

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。AP_x($x=1,2$) に到着率 λ_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、AP_x 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、AP_x が物理転送帯域 R_{phy_x} [b/s] でフレーム送信 (データフレーム送信時間 t_{f_x}) 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、AP_x 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：

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

$$t_{f_x} = f_x / R_{\text{phy}_x}. \quad (2)$$

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：

$$\text{Th}_{s1} = R_{\text{phy}_1} \left(\lambda_1 t_{f_1} / (\lambda_1 T_1 + \lambda_2 T_2) \right). \quad (3)$$

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_{phy_1} 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：

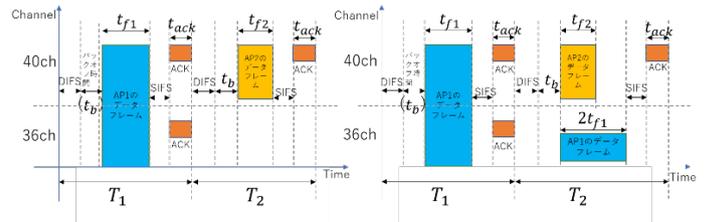


図 1 AP1 が SCB を行う場合 図 2 AP1 が DCB を行う場合

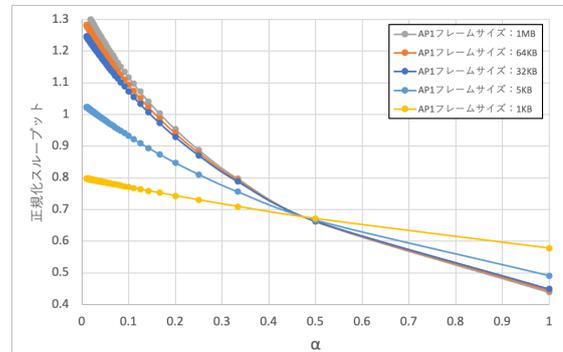


図 1 SCB の正規化実効スループット

$$\text{Th}_{d1} = \left(\left(\frac{\lambda_1}{2} \right) t_{f_1} + \left(\frac{\lambda_1}{2} \right) 2t_{f_1} \right) / \left(\left(\frac{\lambda_1}{2} \right) T_1 + \left(\frac{\lambda_1}{2} \right) 2T_1 \right). \quad (4)$$

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 $\text{Th}^* = \text{Th}_{s1} / \text{Th}_{d1}$ とし、 $\text{Th}^* \geq 1$ 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、 α 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。