

知的環境認識を用いた災害状況推定における Wi-Fi データ通信中の RTS/CTS 分析

齋 進[†] 杉浦 彰彦[†]

静岡大学創造科学技術大学院[†]

1. はじめに

地震、津波や戦争など災害が発生した時に、一部の通信インフラは破壊される可能性があり、被災地の人々も情報を送受信するため、平時より多くのネットワークリソースを使用する。本稿では、Wi-Fi スニファァーを使用してインフラ損害およびネットワーク輻輳状況を推定する手法を提案する。

近年、Wi-Fi 信号の物理特性や MAC フレームを分析することを通じ、特定の対象やユーザーの行動パターンを識別する手法が提案された。例えば、Wi-Fi 電波を分析することで、特定の対象や行動を検出する手法が提案されている [1-2]。また、Wi-Fi MAC フレームを分析し、人流や交通流を推定する手法も提案されている [3-4]。これらの手法を利用することを通じ、災害発生時における被災者の人数および行動状態をある程度推定できるが、インフラの損害規模やネットワークの輻輳状況を測ることはできない。

本提案では、Wi-Fi スニファァーを使用し、インフラ損害およびネットワーク輻輳状況を推定する。筆者らは Raspberry Pi に基づいたスニファァーを製作し、Wi-Fi MAC フレームヘッダ情報を分析する。分析結果から、インフラの損害規模およびネットワークの輻輳状況を推定することが可能になり、さらに被災地域で新しい通信設備を配置する必要があるかどうかを判断することができる。

2. 提案手法

提案手法は、直接推定および間接推定から構成される。

2.1. 直接推定

2.1.1. Beacon、Probe Request フレームに基づいた推定

Beacon および Probe Request フレームヘッダのフォーマットを図 1 に示す。



図 1. Beacon および Probe Request フレーム

Wi-Fi ネットワーク中の AP は定期的に Beacon フレームを送信する。Beacon フレームでは、ヘッダの BSSID フィールドは AP の MAC アドレスである。BSSID 情報を収集することを通じ、以下の 2 点を推定することができる。第一に、もし災害発生前の AP 情報があれば、災害発生後の AP 情報と比較を行なうことを通じ、AP の損害規模が推定できる。第二に、もし各 AP の情報を掌握できれば、損害した AP の種類により、電力システムの状況が推定できる。例えば、発電所が供給する交流電源に依存する AP が全部損害した場合、被災地域の電力も喪失したことを推定できる。

Wi-Fi ネットワーク中の端末は AP に接続するまでに定期的に Probe Request フレームを送信する。Probe Request フレームでは、ヘッダの SA フィールドは端末の MAC アドレスである。SA 情報を収集することを通じ、災害発生時 Wi-Fi に接続できない情報難民の状況を掌握することが可能になる。

2.1.2. Data フレームに基づいた推定

Data フレームヘッダのフォーマットを図 2 に示す。

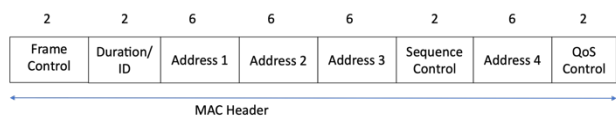


図 2. Data フレーム

AP から端末に送信する Data フレームでは、Address 1 フィールドは端末の MAC アドレス、Address 2 フィールドは AP の MAC アドレス、Address 3 フィールドは AP に最も近いルーターの MAC アドレスである。端末から AP に送信する Data フレームでは、Address 1 フィールドは AP の MAC アドレス、Address 2 フィールドは端末の

Intelligent Environment Recognition for Estimating the Impacts of Disasters: Analyzing RTS/CTS in Wi-Fi Networks.
[†] Qi Jin, Sugiura Akihiko,
 Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University.

