

MAC フレーム情報を用いた無線 LAN の通信品質推定と ネットワーク監視への応用

新谷隆文^{†1} 前田香織^{†1} 北口善明^{†2}

概要: ネットワークサービスにおいて、ネットワーク状態の監視や通信品質制御は重要な項目だが、電波干渉や利用者数の変動などに追従して無線アクセス網の通信状況を把握することは難しい。しかし、モバイルサービスの普及により、あらゆる場面で無線アクセス網が利用されるようになっており、エンドツーエンド通信の品質に与える影響が大きい無線アクセス網の通信品質の把握のニーズは大きい。本論文では無線アクセス網として普及の進んでいる無線 LAN に焦点をあて、その通信品質を推定するための指標を提案する。提案指標は端末から無線 LAN のアクセスポイントへ送信される MAC フレームの 1 つである Null Function Data Frame (NFDF) の再送率である。NFDF の再送率と無線 LAN の輻輳の検知との関係の調査やフィールドワークより実環境下での NFDF の送信数の調査を通して、提案指標の通信品質推定における有効性を示す。また、MAC 層情報を用いる他の指標との比較評価により、提案指標が無線 LAN の通信状態の把握に有効なことを示す。さらにネットワークサービスで必要とされるネットワーク監視として使用できるかどうかについて考察する。

キーワード: 無線アクセス網, 通信品質推定, 無線 LAN, Null Function Data Frame

Communication Quality Estimation of Wireless LANs using MAC Layer Information and its Application to Network Monitoring

TAKAFUMI SHINTANI^{†1} KAORI MAEDA^{†1} YOSHIAKI KITAGUCHI^{†2}

Abstract: In network services, observation of network conditions and communication quality control are important. However, grasping of communication condition of wireless networks is difficult following to fluctuation by radio wave interference, the number of users, and so on. On the other hand, wireless access networks are used in many scenes by spread of mobile services. It is required to obtain communication conditions of wireless access networks which give a significant impact on quality of end-to-end communication. In this paper, we focus on wireless LANs as wireless access networks and propose an index to estimate communication quality of wireless LANs. We use a retransmission rate of Null Function Data Frame (NFDF) which is one of the Media Access Control (MAC) information as an estimation indication. Through investigation of the relation between retransmission rates of NFDFs and congestion detection of wireless LANs or investigation of the number of transmitted NFDFs in the field work, we show effectiveness of the proposed index. Also, we compare the proposed index with the other estimation method using MAC layer information. As the result, we show that the proposed index is applicable to one of network monitoring methods required in network services.

Keywords: Wireless Access Network, Communication Quality Estimation, Wireless LAN, Null Function Data Frame

1. はじめに

モバイルサービスの普及により、あらゆる場面で無線アクセス網が利用されるようになってきた。これに伴い、無線アクセス網の通信量は著しく増加しており[1]、LTE や無線 LAN などの高速な無線通信の普及が急速に進んでいる。しかし、高速なコア網に比べて無線アクセス網はエンドツーエンド通信の品質に与える影響は大きいものの、無線 LAN の電波干渉や利用者数などに追従する通信状況の把握は難しい。ネットワークサービスにおいて、ネットワーク状態の監視や通信品質制御は重要な管理項目で、無線アクセス網の通信品質を把握するため、無線アクセス網、特に無線 LAN の通信品質の推定に関する研究が進んでいる

[2][3][4][5].

本研究ではこうした背景をもとに、無線アクセス網として普及の進んでいる無線 LAN に焦点をあて、その通信品質を推定するための指標を提案する。提案では端末から無線 LAN のアクセスポイント(以下、AP)へ送信される MAC 層情報の 1 つである Null Function Data Frame (以下、NFDF) [6]の再送率を通信品質の推定の指標に用いる。NFDF の再送率とは一定時間内に送信された NFDF のうち、どの程度再送フレームが送信されたかを示すものである。既存研究で NFDF の再送率が無線 LAN の通信品質の推定に使用できる可能性は示されているが[7][8]、NFDF の再送率が推定に有効な条件は明らかになっていない。本論文では、NFDF の再送率と無線 LAN の輻輳の検知との関係調査やフィー

^{†1} 広島市立大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

^{†2} 金沢大学 総合メディア基盤センター
Information Media Center, Kanazawa University

ルドワークより実環境下での NFDF の送信数の調査を通して、提案指標の通信品質推定における有効性を示す。また、他の MAC 層情報を用いた推定方法との比較評価により、提案指標が無線 LAN の通信状態の把握に有効なことを示し、ネットワーク監視に使用できるかどうかについて考察する。

