

無線 LAN システムにおける チャンネル棲み分けに基づく動的チャンネル配置の適用効果

松村 祐輝[†] 熊谷 慎也[†] 小原 辰徳[†] 山本 哲矢[†] 安達 文幸[‡]

^{† ‡} 東北大学大学院工学研究科通信工学専攻 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05

E-mail: [†] {matsumura, kumagai, obara, yamamoto}@mobile.ecei.tohoku.ac.jp, [‡] adachi@ecei.tohoku.ac.jp

あらまし 同一チャンネルを再利用する無線システムでは、無線局数が増加すると同一チャンネル間干渉(CCI)が強くなり、利用可能なチャンネルをうまく再配置しないとスループットが低下してしまう。そこで、無線 LAN では、アクセスポイント(AP)の起動時に CCI 最小のチャンネルを選択している(従来法と呼ぶ)。しかし、従来法では、古い AP が選択したチャンネルは過去の周辺伝搬環境の観測結果に基づいて選択したチャンネルであるから、現時点では CCI 最小とはならないという問題がある。そこで、各無線基地局が周辺伝搬環境の変化に伴う CCI の変化を観測によって捉えて、使用するチャンネルを再選択できれば、全 AP が起動時間の違いに関わらず CCI 最小にするようなチャンネルを常に利用できる。これは動的チャンネル配置(DCA)と呼ばれる。本稿では、無線 LAN システムへのチャンネル棲み分けに基づく DCA(CS-DCA)の適用について検討している。チャンネル配置の安定度を表すチャンネル配置パターンの自己相関、使用チャンネルの偏りおよび同一チャンネル AP 間最小距離を導入し、CS-DCA のチャンネル配置に関して考察している。計算機シミュレーションにより、CS-DCA が CCI を低減するようにチャンネル配置パターンを自律的に形成できること、信号対干渉電力比(SIR)を従来法より改善できることを明らかにしている。

キーワード チャンネル棲み分け, 動的チャンネル配置, 電波干渉, 無線 LAN

Dynamic Channel Assignment based on Channel Segregation for a Wireless LAN System

Yuki MATSUMURA[†] Shinya KUMAGAI[†] Tatsunori OBARA[†] Tetsuya YAMAMOTO[†]
and Fumiyuki ADACHI[‡]

^{† ‡} Dept. of Communication Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University
6-6-05, Aza-Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8579, Japan

E-mail: [†] {matsumura, kumagai, obara, yamamoto}@mobile.ecei.tohoku.ac.jp, [‡] adachi@ecei.tohoku.ac.jp

Abstract In frequency reusing wireless networks, as the number of transmitters increases, the co-channel interference (CCI) gets stronger; therefore, the user throughput reduces if the available channels are not properly re-allocated. In the wireless local area network (LAN), a newly joining access point (AP) is designed to select the best channel which experiences the lowest CCI (this is called the conventional channel assignment scheme). However, old APs' channels are not anymore optimal since the CCI environment has been changed after the new AP joined the network. If each AP monitors its CCI environment repeatedly and re-selects a channel according to changes in the CCI environment, all the APs can use always the best channels having the lowest CCI. This is called the dynamic channel assignment (DCA). In this paper, we study the channel segregation based DCA (CS-DCA) and apply it to the wireless LAN system. We introduce three indicators: the channel pattern autocorrelation indicating the degree of stability, the deviation of the channel usage, and the minimum co-channel AP distance, in order to examine the channel assignment patterns obtained by CS-DCA. We will perform the CS-DCA by computer simulation and demonstrate that the CS-DCA can autonomously form a channel assignment pattern which minimizes the CCI at each AP and that the CS-DCA improves the signal-to-interference-ratio (SIR) compared to the conventional scheme.

Keyword Channel segregation, dynamic channel assignment, co-channel interference, wireless LAN

1. はじめに

超高速サービス提供を目的として、無線 LAN への期待が高くなってきている。無線 LAN システムでは、広いサービスエリアを隙間なくカバーするように、有線ネットワークと接続された複数の無線アクセスポイント(AP)がそれぞれ無線セルを形成している。各無線セ

ル内に存在する複数端末(STA)は同一の無線チャンネルを用いて AP にアクセスしている。利用可能な無線帯域幅は制限されている。限られたチャンネル数で広いエリアをカバーしなければならないため、同一チャンネルを近くの AP で再利用しなければならないと、同一チャンネル間干渉(CCI)が発生する。