MAC アドレス、Address 3 フィールドは端末に最も近いルーターの MAC アドレスである。

Data フレーム中の Address 1、Address 2、Address 3 情報を収集することを通じ、以下の2点を推定することができる。第一に、Address 1 および Address 2 により、各 Wi-Fi ネットワークの中で、AP とデータ通信を行なっている端末の数量が推定できる。したがって被災地域での負荷集中状況が推定できる。第二に、Wi-Fi ネットワークがつながるコアネットワークに対し、もし災害発生前のルーター情報があれば、Address 3 によってコアネットワークの損害状況を推測できる。

2.2. 間接推定

2.2.1. ネットワーク輻輳状況推定

RTS/CTS フレームヘッダのフォーマットを図 3、4 に示す。

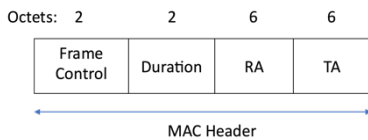


図 3. RTS フレーム

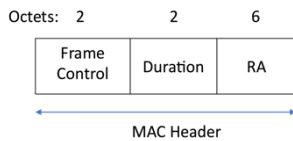


図 4. CTS フレーム

RTS/CTS フレームでは、Duration フィールドは、一つの AP や端末がデータパケット通信を行なう時に必要な排他時間である。本提案では、AP によって構成された各 Wi-Fi ネットワーク中の RTS/CTS フレームの数量および Duration 情報を統計し、これらの情報に基づいて間接的に Wi-Fi ネットワークの輻輳状況を推定する。

3. 実機実験

3.1. 実験ネットワーク構成

実験ネットワークの構成を図 5 に示す。Wi-Fi 端末はルーターを経由し、サーバーに接続する。端末とサーバーは相互に TCP ストリームデータを転送する。同時に、端末はサーバーから HTTP データを受信する。パラメータを表 1 に示す。

表 1. 実験パラメータ

通信プロトコル	データ転送速度
TCP Stream (サーバー転送)	35 Kbytes/秒
TCP Stream (端末転送)	35 Kbytes/秒
HTTP (端末受信)	30 Kbytes/秒



図 5. 実験ネットワーク構成

3.2. 実験結果

本実験では、ユーザー数が 10、20、30、40、50 という 5 つのケースを設定し、各ケースに対して 5 回実験を行ない、毎回 60 秒間の RTS/CTS フレームを収集した。フレーム数および Duration 平均値を図 6 に示す。

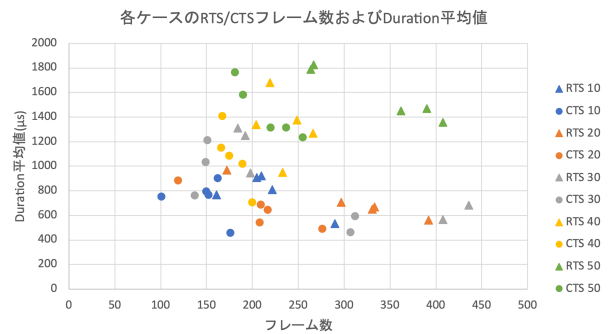


図 6. RTS/CTS フレーム数および Duration 平均値

4. おわりに

本稿では、災害発生時 Wi-Fi スニファアを使用した知的環境認識を行なう手法を提案した。今後は、さらに実験を重ね、機械学習手法を利用して RTS/CTS データとネットワーク輻輳状況の関係を解明し、被災地域の情報通信環境を確保することに資する。

参考文献

[1] Adib, Fadel and Katabi, Dina: See through walls with WiFi!, Proceedings of the ACM SIGCOMM 2013 conference on SIGCOMM, pp.75-86, ACM (2013).
 [2] Ohara, K., Maekawa, T. and Matsushita, Y.: Detecting state changes of indoor everyday objects using wi-fi channel state information, Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, pp.1-28, ACM (2017).
 [3] 西田純二: Wi-Fi パケットセンサ商用化に至る課題克服の歩み—産学官連携が生んだ交通流動解析システム—, 情報処理学会論文誌デジタルプラクティス, Vol.11, No.3, pp.489-510 (2020).
 [4] 村井大地, 浦野健太, 望月祐洋 ほか: 大規模屋外施設における Wi-Fi パケットセンサへの影響と利活用の検証, 情報処理学会論文誌デジタルプラクティス, Vol.3, No.2, pp.12-21 (2022).