以降、2 章では無線 LAN の通信品質推定手法に関連する既存研究を示す。3 章では、NFDF の再送率と輻輳検知との関係調査やフィールドワークでの調査を通して、提案指標の有効性を述べる。4 章では提案指標と他の通信品質推定手法を比較し無線 LAN の通信状態の把握に有効なことを示し、ネットワーク運用支援サービスとしての可能性を述べる。5 章でまとめと今後の課題を示す。

2. 関連研究

無線 LAN では帯域の制限や測定パケットによる輻輳発生で利用環境に影響を与えないパッシブ計測での通信品質推定が向いている。Received Signal Strength Indicator (以降、RSSI) を用いるものも多いが、これでは通信トラヒックや輻輳の把握は困難である。以下、RSSI 以外を用いる推定方法について記す。

2.1 MAC 層情報を用いた無線 LAN の通信品質推定

IEEE802.11 においてサービスに応じた通信品質 (QoS : Quality of Service) を確保する方法として、IEEE802.11e[9] が標準化されており、トラヒックの優先度に応じて CSMA/CA のコンテンツンションウィンドウサイズを変更し、QoS を実現しようとしている。この他にも MAC 層情報を用いて上位層で QoS の制御をしようとする提案はあり、[4][5]では IEEE802.11 の制御情報を取得し、RTS/CTS フレーム内の NAV 期間 (送信端末のアクセス予約時間) により算出されたチャネル占有率情報に応じて、アプリケーションが発生するトラヒックを制御する方法を提案している。

[10]では、推定対象の無線環境へ dummy パケットを送信し、その再送フレーム回数と閾値を比較する無線 LAN の通信品質を推定手法の有効性を示している。また、再送フレーム回数は RSSI (Received Signal Strength Indicator) のような無線デバイスの種類によって値の異なる指標と比較して、容易に無線 LAN の通信品質の劣化を示す閾値が設定可能なことを述べている。

[11]では、パッシブ計測で取得した再送フレームを指標とし、無線 LAN の通信品質を推定する有効性を示している。RSSI の悪化を検知する指標として、TCP での無線 LAN のフレーム再送回数の有用性を調査している。シミュレーションにより、フレームの再送数と RSSI の減衰に相関性があることを確認し、無線 LAN の通信品質の指標としての有効性を示しているが、再送フレームの対象が RTS/CTS のみという前提条件なので、RSSI 低下以外の通信品質劣化は考慮されない。

2.2 Null Function Data Frame の再送率を指標とした通信品質の推定

NFDF は既に接続を行っている端末が power save mode[12]に遷移することを AP に通知するために送信する MAC 層のデータフレームである。また送信すべきデータがない場合でも定期的に端末から送信される特徴を持つ。

[7][8]では、NFDF の再送率が受信電波状態や輻輳を推定する指標として有効なのか調査をしている。[7]では RSSI の減衰による NFDF の再送率の特性を明らかにし、RSSI の減衰による通信品質の悪化を推定する指標として NFDF の再送率の有用性を示している。[8]では、無線 LAN の輻輳を考慮して、UDP パケット到達率や TCP スループットが NFDF の再送率と相関性があることを示し、高精度で無線 LAN の通信品質を推定できると考察している。その他、[13]では電波干渉のある状態での NFDF の再送率と通信品質の関係を調査している。

これらの研究により、NFDF の送信間隔や電波状況が特定の条件を満たす場合、NFDF の再送率が通信品質を推定する指標としての有用性が示された。しかし、NFDF は NIC (Network Interface Card) の種類により送信頻度が大きく異なる。また、端末ごとに受信電波強度が異なるなど、どのような場合に有用かは示されていない。

3. NFDF の再送率を用いる品質推定の有効性

3.1 NFDF の送信間隔の調査

3.1.1 調査の目的

前章のような背景から、NFDF はパッシブ計測で採取できるデータで、通信品質の指標として使えることの可能性も示されている。しかし、NFDF の再送率が無線 LAN の通信品質の指標として有効な範囲が明らかにされていないので、ここでは複数の端末を用いて NFDF の送信頻度と RSSI の減衰や UDP トラヒック量の関係を調査する。この調査により、NFDF の再送率が無線 LAN の通信品質 (ここでは輻輳の検知) の指標として有効な範囲を明らかにする。

3.1.2 調査方法

調査では図 1 のような測定環境を作って、負荷トラヒックの送信端末と受信端末、NFDF を検知する NFDF 検知端末とデータ収集サーバを固定で設置する。IEEE802.11g で通信する品質測定対象となる端末 (対象端末) を RSSI の異なる場所に変更しながら、対象端末から送出される NFDF を NFDF 検知端末で測定する。負荷トラヒックの送信端末と受信端末は対象端末と同じ無線 LAN の AP の配下であり、NFDF 検知端末、データ収集サーバは有線で AP と接続されている。NFDF 検知端末とデータ収集サーバは同一セグメント内に存在する。負荷トラヒック送信端末は iperf コマンドを用い UDP トラヒックを 0, 5, 10, 13, 15Mbps と変更して、それぞれ 6000 秒間負荷トラヒック受信端末へ送信する。NFDF 検知端末は検知した NFDF とその再送