無線 LAN システムのアクセス方式は衝突回避機能付きキャリア感知多重アクセス方式(CSMA/CA)[1]である。CSMA/CA では、送信を行おうとする無線端末は、他の無線端末がそのチャンネルを使用しているかどうかを受信電力測定により検出する。受信電力が所定の閾値以上であった場合には他の無線端末がそのチャンネルを使用中であると判断し、衝突防止のため送信を延期する。そのため、AP が密集する商業施設や集合住宅などでは隣接セルからの CCI によりスループットが大幅に劣化するという問題が生じる。

そこで、AP が起動時に受信信号強度(RSSI)を用いて CCI 最小のチャンネルを選択する手法(従来法と呼ぶ)がよく知られている。しかし、従来法では、古い AP が選択したチャンネルは過去の周辺環境の観測結果に基づいて選択したチャンネルであるから、現時点では CCI 最小とはならないという問題がある。

そこで、各無線基地局が周辺環境の変化に伴う CCI の変化を観測によって捉えて、使用するチャンネルを再選択できれば、全 AP が起動時間の違いに関わらず常に CCI 最小にするようなチャンネルを利用できる。全 AP の CCI 観測結果を一か所に集めてチャンネル割当を行なう集中制御型動的チャンネル配置(DCA)[2]では、割当処理が膨大となり実用的でない。各 AP が自分の CCI 測定結果をもとに利用チャンネルを決定するのが自律分散型 DCA[3]-[5]である。

自律分散型 DCA の代表例はチャンネル棲み分け[4],[5]に基づく DCA(CS-DCA)である。CS-DCA では、各 AP がチャンネル優先度を表すテーブルを保持し、一定時間ごとに CCI 観測を行ってチャンネル優先テーブルを更新する。チャンネル優先度の高いチャンネルを選択するため、自律分散型のチャンネル配置でありながら、周辺環境の変化に適応するように常に CCI 最小のチャンネルを利用できる。文献[5]の CS-DCA では、忘却係数を用いる一次フィルタリングにより、各チャンネルの平均 CCI 電力を求め、優先度テーブルに相当する CCI テーブルを作成する。割り当て時にはこの CCI テーブルを参照し、平均 CCI 電力の最も小さいチャンネルを割り当てる。

本稿では、無線 LAN システムへの CS-DCA の適用について検討している。CS-DCA は文献[5]で示される手法を用いる。各 AP は 1 つの STA と通信する環境を想定する。AP は CCI 電力を測定し、CS-DCA により自律的に使用チャンネルを決定する。CS-DCA の CCI 低減効果の定量的評価のために、チャンネル配置の安定度を表すチャンネル配置パターンの自己相関、使用チャンネルの偏り、同一チャンネル AP 間最小距離を導入している。

本稿の構成は以下の通りである。まず、第 2 章で CS-DCA の動作原理について述べた後、第 3 章で送受信信号の数式表現を述べる。第 4 章でチャンネル配置の評価指標について述べる。第 5 章で計算機シミュレーション結果を示し、信号対干渉電力比(SIR)の累積分布関数(CDF)を用いて、従来法と比較することで、CS-DCA の CCI の低減効果を明らかにする。また、CS-DCA は CCI を低減するチャンネル配置を自律的に形

成できることを明らかにする。第 6 章でまとめる。

2. CS-DCA

本章では各 AP が平均 CCI 電力を測定し、それを基に自律的にチャンネル配置を行う、CS-DCA の動作原理について述べる。CS-DCA のフローチャートを図 1 に示す。CS-DCA では、各 AP がそれぞれ STA の 1 ブロックの送信間隔(タイムスロット)ごとに他セルからの平均 CCI 電力を計算し、CCI テーブルを作成する。タイムスロットごとに、CCI テーブルを参照して平均 CCI 電力の最も小さいチャンネルを配置する。セル内の端末は AP からのビーコン信号により、チャンネルが変更されたことを知る。次のタイムスロットでは変更されたチャンネルを用いて AP に信号を送信する。この方法により、与干渉の増大を抑えつつ動的にチャンネル配置を更新できるため、通信品質の向上が期待できる。以下で CCI テーブルの作成法とチャンネル配置について述べる。

