

DFS試験時の通信負荷条件定義について

2019年3月1日

NTT、東芝、クアルコムジャパン

経緯と提案

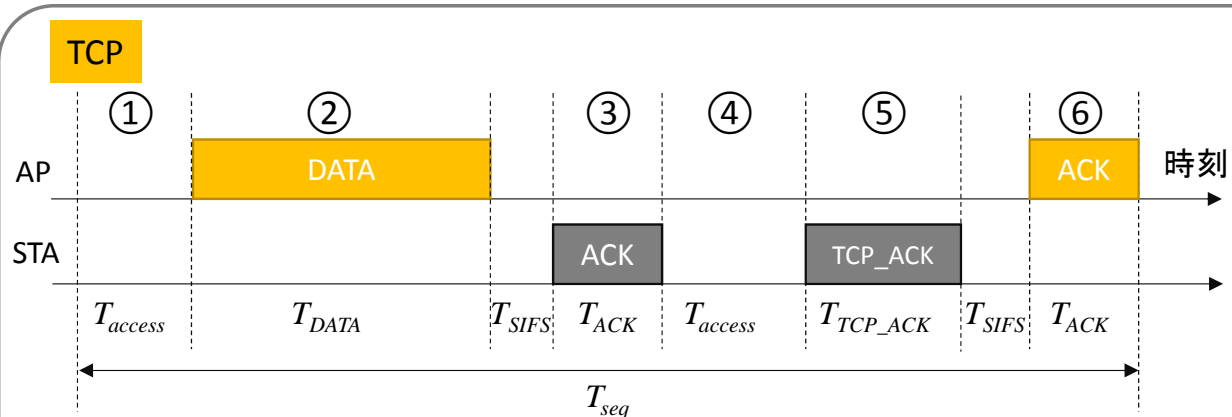
- W53における通信負荷率はETSIのパルスパターンを採用する関係で、現行の50%から30%に変更することが合意された。（パブコメの期間は終了）
- 第13回作業班で議論されたように（参照：5GHz作13-6）、無線LANが検出することが可能なパルスパターンと通信負荷率の間には密接な関係がある。運用中に関しては無線LANのトラヒックが発生していないときに検出をしようとするため、無線区間の通信負荷率が重要な要素となる。
- しかしながら、通信負荷の定義についてはこれまでの定義を踏襲しており、ETSIのようにトラヒックが無線区間を占有する時間率とは異なっている。
- 以下の点から、通信負荷率の定義もETSIと同様にすることが望ましい。
 - ETSIのパルスパターンの流用との整合性をとる。
 - 元のトラヒック量の変化と無線区間の時間占有率の間は比例関係にあるとは必ずしも言えない。（本資料で理論計算と実験により証明）
 - 現行定義は策定時のユースケースや無線性能をベースに決めていたが、それらは移り変わるものであり、時間率の負荷で規定しておく方が絶対的定義となる。
 - 通信負荷率の定義をETSIと同様にできない場合は、新しいパルスパターンの検出が困難になる場合がある。
 - 機器の性能に依存する要素を排除し安定したレーダー検出機能を担保する。

通信負荷率の定義の比較

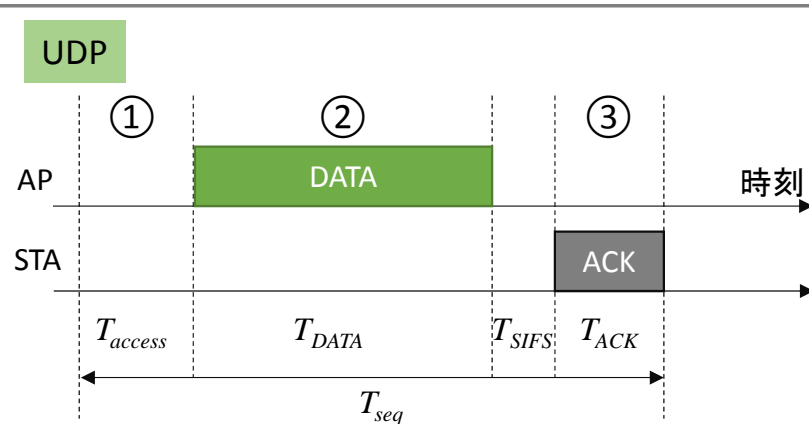
- 日本
 - 受験機器の通信負荷条件は、誤り訂正及び制御信号を含めない信号伝送速度で、無線設備の最大伝送信号速度の30%となるように設定する。（送信するデータ量で規定）
- ETSI
 - The DFS tests related to the Off-Channel CAC Check (clause 5.4.8.2.1.4) and the In-Service Monitoring (clause 5.4.8.2.1.5) shall be performed by using a test transmission sequence on the Operating Channel that shall consist of packet transmissions that together exceed the transmitter minimum activity ratio of 30 % measured over an interval of 100 ms. （100 msごとの時間率で規定）
- FCC
 - Data transfer from the master device to a client device. The data file transfer is used to randomize the data. Channel loading is specified as a percentage to total transmission time vs. total transmission time in a specific measurement sweep time. （時間率で規定）
- 中国、インド
 - ETSIの定義に準拠

