおける管理運用情報統合に関する研究, ”, 北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科修士論文, 2018.
- [4] T. Oda, M. Yamada, R. Obukata, L. Barolli, I. Woungang and M. Takizawa, “Experimental Results of a Raspberry Pi Based Wireless Mesh Network Testbed Considering TCP and LoS Scenario,” in 10th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems, 2016
- [5] T. Clausen, P. Jacquet, “Optimized Link State Routing (OLSR) Protocol,” Internet Engineering Task Force, RFC 3626, October 2003.