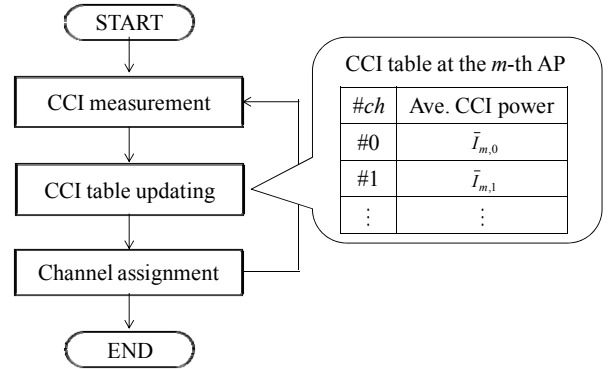


図 1 CS-DCA のフローチャート

2.1. CCI テーブルの作成法とチャンネル配置

各 AP では、予め他セルからの平均 CCI 電力を測定し、CCI テーブルに保存する。本稿では、平均 CCI 電力の測定に、忘却係数を用いる一次フィルタを用いる[5]。第 m AP の、第 t タイムスロットにおける第 ch チャンネルの平均 CCI 電力 $\bar{I}_{m,ch}(t)$ は次式で与えられる。

$$\bar{I}_{m,ch}(t) = (1-\beta) \cdot I_{m,ch}(t) + \beta \cdot \bar{I}_{m,ch}(t-1) \quad (1)$$

ここで $I_{m,ch}(t)$ は第 t タイムスロットにおいて受信した瞬時 CCI 電力である。 $\beta (0 \leq \beta \leq 1)$ は一次フィルタにおける忘却係数を表している。一次フィルタの模式図を図 2 に示す。このフィルタにより、棲み分け開始以降の CCI 電力がフィルタリングされる。ただし、 x タイムスロット前の CCI 電力は $\beta^{x-1}(1-\beta)$ 倍される。このため、 β が 0 に近いほど直前の CCI の影響を大きく受けるため CCI 変化に対する追従性は向上する。しかし、この場合、CCI の瞬時的変動の影響を大きく反映するため適切なチャンネル配置が形成されない可能性がある。各チャンネルにおける平均 CCI 電力 $\bar{I}_{m,ch}(t)$ を CCI テーブルに格納し、通信要求が発生したらテーブルを参照して次の式で示すようなチャンネル配置を行う。

$$ch_{use} = \arg \min_{ch} \{\bar{I}_{m,ch}(t)\}, ch = 0 \sim N_{ch} - 1 \quad (2)$$

ここで N_{ch} は全チャンネル数を示す. AP が式(2)のチャンネル選択規範に従い, 平均 CCI 電力最小のチャンネルを選択することで, CCI を低減するチャンネル配置が自動的に形成されると考えられる.

$I_{m,ch}(t)$

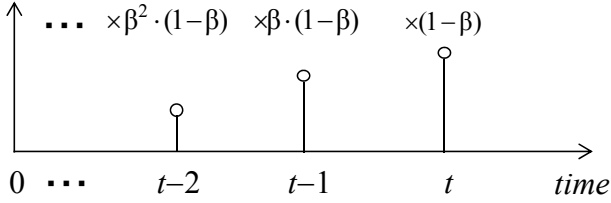


図2 一次フィルタの模式図

3. 送受信信号表現

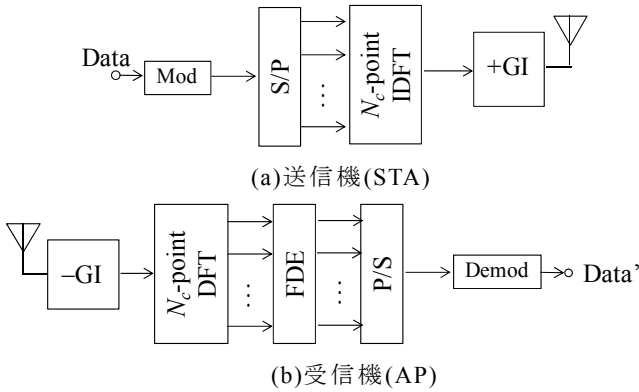


図3 伝送系

本稿では上りリンクの直交周波数分割多重 (OFDM)[6]伝送を仮定する. 送受信系を図3に示す. STAは, データ変調を行った後のシンボル系列を, 直並列変換(S/P変換)して N_c ポイントの逆離散フーリエ変換(IDFT)を行い, 時間領域信号に変換する. 続いて, ガードインターバル(GI)を付加した後, 送信する. 受信機(AP)では受信信号から GI を除去して, N_c ポイントの DFT を適用し, 次式で与えられる周波数領域信号に変換する.

$$R(k) = \sqrt{\frac{2E_s}{N_c T_s}} H(k) \cdot d(k) + N(k) + CCI(k) \quad (3)$$

ここで, E_s は送信シンボルエネルギー, T_s はシンボル長を表す. また, $d(k)$, $H(k)$, $N(k)$ および $CCI(k)$ はそれぞれ, 第 k 周波数の送信データシンボル, チャンネルの伝達関数, 雑音成分および CCI 成分を表す. 式(3)の受信信号に周波数領域等化(FDE)を適用し, 並直列変換(P/S変換)の後, データ復調を行う.