通信負荷率の理論計算

【通信負荷率のモデル】



- ① CSMA/CAに基づくチャネルアクセス手順を実行
 - ② APがSTAにデータフレーム(TCPパケット)を送信
 - ③ STAがデータフレームに対するACKを返信
 - ④ CSMA/CAに基づくチャネルアクセス手順を実行
 - ⑤ STAからAPに②で受信したIPパケットに対するTCP ACKを返信
 - ⑥ APがTCP ACKに対するACKを応答
- APが受信動作を行えない期間である「②データフレーム」および「⑥TCP ACKに対するACK」を送信する期間を時間占有率として計上する。

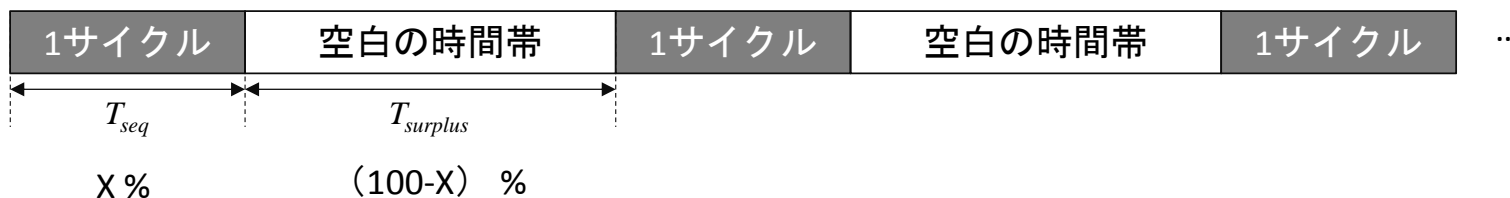


- ① CSMA/CAに基づくチャネルアクセス手順を実行
- ② APがSTAにデータフレーム(UDPパケット)を送信
- ③ STAがデータフレームに対するACKを返信

APが受信動作を行えない期間である「②データフレーム」を送信する期間を時間占有率として計上する。

日本定義の「負荷率」のモデル

上記フレームシーケンス「1サイクル」と、これと同じ時間長の「空白の時間帯」が入れ子で繰り返されるものとする。すなわち、負荷X%の場合は、「1サイクル」と「空白の時間帯」の時間長の比($T_{seq} : T_{surplus}$)は、 $X% : (100-X)%$ となる。



【負荷率の理論計算】

TCP想定時

～11a (伝送レート54Mbps)～

(アクセス時間)ーデータフレーム(DATA格納)ー(SIFS)ーAckフレームー(アクセス時間)ーデータフレーム(TCP ACK格納)ー(SIFS)ーAckフレーム

平均 $T_{access}=65.5\mu s$

$T_{DATA}=248\mu s$

$T_{SIFS}=16\mu s$

$T_{Ack}=24\mu s$

平均 $T_{access}=65.5\mu s$

$T_{TCP_ACK}=32\mu s$

$T_{SIFS}=16\mu s$

$T_{Ack}=24\mu s$

DATA size 1460Bの場合

シーケンス全体での時間: $T_{seq}=491\mu s \Rightarrow$ アプリ上での最大信号伝送速度: 約24Mbps \Rightarrow その50%負荷: 約12Mbps

\Rightarrow 上記シーケンスに追加される余剰時間: $T_{surplus}=491\mu s$

\Rightarrow データ送信側が無線区間上で占有している時間率(欧米定義の負荷率): $(T_{DATA}+T_{Ack})/(T_{seq}+T_{surplus}) \doteq 27.7\%$

UDP想定時

上記と同様の検討(但しデータフレーム長若干短縮、TCP ACKなし)

\Rightarrow 日本定義50%負荷 \doteq 欧米定義負荷率($T_{DATA}/(T_{seq}+T_{surplus})$)=35.1%負荷

TCP想定時

～11ac (20MHz, 4SS, MCS8 (256-QAM, R=3/4, short GI (伝送レート346.7Mbps)))～

(アクセス時間)ーデータフレーム(DATA格納)ー(SIFS)ーBlockAckフレームー(アクセス時間)ーデータフレーム(TCP ACK格納)ー(SIFS)ーBlockAckフレーム

平均 $T_{access}=65.5\mu s$

$T_{DATA}=3956\mu s$

$T_{SIFS}=16\mu s$

$T_{Ack}=28\mu s$

平均 $T_{access}=65.5\mu s$

$T_{TCP_ACK}=56\mu s$

$T_{SIFS}=16\mu s$

$T_{Ack}=28\mu s$

最大送信バースト長4msに合わせた場合(このときのDATA長約169kB)

11a, 54Mbpsの場合

\Rightarrow 日本定義50%負荷 \doteq 欧米定義47.1%負荷 \Rightarrow 日本定義30%負荷 \doteq 欧米定義28.2%負荷