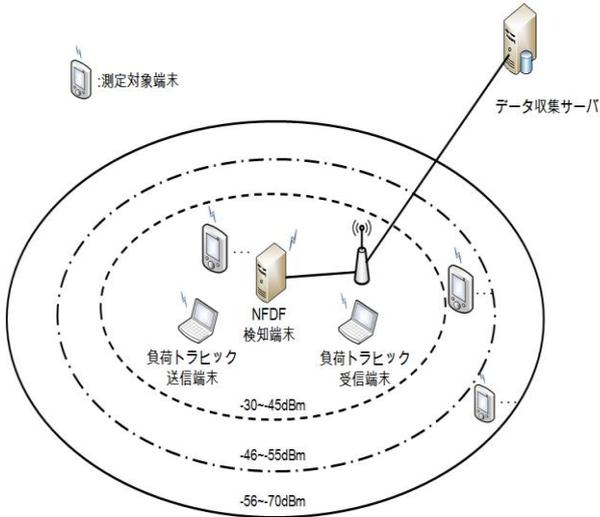


図 1 測定環境

Figure 1 Measurement environment

フレームを端末ごとにデータ収集サーバへ蓄積する。データ収集サーバでは1分ごとに蓄積した NFDf 送信数とその再送フレーム数を用いて、ここでは再送率を式(1)のように算出する。

$$\text{再送率} = \text{NFDf 送信数} / \text{再送フレーム数} * 100 \quad \dots(1)$$

このようにして、各対象端末の NFDf の再送率を負荷トラヒック量毎に算出する。

はじめに、NFDf の送信頻度と通信品質の関係を確認するため、5 種類の対象端末 (ASUS Eee Slate, LYNX 3D, Nexus7, iPad:iOS 5.1.1 (第一世代), iPad:iOS:9.3.2 (第四世代)) から送信された NFDf 数 (正常フレーム+再送フレーム) と負荷トラヒックごとの再送率を比較した。

次に、RSSI による NFDf の再送率の変化を調べるため、RSSI が大きい (-30~-45dBm)、中程度 (-46~-55dBm)、小さい (-56~-70dBm) の 3 つのエリアに各対象端末を設置し、5 種類の負荷トラヒック (0, 5, 10, 13, 15Mbps) を流して各対象端末の NFDf 数を測定した。測定時には使用した AP と同じ周波数帯域に SSID が 6 つ存在しており電波干渉が発生する。

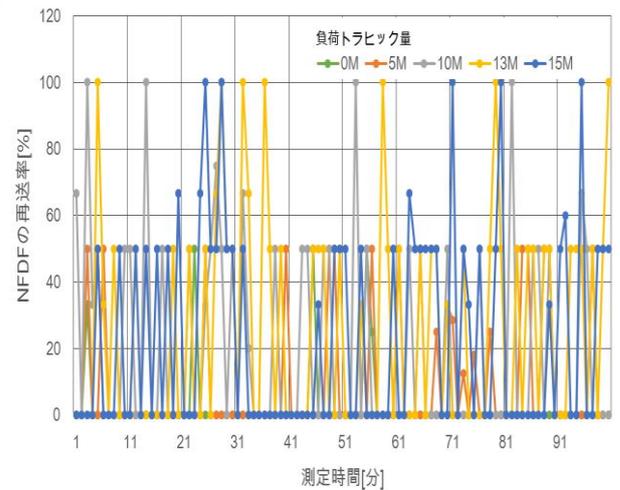
3.1.3 測定結果

表 1 に測定対象端末の情報と、それらが 1 分間に送信した NFDf 数の平均を示す。ここでは、①と②を送信頻度の低い端末、③~⑤を高い端末と呼ぶ。採取した NFDf の総数は最小 2 (ASUS Eee Slate) ~最大 235 (iPad:iOS9.3.2) 個だった。図 2 と図 3 に対象端末①, ⑤測定データから求めた NFDf の再送率を示す。縦軸は 1 分ごとに算出された NFDf の再送率を横軸は測定時間を示す。2 に NFDf の送信頻度の低い端末として①の ASUS Eee Slate と、送信頻度の高い端末として⑤の iPad:iOS9.3.2 の結果について NFDf の再送率の平均と分散を示す。