CS-DCA[5]は, チャンネル配置を行う際に, CCI 電力測定が不可欠である. AP が受信する 1 ブロックあたりの CCI 電力 P_I は, データ判定により推定した第 k 周波数の送信信号 $\hat{d}(k)$ を用いて式(4)で与えられる. また, 希望信号が含まれないチャンネルでは $\hat{d}(k) = 0$ とする. 本稿では, 各 AP は自身の受けた CCI 電力を理想的に推定できると仮定する.

$$P_I = \sum_{k=0}^{N_c-1} |R(k) - \sqrt{\frac{2E_s}{N_c T_s}} H(k) \cdot \hat{d}(k)|^2 \quad (4)$$

4. チャンネル配置の定量的評価指標

本章では, CS-DCA の CCI 低減効果の定量的解析のために, チャンネル配置パターンの自己相関, 使用チャンネルの偏り, 同一チャンネル AP 間最小距離からなるチャンネル配置に関する定量的評価指標を提案する. これらの指標はそれぞれ, チャンネル配置の安定度, 使用チャンネルの偏り, 同一チャンネルを使用する AP 間最小距離を表している.

4.1. 自己相関

チャンネル配置パターンの自己相関から, チャンネル配置の安定度を評価する. 十分時間が経過した第 t タイムスロットのチャンネル配置と, 第 $(t-n)$ タイムスロットのチャンネル配置とを比較し, 同一チャンネルを使用する AP 数の割合を自己相関 $R(n)$ と定義する. $R(n)$ は次式で与えられる.

$$R(n) \equiv E \left[\frac{1}{N_{ap}} \sum_{m=0}^{N_{ap}-1} \sum_{ch=0}^{N_{ch}-1} c_{ch}(m,t) \cdot c_{ch}(m,t-n) \right] \quad (5)$$

ここで, $E[\cdot]$ はアンサンブル平均を示す演算子であり, N_{ap} は AP 数, $c_{ch}(m,t)$ は第 t タイムスロットにおいて第 ch チャンネルが第 m AP で使用されていれば 1 を与え, そうでなければ 0 を与える関数とする. これを用いて, 第 t タイムスロットと第 $(t-n)$ タイムスロットで同一チャンネルを使用する AP 数を数えた後, AP 数で正規化することで同一チャンネルを使用する AP 数の割合を求める. $R(n)$ が 1 に近づくにつれてチャンネル配置は安定度が高いことを表している.

4.2. 使用チャンネルの偏り

あるチャンネルが注目エリア内で偏って使用されると, 周波数利用効率が低下すると考えられる. そこで, フェアネスインデックス[7]の考え方を用いて使用チャンネルの偏りを評価する. 使用チャンネルの偏り $F(t)$ を式(6)で定義する.

$$F(t) \equiv E \left[\frac{\left(\sum_{ch=0}^{N_{ch}-1} C_{ch}(t) \right)^2}{N_{ch} \cdot \sum_{ch=0}^{N_{ch}-1} C_{ch}(t)^2} \right] \quad (6)$$

ただし, N_{ch} は全チャンネル数, $C_{ch}(t)$ は第 t タイムスロットで第 ch チャンネルが使用される数を表す. $F(t)$ の値域は $(1/N_{ch} \leq F(t) \leq 1)$ であり, $F(t)$ が 1 に近づく程各チャンネルは公平に使用されることを表す.

4.3. 同一チャンネル AP 間最小距離

続いて, 同一チャンネルを使用する AP 間の最小距離に関して検討する. 各 AP から同一チャンネルを使用する AP までの最小距離を同一チャンネル AP 間最小距離 $D(t)$ と定義する. $D(t)$ は式(7)で与えられる.

$$D(t) \equiv E \left[\frac{1}{N_{ap}} \sum_{m=0}^{N_{ap}-1} \left(\min_{v \in \{0, N_{ap}-1\}} d_{m,v}(t) \right) \right] \quad (7)$$

ここで、第 t タイムスロットで、第 m AP から同一チャネルを使用する第 v AP までの距離を $d_{m,v}(t)$ で表す。同一チャネルを使用する AP 間の最小距離を求め、 $D(t)$ を得る。

