

## A-00 無線 LAN におけるチャンネルボンディング方式の適用環境に関する一検討

山本 壮馬\*, 田村 瞳\*\*, 塚本 和也\*\*\*

(\*福岡工業大学大学院工学研究科, \*\*福岡工業大学工学部, \*\*\*九州工業大学情報工学研究院)

**あらまし** 近年の無線 LAN では、高速化のために 1 チャンネル(20MHz)を複数束ねて広帯域化を実現するチャンネルボンディング(CB)が採用されている。本研究では、他の無線 LAN との競合時でも最大のチャンネル幅を常に利用し安定的な転送レートで通信するスタティックチャンネルボンディング(SCB)と競合がない範囲のチャンネル幅へ動的に変動させ転送レートが変動しやすいダイナミックチャンネルボンディング(DCB)のそれぞれが有効となる通信環境を明らかにするため、フレームサイズによるスループットへの影響を数値計算によって評価した。

## 1. はじめに

近年の無線LANでは、高速化のため連続するチャンネルを複数束ねるチャンネルボンディング(CB)が採用されている。CBでは他の無線LANとの競合時に、全チャンネルを使用できるまで待機するスタティックチャンネルボンディング(SCB)と使用可能なチャンネル幅に縮退するダイナミックチャンネルボンディング(DCB)が提案されている[1]。SCBは競合時に安定した転送レートで通信する一方で全チャンネルがクリアとなるまで待機し、DCBは競合時に使用できるチャンネル幅のみ利用するため転送レートが変動する。よって、転送レートが安定的なSCBと転送レートが変動しやすいDCBの適応環境は、ユーザが使用するビデオデータやセンサデータなどのアプリケーションに依存する。本研究ではCBを行う無線LANのスループットを数値計算によって定量的に評価し、SCBとDCBの適用環境を示す。

## 2. 評価

評価対象ネットワークとして、近接する通信範囲内に2つの無線LANが存在し、1台の無線LAN AP (AP1) がプライマリチャンネルを36ch, セカンダリチャンネルを40ch とした40MHzのCBを行う場合、もう一方の競合AP (AP2) が40chのみを利用して通信する環境を想定する。APx(x=1,2)に到着率  $\lambda_x(x=1,2)$  でフレームサイズ  $f_x(x=1,2)$ [Byte]のフレームが届き、CSMA/CAによって送信権を獲得してフレームを転送する。ここで、APxのフレーム送信前の平均オーバーヘッドは、DIFS時間(50[μs]) + 平均バックオフ時間( $t_b$ )である。この後、APxが物理転送帯域  $R_{phyx}$ [b/s]でフレーム送信(データフレーム送信時間  $t_{fx}$ )後、確認応答のためSIFS時間(10 [μs]) + ACK送信時間( $t_{ack}$ )を要する。よって、APxが1フレーム送信時に要する時間  $T_x$  は、次の通りとなる：

$$T_x = \text{DIFS} + t_b + t_{fx} + \text{SIFS} + t_{ack}, \quad (1)$$

$$t_{fx} = f_x / R_{phyx}. \quad (2)$$

## 2.1 AP1がSCBを使用する場合

AP1がSCBを使用する場合、使用チャンネル内に競合する通信を検出すると、競合する通信が終了し、使用する全チャンネルの送信権を獲得できるまで待機する(図1)。CSMA/CAによる送信権の獲得は全APに均等であるため、AP1の実効スループット  $Th_{s1}$  は、式(3)で表現される：

$$Th_{s1} = R_{phy1} (\lambda_1 t_{f1} / (\lambda_1 T_1 + \lambda_2 T_2)). \quad (3)$$

## 2.2 AP1がDCBを使用する場合

AP1がDCBを使用する場合、競合時に送信権を獲得できたチャンネルのみにボンディング幅を縮退させる(図2)ため、AP1の物理帯域  $R_{phy1}$  は変動する。よって、AP1の実効スループット  $Th_{d1}$  は、式(4)で表せる：

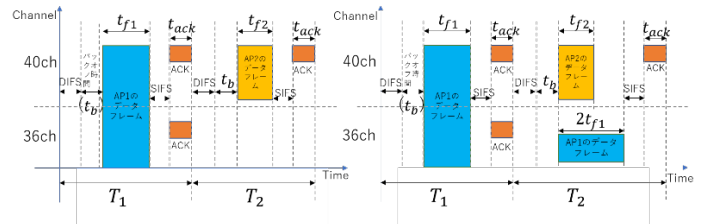


図1 AP1がSCBを行う場合 図2 AP1がDCBを行う場合

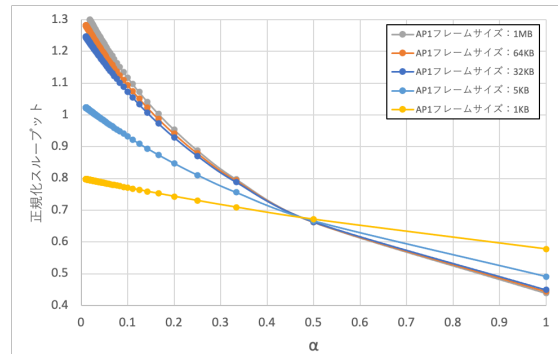


図3 SCBの正規化実効スループット

$$Th_{d1} = ((\frac{\lambda_1}{2}) t_{f1} + (\frac{\lambda_1}{2}) 2t_{f1}) / ((\frac{\lambda_1}{2}) T_1 + (\frac{\lambda_1}{2}) 2T_1). \quad (4)$$

## 3. フレームサイズによるSCB/DCBの性能への影響

フレーム到着率  $\lambda_1 = \lambda_2$  の場合の AP1 と AP2 へのフレームサイズによる実効スループットへの影響を図3に示す。ここでは、AP1のフレームサイズ  $f_1 = 1\text{KB}, 5\text{KB}, 32\text{KB}, 64\text{KB}, 1\text{MB}$  とし、 $f_2 = \alpha f_1 (0 < \alpha \leq 1)$  とした。評価指標は正規化スループット  $Th^* = Th_{s1} / Th_{d1}$  とし、 $Th^* \geq 1$  の場合DCBよりもSCBの方が性能が良好であるといえる。

図3より、AP1のフレームサイズが5KB以上で、かつ、 $\alpha$  が小さい場合にSCBが有効であることがわかる。つまり、AP2のフレームサイズがAP1のフレームサイズと比較して非常に小さい場合はSCBが有効であり、AP1のフレームサイズが5KB未満でAP2のフレームサイズとの差が大きくない場合はDCBが有効であることが示された。

## 4. まとめ

本研究では、40MHzでSCB、DCBを行う無線LAN APの実効スループットを数式で表現し、到着フレームサイズによる影響を定量的に評価した。結果より、競合通信としてセンサデータのような小さいフレームが発生する場合は、DCBではなくSCBが有効であることが示された。

## 参考文献

[1] 田村, 他, 『IEEE802.11ac準拠の機器におけるチャンネルボンディング機能の性能評価』IPSJ論文誌デジタルプラクティス, Vol.2(2), pp.99-113, 2021年4月。