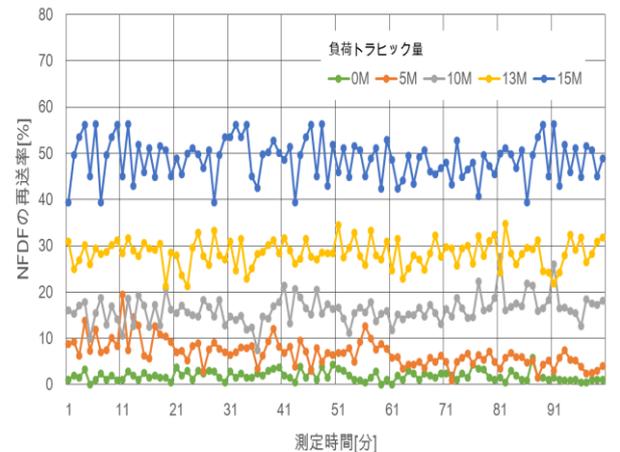
図 2(a)より送信頻度の低い端末では各負荷トラヒックで

表 1 RSSI の違いによる平均送信 NFDf 数
Table 1 Average of the number of transmitted NFDf s by the difference of RSSI

端末番号	低送信頻度		高送信頻度		
	①	②	③	④	⑤
端末種類	ASUS Eee Slate	LYNX 3D	Nexus 7	iPad	iPad
OS	Fedora 20	Android 2.2.2	Android 4.3	iOS 5.1.1	iOS 9.3.2
RSSI	-30~-45	2	17	169	219
[dBm]	-56~-70	2	16	167	195

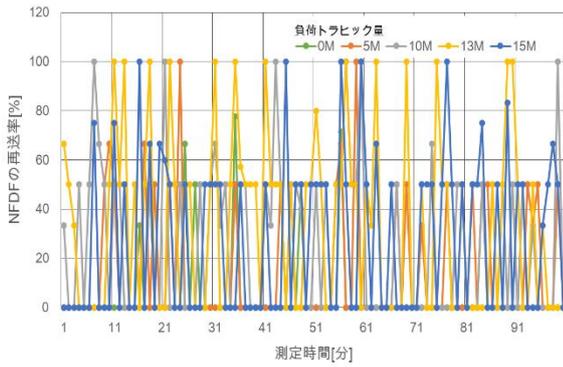


(a) NFDf 送信頻度の低い端末 : ASUS Eee Slate
(a) Terminal of low transmission frequency of NFDf s : ASUS Eee Slate

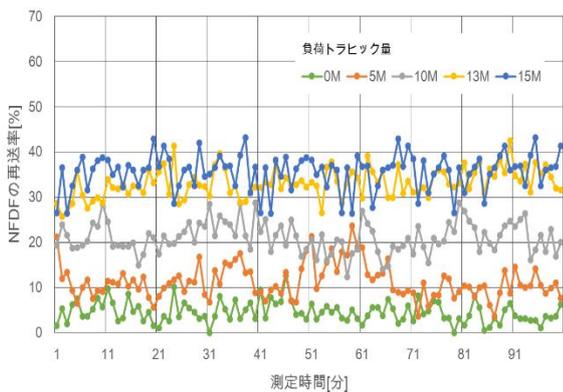


(b) NFDf の送信頻度の高い端末 : iPad (iOS:9.3.2)
(b) Terminal of high transmission frequency of NFDf s : iPad (iOS:9.3.2)

図 2 RSSI が大きいエリアでの NFDf 再送率の変化
Figure 2 Transition of retransmission rates of NFDf s in the area of large RSSI



(a) NFD 送信頻度の低い端末 : ASUS Eee Slate
(a) Terminal of low transmission frequency of NFDs :
ASUS Eee Slate



(b) NFD の送信頻度の高い端末 : iPad(iOS:9.3.2)
(b) Terminal of high transmission frequency of NFDs :
iPad(iOS:9.3.2)

図 3 RSSI が小さいエリアでの NFD 再送率の変化
Figure 3 Transition of retransmission rates of NFDs in
the area of small RSSI

表 2 NFD の再送率の平均と分散

Table 2 Averages and variances of retransmission rate of
NFDs

RSSI (dBm)	負荷 トラフィック (Mbps)	端末			
		平均(%)		分散	
		①	⑤	①	⑤
-30~-45	0	2.1	1.8	88.9	1.1
	5	7.9	6.9	302	2.9
	10	18.6	16.2	828	3.0
	13	24.8	28.4	990	2.9
	15	22.6	48.7	901	4.4
-56~-70	0	4.0	4.5	228	2.3
	5	13.2	11.3	613	3.8
	10	23.7	21.1	939	3.5
	13	32.6	33.2	1253	3.2
	1	27.2	35.6	1009	4.0

NFD の再送率のばらつきが大きいことがわかる。一方、図 2(b)より、NFD の送信頻度の高い場合は各負荷トラフィック量の NFD の再送率のばらつきが小さい。この傾向は図 3 の RSSI の小さいときも同様であることも確認した。