5. 計算機シミュレーション結果

5.1. システムモデル

図 4 に、計算機シミュレーションで用いるネットワークモデルを示す。本稿ではセル数 $A_{all}=100$ とし、測定対象となる $A_{int}=36$ セルと周辺に位置する 64 局のセルからの CCI も考慮する。すべてのセルで CS-DCA を適用し、SIR の CDF とチャネル配置の定量的解析により評価する。

図 5 に、セルモデルを示す。各セルの中央に 1 本のアンテナを有する AP が配置されており、隣接する AP 間の距離を R とする。遅延時間の異なる L 個の離散パスからなるフェージングチャネルを仮定するとき、第 s 端末と第 m AP 間におけるチャネルのインパルス応答 $h_{s,m}(\tau)$ は次式のように表すことができる。

$$h_{s,m}(\tau) = \sum_{l=0}^{L-1} h_{s,m,l} \delta(\tau - \tau_{s,m,l}) \quad (8)$$

ただし、 $\tau_{s,m,l}$ は第 l パスにおける遅延時間を表す。 $h_{s,m,l}$ は伝搬損失、シャドウイング損失[8]、及びフェージングにより特徴付けられる複素パス利得である。このとき、第 s 端末から距離 $r_{s,m}$ の位置に存在する第 m AP 間のチャネルは次式のように表せる。

$$h_{s,m,l} = \sqrt{r_{s,m}^{-\alpha} \cdot 10^{-\frac{\eta_{s,m}}{10}}} \cdot \tilde{h}_{s,m,l} \quad (9)$$

ここで、 α は伝搬損失指数、 $\eta_{s,m}$ は第 s 端末と第 m AP 間におけるシャドウイング損失(dB)を表しており、平均値 0 で標準偏差 σ の正規分布に従うランダム変数である。また、 $\tilde{h}_{s,m,l}$ はフェージングにより変動する複素変数であり、 $E[\sum_{l=0}^{L-1} |\tilde{h}_{s,m,l}|^2] = 1$ である。上りリンクを仮定したとき、第 m AP における瞬時受信電力 $P_{r,m}$ は次式で与えられる。

$$P_{r,m} = p_{t,s} \cdot r_{s,m}^{-\alpha} \cdot 10^{-\frac{\eta_{s,m}}{10}} \cdot \sum_{l=0}^{L-1} |\tilde{h}_{s,m,l}|^2 \quad (10)$$

ただし、 $p_{t,s}$ は第 s 端末の送信電力である。ここで、AP 間距離 R を用いて、 $P_{t,s} = p_{t,s} \cdot R^{-\alpha}$ 、 $R_{s,m} = r_{s,m}/R$ とおくと式(10)は次のように書き改められる。

$$\begin{aligned} P_{r,m} &= (p_{t,s} \cdot R^{-\alpha}) \cdot (r_{s,m}/R)^{-\alpha} \cdot \sum_{l=0}^{L-1} |\tilde{h}_{s,m,l}|^2 \\ &= P_{t,s} \cdot R_{s,m}^{-\alpha} \cdot 10^{-\frac{\eta_{s,m}}{10}} \cdot \sum_{l=0}^{L-1} |\tilde{h}_{s,m,l}|^2 \end{aligned} \quad (11)$$

式(11)は、送信点からの距離 R における平均受信電力が $P_{t,s}$ となるような送信電力を用いたときの、正規化距離 $R_{s,m}$ における受信電力を示している。本稿では各 AP と端末間は見通し内である環境を想定し、 $\eta_{s,m}=0$ と

している。

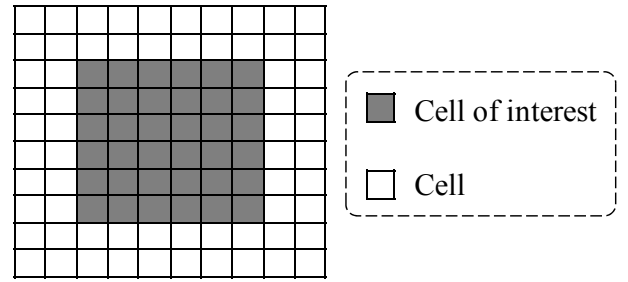


図 4 ネットワークモデル ($A_{all}=100$)