UDP想定時

\Rightarrow 日本定義50%負荷 \doteq 欧米定義48.7%負荷 \Rightarrow 日本定義30%負荷 \doteq 欧米定義29.2%負荷

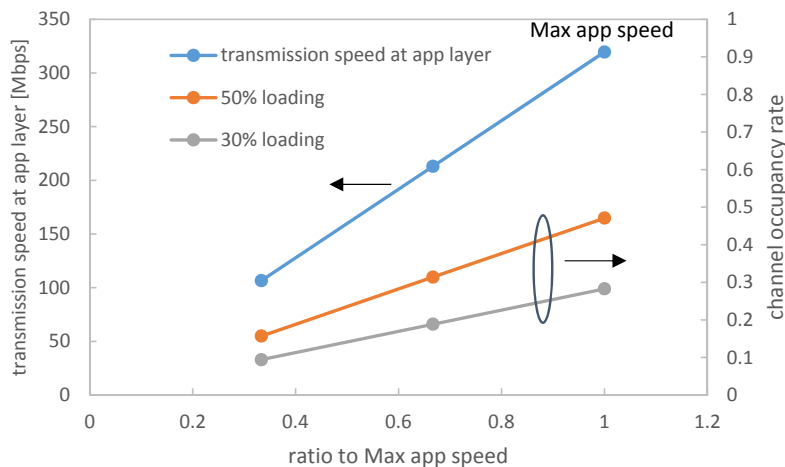
**プロトコル、DATAサイズ、伝送レート、再送に依存して欧米定義負荷は変動
また高効率伝送方式になるほど、欧米定義負荷は高く(厳しく)なる**

前ページの11acに関する検討はアプリの最大信号伝送速度に制約を設けない場合。
実際には無線部の性能以外に有線の制約もあり、アプリの最大信号伝送速度は制限される場合がある。

↓

追加検討

- アプリの最大信号伝送速度を2/3、1/3に制約した場合の欧米定義負荷率を算出
 - 条件
 - 11ac (20MHz, 4SS, MCS8 (256-QAM, R=3/4, short GI (伝送レート346.7Mbps)))
 - DATA長: 169kB
 - TCP



20MHz, 4SS, MCS8に対応する場合、バースト長4msの制限下で、チャンネル占有率は

アプリ速度Max(320Mbps)なら、50%負荷で47%、30%負荷で28%

アプリ速度がMax x 2/3 (213Mbps)なら、50%負荷で31%、30%負荷で19%

アプリ速度がMax x 1/3 (107Mbps)なら、50%負荷で16%、30%負荷で9%



無線部の伝送能力が高いままアプリレベルでの最大信号速度が落ちる場合チャンネル占有率は低下し、想定よりも低い負荷での試験を行うこととなる

通信負荷率の実験結果

日本の規定に基づく通信負荷をかけた場合の実際の時間率

- 2018年11月に実施した実験では：
 - Iperfを用いてUDPパケットを送信し試験機器の最大伝送速度を求め、その最大伝送速度の50%となるようにUDPパケットを生成し試験を実施。
 - この時、実際の無線区間でのETSIの規定に基づく時間占有率は以下の通りであった。平均は47.5%。

Test No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
時間率	45	47	46	46	49	49	48	52	46	47

- 最大伝送速度の30%の負荷をかけた場合、無線区間の時間占有率が上記の割合程度となると仮定すると28.5%となる。
 - この計算はMCSおよびA-MPDUのサイズが同じと仮定した場合であり、実装ではこれらのサイズは一定となっていないため、伝送速度の割合と無線区間の通信負荷率の間には対応関係があるとは言い切れない。

伝送速度と無線区間の通信負荷率の関係

- 性能の異なる3種類のチップセットを用いて、伝送速度と無線区間の通信負荷率の関係を調査した。
- Iperfを用いてUDPパケットを送信し試験機器の最大伝送速度を求め、その最大伝送速度の30%となるようにUDPパケットを生成し無線区間の通信負荷率を求めた。

チップセット種類	最大伝送速度 (a)	伝送速度30%値 (a) X 0.3	伝送速度30%時の 無線区間通信負荷 率	無線区間の通信負荷 率が30%となる伝送 速度 (b)	(b) / (a) x 100 (日本定義換算)
A	364 Mbps	109 Mbps	25 %	145 Mbps	40 %
B	401 Mbps	120 Mbps	46 %	60 Mbps	15 %
C	394 Mbps	118 Mbps	30 %	118 Mbps	30 %

- 伝送速度と無線区間の通信負荷率は対応関係にあるとは必ずしも言えないことがわかる。
- 期待する通信負荷率より低い負荷しか無線区間にかからない場合、本来要求される性能が出ていない機器でも検査を通過する懸念がある。一方、通信負荷率が高くなりすぎる場合、十分な性能があるのにも関わらずレーダーを検出できないという結果になる可能性がある。
- 機器の性能に依存する要素を排除し安定したレーダー検出機能を担保するためにも無線区間の通信負荷率で規定することが望ましい。