これらのばらつきの違いは表 2 の分散の違いをみることでわかる。NFD の送信頻度が高い場合、電波干渉などの瞬間的なパストロスによる再送フレームより正常フレームの方が多く送信され、ばらつきが抑制されたと考える。一方で、送信頻度の低い端末は電波干渉などの瞬間的なパストロスによる再送フレームと正常フレームが同等程のためばらつきが大きくなったと考える。

以上の結果より、送信頻度の高い端末の NFD の再送率は負荷トラフィック量に応じて変動することを確認した。また、送信頻度の高い端末は RSSI の減衰によるパストロスの影響を受けづらいことも確認できた。よって、NFD の再送率は送信頻度の高い端末では安定して通信品質を推定可能であると考えられる。

3.2 実環境下における NFD 送信数の調査

3.2.1 調査の目的

3.1 節より、NFD の送信頻度の高い端末から採取する NFD の再送率のデータは通信品質推定の指標値として有効であることを確認した。本節では、実環境下に NFD の送信頻度の高い端末が存在するのか、2016 年 7 月 6 日～8 日に開催された JANOG38 Meeting (以降、JANOG38) の会場で測定した結果から考察する。なお、JANOG38 の本会議参加者数は 586 人である。

3.2.2 調査方法

図 4 に JANOG38 での測定環境を示す。JANOG38 の会場に 3 台の Raspberry Pi (T1,T2,T3) を NFD 検知端末として設置し、NFD の再送率を測定した。各 NFD 検知端末は 2.4GHz 帯で周辺の AP へ送信された NFD を測定した。設置場所として T1 は人通りの多い場所、T2、T3 は人通りの少ない場所になっている。各 NFD 検知端末は測定した NFD より AP とその AP へ NFD を送信した端末の MAC アドレスで識別し、5 分間に送信された NFD 数を端末単位でファイルに蓄積した。3 台の NFD 検知端末は当日動作させていたが、端末の不具合により強制終了し測定できなかった時間帯がある。

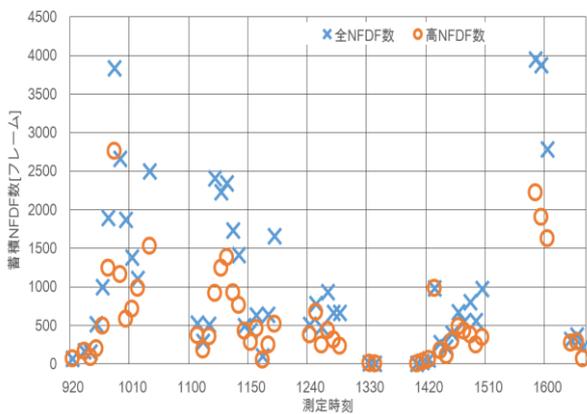
3.2.3 調査結果

図 5 に測定結果を示す。図 5 より、横軸は測定時間帯、縦軸は 5 分間に送信された NFD 数を示している。また全 NFD 数は 5 分間に送信された全端末の NFD の合計数を、高 NFD 数は最も送信頻度の高い端末の NFD 数を示す。3.2.2 節で述べたように、測定中に NFD 検知端末が強制終了し測定できていない時間帯 (図 5(a)では 10 時 30 分～11 時や 13 時 40 分～14 時や 15 時 10 分～15 時 50 分、図 5(b)では 12 時 50 分～13 時 40 分や 13 時 50 分～15 時等) が存在する。図 5 ではその時間帯は空白となっている。図 5 で



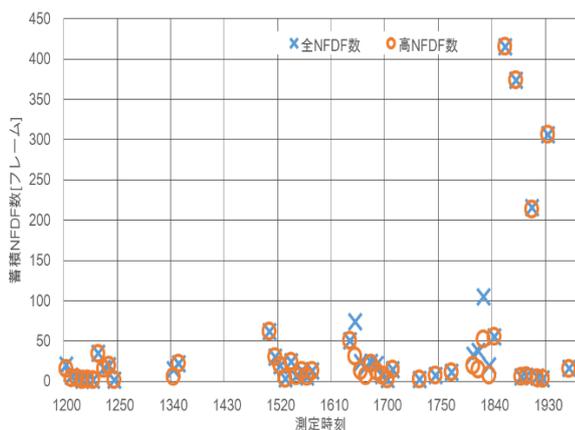
図 4 測定環境

Figure 4 Measurement environment



(a) 人通りが多い場所 (端末 T1) (7/8)

(a) In the case of the crowded space measured by T1 (7/8)



(b) 人通りが少ない場所 (端末 T2) (7/7)

(b) In the case of the uncrowded space measured by T2 (7/7)