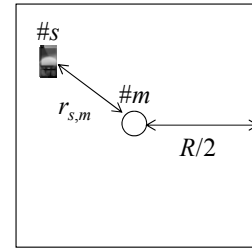


図 5 セル内の AP 配置

5.2. 計算機シミュレーション諸元

計算機シミュレーション諸元を表 1 に示す。周波数選択性ブロックレイリーフェージングを仮定しており、1 タイムスロット内においてフェージングの変動は無視できるほど小さいものとする。また、本稿では STA が静止した環境を想定し、スロットごとのフェージングの変動も無視できるほど小さいものとする。各セルに 1 つの STA が一様分布で発生し、かつ各 STA は通信確率 $p=1$ でパケットの伝送をするものとする。STA のパケット送信間隔をタイムスロットと定義し、各 AP はタイムスロットごとに 2 章で述べた CS-DCA を用いてチャネル配置を更新する。その際、AP は自身の受けた CCI 電力を理想的に分かるものとする。干渉リミット環境を想定し、各 AP の瞬時 SIR を測定し、それらを十分繰り返すことで瞬時 SIR の CDF を求めるとともに 4 章で述べた評価指標を用いてチャネル配置の定量的解析を行う。

表 1 計算機シミュレーション諸元

		No. of cells	$A_{all}=100$
System	No. of channels	$N_{ch}=4$	
	No. of users per cell	$U=1$	
	Transmission prob.	$p=1.0$	
	Access method	Random access	
	Channel estimation	Ideal	
DCA	Forgetting factor of first order filtering	$\beta=0.5\sim 0.999$	
	CCI power measurement	Ideal	
Channel	Fading	Frequency-selective block Rayleigh	
	Number of paths	$L=16$	
	Power delay profile	uniform	
	Time delay	$\tau_{s,m,l}=l, l=0\sim L-1$	
	Pass loss exponent	$\alpha=3.5$	

5.3. 動的チャンネル配置 時間変動の一例

図 6 に CS-DCA を用いるチャンネル配置の時間変動の一例を示す。STA は図 6(a)の示す位置に存在するものとする。CS-DCA の初期状態は各 AP がランダムに使用チャンネルを決めるランダム配置(RCA)とし、図 6(b)に示す。忘却係数 β をパラメータとし、第 $t(=0\sim 2000)$ タイムスロットのチャンネル配置を示す。図 6 より、チャンネル配置の時間変動の様子は β の値により異なることが分かる。

図 6 より、 $\beta=0.999$ の場合は、はじめはゆっくりとチャンネル配置が変化し、時間の経過とともにチャンネル配置が安定する。一方、 $\beta=0.5$ の場合は、チャンネル配置は終始大きく変化する。これは、CS-DCA は平均 CCI 電力を計算するのに、忘却係数 β を用いる一次フィルタを使用しているためである。 β が 1 に近い値を取るときフィルタ出力は安定するため、チャンネル配置も安定する。一方、 β が 0 に近い値を取るとき CCI の瞬時的変動の影響を大きく受けるため、チャンネル配置は不安定となる。

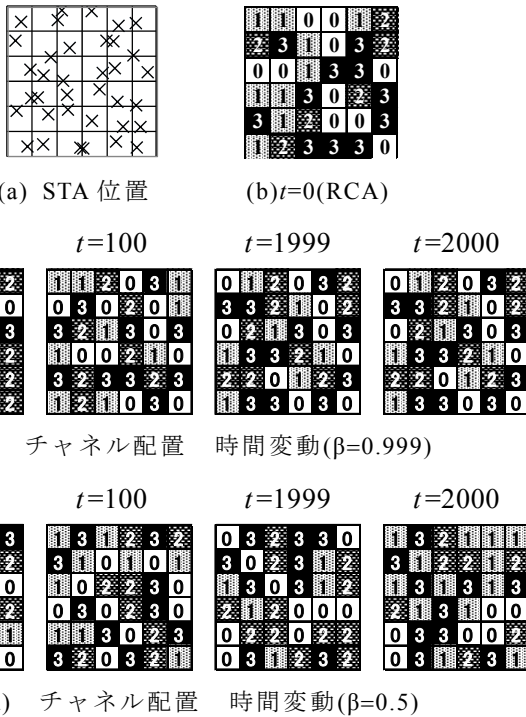


図 6 CS-DCA のチャンネル配置 時間変動の一例

5.4. チャンネル配置パターンの自己相関

チャンネル配置パターンの自己相関特性を、忘却係数 β をパラメータとして図 7 に示す。図 7 より、 β が 1 に近いほど、 n タイムスロット過去のチャンネル配置との相関が大きいので、チャンネル配置の安定度が高いと考えられる。これは、 β を 1 に近づけるほど、式(1)の瞬時的 CCI 電力 $I_{m, ch}(t)$ の影響が小さくなり、各 AP の使用チャンネルの変更が少なくなるためである。全体の 10% の AP の使用チャンネルが変化する、 $R(n)=0.9$ となる値と比較すると、 $\beta=0.5$ の場合は約 2 タイムスロットで変化するのに対して、 $\beta=0.999$ の場合約 1000 タイムスロットで変換することが分かる。

