

# ビーコン信号を利用した干渉測定型チャネル棲み分けのための 周辺セルのトラヒックを考慮した受信干渉電力補正法

菅井 廉<sup>1</sup> Martin T. H. SIRAIT<sup>1</sup> 天間 克宏<sup>1</sup> 石原 浩一<sup>2</sup>  
B. A. Hirantha Sithira ABEYSEKERA<sup>2</sup> 熊谷 智明<sup>3</sup> 安達 文幸<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> 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

<sup>2</sup> 日本電信電話株式会社 NTT アクセスサービスシステム研究所 〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 1-1

<sup>3</sup> 日本電信電話株式会社 NTT 未来ねっと研究所 〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 1-1(注<sup>1</sup>)

E-mail: <sup>1</sup>{sugai, martin, tenma}@mobile.eeci.tohoku.ac.jp,

<sup>2</sup>{ishihara.koichi, hirantha.abeysekera}@lab.ntt.co.jp, <sup>3</sup>t.kumagai@atr.jp, <sup>4</sup>adachi@eeci.tohoku.ac.jp

**あらまし** ビーコン信号を利用した干渉測定型チャネル棲み分けに基づく動的チャネル配置法(IACS-DCA)を用いることで、アクセスポイント(AP)間の同一チャネル干渉(CCI)を小さくする同一チャネル再利用パターンを自律的に生成できる。しかし、トラヒックと無関係に報知される各 AP のビーコン信号の受信電力に基づく IACS-DCA では、通信トラヒック分布に対応した再利用パターンを生成できない。そこで本稿では、トラヒック分布を考慮したビーコン信号受信電力の補正法を提案する。提案法では、AP は自セルのトラヒック情報をビーコン信号で報知する。各 AP は受信したビーコン信号に記載されたトラヒック情報に基づいてビーコン信号受信電力を補正して瞬時 CCI 電力を算出してチャネル選択を行う。計算機シミュレーションにより、トラヒック分布に対応したチャネル再利用パターンを形成できることを明らかにしている。

**キーワード** チャネル棲み分け, 動的チャネル配置, 同一チャネル干渉

## Received CCI Power Adjustment for Interference-Aware Channel Segregation Using Beacon Signal

Ren SUGAI<sup>1</sup> Martin T. H. SIRAIT<sup>1</sup> Katsuhiko TEMMA<sup>1</sup> Koichi ISHIHARA<sup>2</sup>  
B. A. Hirantha Sithira ABEYSEKERA<sup>2</sup> Tomoaki KUMAGAI<sup>3</sup> and Fumiyuki ADACHI<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup>Dept. of Communications Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University  
6-6-05, Aza-Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8579, Japan

<sup>2</sup>NTT Access Network Service Systems Laboratories, NTT Corporation  
1-1, Hikarinooka, Yokosuka-shi, 239-0847, Japan

<sup>3</sup>NTT Network Innovation Laboratories, NTT Corporation  
1-1, Hikarinooka, Yokosuka-shi, 239-0847, Japan

E-mail: <sup>1</sup>{sugai, martin, tenma}@mobile.eeci.tohoku.ac.jp,

<sup>2</sup>{ishihara.koichi, hirantha.abeysekera}@lab.ntt.co.jp, <sup>3</sup>t.kumagai@atr.jp, <sup>4</sup>adachi@eeci.tohoku.ac.jp

**Abstract** Our recently proposed interference-aware channel segregation based dynamic channel assignment (IACS-DCA) using beacon signal can form a channel reuse pattern achieving sufficiently low co-channel interference (CCI) at each access point (AP) in a distributed manner. However, IACS-DCA using beacon signal cannot adapt the channel reuse pattern based to the changing traffic distribution because channel segregation is performed using traffic-independent beacon signal power measurement. In this paper, we propose the received beacon signal power correction scheme so that the corrected measured beacon signal power is proportionate to the traffic volume. In the proposed scheme, every AP transmits its beacon signal containing the traffic volume information of its own cell. Based on the traffic information, each AP corrects the measured beacon signal powers and computes the instantaneous CCI powers which are proportionate to the traffic volume. We show by computer simulation that by using the proposed power correction scheme, a channel reuse pattern can be formed according to traffic distribution.