図 5 NFDF の送信数の測定結果

Figure 5 Measurement result of the number of transmission of NFDF

は、(a)に人通りが多く、最も NFDF を送信された 7 月 8 日の T1 を、(b)に人通りが少なく、最も NFDF が送信されなかった 7 月 7 日の T2 の結果を示す。

図 5(a)より 5 分間で最大 3000 個の NFDF が送信されていることが確認された。これは表 1 の iPad の送信頻度を超える。また、図 5(b)は 5 分間で 400 個の NFDF が送信されている。これは表 1 の Nexus7 の送信頻度を下回る。このことから、人通りの多い場所では実環境下に NFDF の送信頻度の高い端末が存在していることを確認した。一方、人通りの少ない場所では NFDF の送信端末数が小さいため、実環境下に送信頻度の高い端末が存在しない可能性があることを確認した。

図 5(a)と(b)より、図 5(a)の人通りの多い場所では図 5(b)の人通りの少ない場所と比較し NFDF の送信数が多くみられ、無線 LAN の通信品質の推定には適していることを確認した。そのため、市街地などの公衆無線 LAN のような人通りが多い場所では、NFDF の送信頻度の高い端末は存在すると考えられ、その再送率を指標とした通信品質の推定は有効だと判断する。

4. ネットワーク監視への応用

4.1 NFDF の再送率による通信品質推定

3 章の調査結果より、NFDF の送信頻度の高い端末では RSSI によらず、負荷トラフィック量によって NFDF の再送率の値が変化するといえ、NFDF の再送率を無線 LAN の通信品質の推定指標として使用可能であることを示した。また、人通りの多い場所では実環境下でも送信頻度の高い端末は存在することを確認した。

以上より、NFDF の送信頻度の高い端末から収集した NFDF の再送率を無線 LAN の通信品質の推定はネットワーク監視方法の一つとして使える可能性が高い。以降で、提案指標の有効性を他の方法と比較することで評価し、ネットワークサービス監視への応用に関して検討する。

4.2 他の方法との比較による有効性調査

4.2.1 調査内容

本節では提案指標が無線 LAN の通信品質推定の指標として用いる有効性をパッシブ計測で MAC 層の情報の一つである RTS/CTS フレーム内の NAV 期間から算出するチャネル占有率による通信品質推定手法[4][5] (以降、チャネル占有率法)と比較し、輻輳の発生検知の有効性について評価する。

4.2.2 調査方法

調査では図 6 のような測定環境を作って、負荷トラフィックの送信端末と受信端末、NFDF を検知する NFDF 検知端末、NFDF 対象端末、RTS フレーム内の NAV 期間を測定し、チャネル占有率を算出する NAV 検知端末を AP 付近に固定で設置する。NFDF 測定対象端末として 3.1 節の⑤ (iPad:iOS9.3.2) を利用する。負荷トラフィック受信端末は

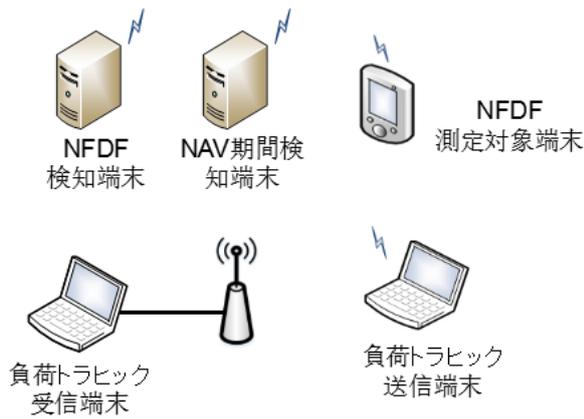


図 6 測定環境

Figure 6 Measurement environment

AP へ有線 LAN で接続し、その他の端末は IEEE802.11g で接続する。負荷トラヒック送信端末は iperf コマンドを用い UDP トラヒックとして 0~10Mbps を 1Mbps 区切りでそれぞれ 600 秒間負荷トラヒック受信端末へ送信する。チャンネル占有率法では NAV 期間を測定するため、AP と負荷トラヒック送信端末の RTS Threshold を負荷トラヒックの packet size である 1512byte より小さい 1400 に設定した。そのため、負荷トラヒック 1 パケットにつき 1 フレームの RTS が送信される環境になる。NAV 検知端末は、無線環境内に送信される RTS フレーム内の NAV 期間を内部のデータベース (以降 DB) 上へ 1 秒間測定、蓄積しチャンネル占有率を算出する。NFDF 検知端末は NFDF 測定対象端末が送信した NFDF (正常フレーム+再送フレーム) を内部の DB 上へ 1 分間蓄積し、NFDF の再送率を算出する。