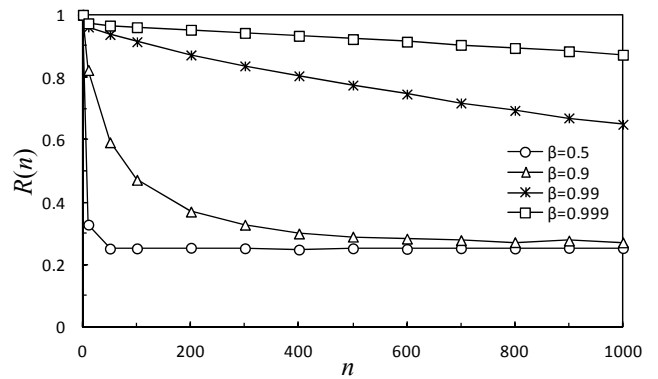


図 7 自己相関

5.5. 使用チャンネルの偏り

使用チャンネルの偏りを、忘却係数 β をパラメータとして図 8 に示す。図 8 より、 $\beta=0.5$ のときに、使用チャンネルの偏りが特に大きい事が分かる。5.4 節で示したように、 β が小さいとチャンネル配置の安定度は低下する。よって、各 AP が干渉条件を満足するチャンネルを選択する前に、周辺のチャンネル配置が変化し、それに伴い干渉環境も変化する。よって安定度が低下すると、CS-DCA は適切にチャンネル配置を行うことができないため、全体の使用チャンネルに偏りが生じたと考えられる。特に $\beta=0.5$ の場合は、5.4 節より約 2 タイムスロットでチャンネル配置が変化するような安定度の低い環境であることが分かっている。

一方で、 β を 1 に近い値(本稿では $\beta \geq 0.9$)とすることで、使用チャンネルの偏りは小さくなる事が分かる。これは、チャンネル配置を安定化させることで、周辺のチャンネル配置が変化する前に、各 AP は干渉条件を満足するチャンネルを選択できるためであると考えられる。

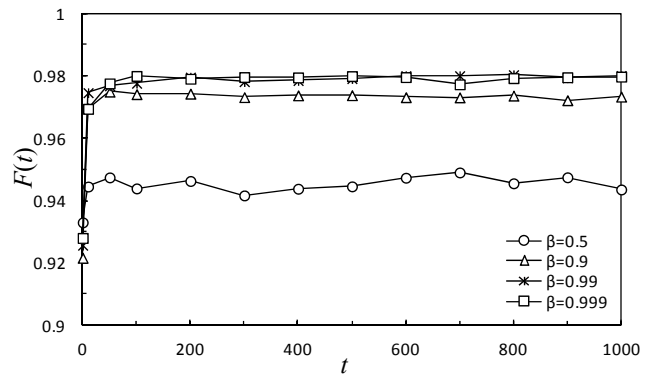


図 8 使用チャンネルの偏り

5.6. 同一チャンネル AP 間最小距離

R で正規化した同一チャンネル AP 間最小距離を、忘却係数 β をパラメータとして図 9 に示す。図 9 より、特に $\beta=0.5$ のときに同一チャンネル AP 間最小距離が小さいことが分かる。これは、5.5 節の考察で述べたように、 β が小さいと CS-DCA は適切にチャンネル配置を行うことができないためである。一方で、1 に近い β を用いることで、同一チャンネル AP 間最小距離が離れることから、CCI を低減するチャンネル配置を形成でき

ることが分かる。

以上の定量的解析より、1に近い β (本稿では $\beta \geq 0.9$)を用いてチャンネル配置を安定化させることで、CCIを低減するチャンネル配置を実現できることが分かる。