調査では、各負荷トラヒック量で 10 分間に算出したチャンネル占有率と NFDF の再送率の平均をグラフにプロットし、輻輳の発生検知の有効性を比較する。

4.2.3 測定結果

図 7 に測定結果を示す。横軸は負荷トラヒック量、左縦軸は NFDF の再送率、右縦軸はチャンネル占有率を示す。また、図 7 の青いグラフの縦軸の誤差棒は各負荷トラヒック

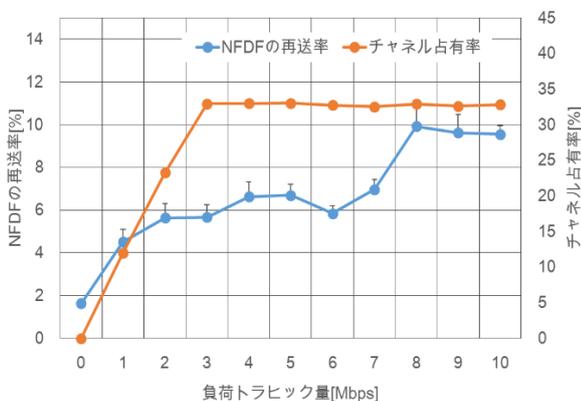


図 7 チャンネル占有率と NFDF の再送率の結果

Figure 7 Channel occupancy rates and retransmission rates of NFDFs

量における 10 回分の測定データの標準誤差を示している。本測定環境では負荷トラヒック量が 8Mbps の時スループットが限界となり、それ以降は輻輳が発生する。

図 7 より、NFDF の再送率は限界の 8Mbps まで負荷トラヒック量に応じて値が変動している。一方で、図 7 よりチャンネル占有率は 3Mbps まで負荷トラヒック量に応じて値が変動しているが、それ以降では約 32% と一定の値をとっている。これは実際には帯域に余裕があり、輻輳が発生しないはずの 8Mbps 以前で輻輳が発生していると推定する可能性がある。

以上の結果から、チャンネル占有率と比較して負荷トラヒック量に応じて値が変動する NFDF の再送率の方が、無線 LAN の通信品質を追従しているといえ、ネットワーク監視に使用できる可能性が高い。

本実験ではチャンネル占有率が 32% で一定で横ばい (輻輳発生とみなされる状態) となったが、[4][5]では、80% となるように設定されているおり、そこまでは負荷トラヒックに応じてチャンネル占有率が変動した結果を示している。これは、[4][5]では NAV 期間を測定するよう NAV 検知端末の NIC として独自に設定した FPGA(Field Programmable Gate Array)を用いている。本調査で利用した NAV 検知端末の NIC は Atheros AR9285 であり NAV 期間を測定するよう設定を行っていない。そのため、NAV 検知端末で用いた NIC の性能差が原因だと考えられる。実験を通じて NAV 検知端末の NIC の種類によって輻輳の発生を表す閾値が変動することを確認した。一般的な NIC を使っている場合、チャンネル占有率が横ばいになるのは実際に輻輳が発生する以前だが、特殊な NIC を使うことでチャンネル占有率を通信品質推定に使用することはできると考えられる。

4.3 ネットワーク運用への応用に関する考察

提案法を実際のシステムへの運用に関する考察のため、測定の容易さやシステム運用時の必要条件を比較し評価する。

4.3.1 測定の容易さ

初めに測定の容易さの比較を提案指標である NFDF から考察する。NFDF は無線 LAN へ接続している端末から AP へ一定間隔で送信される MAC 層情報であり一般的な PC で取得することが可能である。そのため、接続端末や AP へ手を加えることなく測定でき容易であるといえる。

一方で、チャンネル占有率法では RTS threshold の設定が必要となる。RTS threshold は AP ではデフォルトで最大値、linux の端末では停止の状態になっており実環境下では RTS の送信量少ない。これは、大量の RTS が送信されることで発生するスループット低下を抑制するため、RTS threshold や停止により調整していると考えられる。よって、チャンネル占有率を測定するには AP やそれに接続している端末に手を加える必要がある。

以上より、提案指標である NFDF は他の機器に手を加え

ない点でチャンネル占有率より測定は容易である。

4.3.2 システム運用時の必要条件

次にシステム運用時の必要条件を比較する。提案法もチャンネル占有率法も同様に各指標を測定する Raspberry Pi のような端末が必要となる。また、測定した情報を蓄積する DB が必要となる。さらにチャンネル占有率法では 4.2.3 節で述べたとおり、輻輳の発生を表す閾値を決定するため NAV 期間を測定する端末で用いる NIC の種類を統一しなければならない。