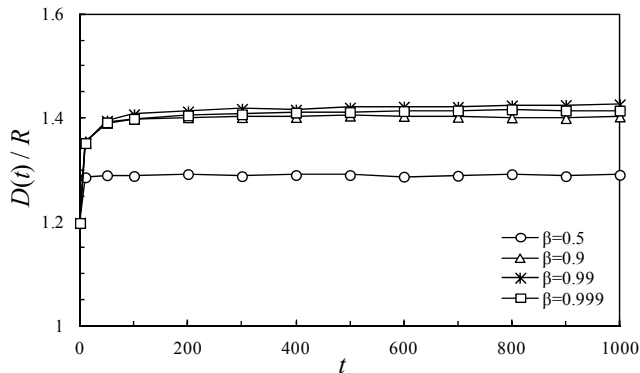


図9 同一チャンネル AP 間最小距離

5.7. 動的チャンネル配置の CCI 低減効果

各チャンネル配置を用いた場合の、AP の瞬時 SIR の CDF を図 10 に示す。CS-DCA の初期状態は RCA とし、十分時間が経過した後の配置で SIR を測定した。

図 10 より、忘却係数 β を 1 に近くし、チャンネル配置を安定化させることで、従来法と比較して SIR 特性を向上できることが分かる。CS-DCA では、CDF1% を与える SIR を、RCA (DCA 初期状態) および従来法より、それぞれ 5.0dB および 1.6dB 程度低減できる。また、CS-DCA は自律分散型のチャンネル配置でありながら、集中制御を必要とする固定チャンネル配置(FCA)[9] と近い SIR を達成可能であることが分かる。

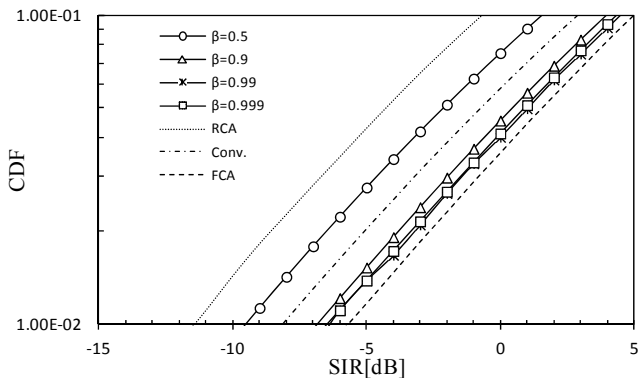


図 10 各 AP の SIR 分布

6. むすび

本稿では、無線 LAN システムへの CS-DCA の適用について検討した。チャンネル配置の評価指標を導入し、CS-DCA により形成されたチャンネル配置について、その安定度、使用チャンネルの偏りと同一チャンネル AP 間最小距離の観点から考察した。計算機シミュレーションにより、CS-DCA は CCI を低減するようなチャンネル配置パターンを自律的に形成でき、CDF1% を与える SIR を従来法より 1.6dB 程度低減できることを示した。今後はトラフィックが変動する通信環境における CS-DCA の効果に関する検討を行う予定である。

謝 辞

有益な示唆をいただいた NTT 未来ねっと研究所熊谷智明氏、石原浩一氏および B. A. Hirantha Sithira Abeysekera 氏に深謝する。

文 献

- [1] 守倉正博, 久保田 周治, “改訂三版 802.11 高速無線 LAN 教科書,” 4 章, インプレス R&D, 2008.
- [2] G. F. Marias, D. Skyrianoglou, and L. Merakos, “A Centralized Approach to Dynamic Channel Assignment in Wireless ATM LANs,” Proc. 18th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (Infocom’99), Mar. 1999.
- [3] G. Cao and M. Singhal, “Distributed Fault-Tolerant Channel Allocation for Cellular Networks,” IEEE Journal on Selected Areas In Communications, Vol. 18, No. 7, pp.584-591, July 2000.
- [4] Y. Furuya and Y. Akaiwa, “Channel Segregation, a Distributed Adaptive Channel Allocation Scheme for Mobile Communication Systems,” IEICE Trans. on Communications, Vol.E74-B, No.6, pp.1531-1537, June 1991.
- [5] 松川隆介, 小原辰徳, 安達文幸, “分散アンテナネットワークにおける動的チャンネル割り当て法に関する一検討,” 信学技報, RCS2011-134, pp.129-134, 2011 年 8 月.
- [6] R. V. Nee, R. Prasad, “OFDM for Wireless Multimedia Communications,” Artech House, 2000.
- [7] R. Jain, D. Chiu, and W. Hawe, “A Quantitative Measure of Fairness and Discrimination for Resource Allocation in Shared Computer Systems,” Digital Equipment Corporation, Sept. 1984.
- [8] J. G. Proakis, “Digital communications, 4th ed.,” McGraw-Hill, 2001.
- [9] W. C. Jakes, “Microwave mobile communications,” Wiley, 1974.