提案法も含め MAC 層情報を用いる方法では隠れ端末などそもそもフレームが収集できない場合の対処が必要である。提案法において、3 章のような NFDF の送信頻度が高い端末がいたとしても、NFDF 検知端末が NFDF を収集できなければ提案法を適用することができない。しかし、近年の公衆無線 LAN の利用状況では 1 つの AP に相当数の通信端末が接続していることから、NFDF の送信頻度が高い端末がほとんど電波強度の弱い場所に集中することは稀と想定されるので、チャンネル占有率法のような問題は生じない。

5. おわりに

本論文では、MAC 層情報の 1 つである NFDF の再送率を無線 LAN の通信品質の推定の指標として用いることを提案し、ネットワーク監視に応用できないかを検討した。

調査により NFDF の送信頻度が高い端末は RSSI の変化や電波干渉によるエラーの影響を受けにくく、負荷トラヒック量によって NFDF の再送率が変動するため、通信品質を推定するのに有効であることを示した。最近のスマートフォンやタブレットは NFDF の送信頻度が高い傾向にあり、公衆無線 LAN ではこれらの端末の利用者が多いため、提案指標を無線アクセス網の通信品質の推定に利用できる可能性が高い。また、同様に MAC 層情報としてチャンネル占有率を用いる無線 LAN の通信品質推定方法との比較し、ネットワーク監視の面でスループットの低下など悪影響が発生しない点で実現性があることを示した。

無線アクセス網の通信品質に関する情報収集の需要があるものの、実際には事業化の観点などからはこうした情報の収集や展開が進んでいない。提案指標の情報収集方法に関しての実用化に向けたさらなる検討が必要である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 16H02808 の助成を受けたものです。又、JANOG38 Meeting でのネットワーク情報を提供して頂いた株式会社オキットに謝意を表す。

参考文献

[1] 総務省, “我が国のインターネットにおけるトラヒックの集計・試算,” 総合通信基盤局・電気通信事業部・データ通信課, 2016-03-02, http://www.soumu.go.jp/main_content/000402062.pdf, (参照 2016-05-20) .

- [2] 古閑宏幸, 福田豊, 原口浩朗, 鶴正人, 尾家祐二, “アクセス網における通信品質を考慮した資源利用・割当制御技術,” 情報通信研究機構季報, Vol.51, Nos.3/4, pp.67-74, 2005.
- [3] Balachandran, Anand and Voelker, Geoffrey M. and Bahl, Paramvir and Rangan, P. Venkat, “Characterizing User Behavior and Network Performance in a Public Wireless LAN,” Proc. of the 2002 ACM SIGMETRICS International Conference on Measurement and Modeling of Computer Systems, pp.195-205, 2002.
- [4] 中島裕, 大坐島智, 川島幸之助, “IEEE 802.11 における MAC 層の情報をを用いた通信品質制御方式の一検討,” 情報処理学会研究報告, 2008-MBL-046, Sep.2008.
- [5] 中島裕, 大坐島智, 川島幸之助, “IEEE802.11 における MAC 層の情報をを用いた動画のための通信制御方式,” 信学技報, NS2009-11, pp.55-58, Apr.2009.
- [6] IEEE Computer Society LAN MAN Standards Committee, “Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications,” 1999.
- [7] 小清水郁, 上岡英史, “無線 LAN の MAC 層情報を用いたスループット推定方式,” 電子情報通信学会技術研究報告, MoMuC2009-31, pp.27-32, Sep.2009.
- [8] 小清水郁, 上岡英史, “ユーザ満足度を考慮した WLAN における自律的アドミッションコントロールの検討,” 電子情報通信学会技術研究報告, MoMuC2009-73, pp13-18, Mar. 2009.
- [9] “IEEE Std 802.11e-2005, Part11: Wireless LAN and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 8: Mediam Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements,” IEEE, 2005.
- [10] 妙中雄三, 榎原茂, 塚本和也, 山口英, 尾家祐二, “フレーム再送回数をを用いたプロアクティブ型アクセスポイント選択手法の提案と実装,” 信学技報, NS-2007-85, pp27-32, Oct.2007.
- [11] 井島亮一, 塚本和也, 榎原茂, 尾家祐二, “WLAN の再送回数をを用いたハンドオーバー決定指標の有効性調査,” 電子情報通信学 2005 年総合大会シンポジウム講演, BS-3-6, pp. 32-33, Mar. 2005.
- [12] Yong He, Ruixi Yuan, Xiaojun Ma, Jun Li, “The IEEE 802.11 Power Saving Mechanism: AN Experimental Study,” in Proc. WCNC2008 - 2008 IEEE Wireless Comms. and Networking Conf., pp.1362-1367, Apr. 2008.
- [13] Takafumi Shintani, Kaori Maeda, and Tohru Kondo, “An Investigation of Effectiveness of an Estimation Method of Wireless Network Conditions using MAC Layer Informations,” IEICE Technical Report, IA2015-59, Nov.2015.