## 1. まえがき

無線通信で利用可能な周波数帯域は限られているので、空間的に離れたアクセスポイント(AP)や基地局(BS)で同一チャネルを再利用しなければならない。しかしながら、同一チャネルを再利用すると、同一チャネル干渉(CCI)が発生し通信品質を制限してしまうため、他 AP に与える CCI をできるだけ小さくするようにチャネルを再利用する必要がある。ところで、実際の無線ネットワークでは、ユーザ分布の変化や新規 AP の設置に伴い干渉環境が変化する。したがって、干渉環境の変化に追従して、他 AP に与える CCI を常に小さくするようにチャネルを再利用する動的チャネル配置(DCA)[1]-[3]が有効である。筆者らはこれまで、干渉測定型チャネル棲み分けに基づく DCA(IACS-DCA)を用いれば、他 AP に与える CCI が小さいチャネル再利用パターンを自律的に形成できることを示した[4]-[5]。IACS-DCA では、各 AP が利用可能な全チャネルの CCI 電力を周期的に観測し、過去の観測値を用いて平均 CCI 電力を計算し、平均 CCI 電力が最小のチャネルを選択する。

周辺端末(STA)からの上りリンク CCI 電力測定に基づく IACS-DCA では、周辺セルの上りリンクトラヒックに対応してチャネル再利用パターンを形成できる。一方で筆者らは最近、周辺 AP が報知するビーコン信号を用いる IACS-DCA について、無線 LAN での実験的検討および計算機シミュレーションによる検討を行った[6]-[7]。しかしながら、ビーコン信号はトラヒックの大きさは無関係に一定間隔で報知される信号であるため、ビーコン信号電力を単純に測定する IACS-DCA ではトラヒック分布に対応したチャネル再利用パターンが形成できない。

そこで本稿では、トラヒックの大きさを考慮した干渉電力補正法を提案する。各 AP は、自セルのトラヒック情報をビーコン信号に記載して報知する。AP では、ビーコン信号に記載されたトラヒック情報に基づいて瞬時 CCI 電力の補正を行う。これにより、ビーコン信号を利用する IACS-DCA でもトラヒック分布に対応したチャネル再利用パターンを形成できる。

本稿の構成は以下の通りである。第 2 章で、IACS-DCA の動作原理と、ビーコン信号を用いて棲み分けを行う場合の課題について述べる。第 3 章で、トラヒックを考慮した干渉電力補正法を示す。第 4 章では計算機シミュレーション結果を示し、トラヒック分

布に対応したチャネル再利用パターンを形成できること、またこれにより受信 SIR 特性を改善できることを示す。第 5 章でまとめる。

## 2. IACS-DCA の原理と課題

### 2.1. IACS-DCA の原理

図 1 に、各 AP の IACS-DCA フローチャートを示す。各 AP は、瞬時 CCI 電力を測定する。次に、平均 CCI 電力を計算し、チャネル優先度テーブルを更新する。AP はチャネル優先度テーブルを参照して平均 CCI 電力最小のチャネルを選択し、選択したチャネルでビーコン信号を送信し、配下の STA に使用チャネルを通知する。各 AP は、一定間隔でこれらの動作を繰り返す。

以下では AP( $m$ )における動作について述べる。平均 CCI 電力の計算には、忘却係数  $\beta(0 \leq \beta < 1)$  を用いる一次フィルタを用いる。第  $m$  番目の AP を AP( $m$ )のように、AP( $m$ )と通信している STA を STA( $m$ )のように表す。第  $t$  更新時点で測定した第  $c$  チャネル( $c=0 \sim C-1$ )の瞬時 CCI 電力を  $I_{AP(m)}(t;c)$  で表す。AP( $m$ )はチャネル優先度テーブルに格納されている第  $c$  チャネルの平均 CCI 電力  $\bar{I}_{AP(m)}(t-1;c)$  を読み出し、第  $t$  更新時点における平均 CCI 電力  $\bar{I}_{AP(m)}(t;c)$  を次式のように計算する。

$$\bar{I}_{AP(m)}(t;c) = (1-\beta) \cdot I_{AP(m)}(t;c) + \beta \cdot \bar{I}_{AP(m)}(t-1;c) \quad (1)$$

AP( $m$ )は、上式により求めた  $\bar{I}_{AP(m)}(t;c)$  をチャネル優先度テーブルに格納する。この操作を  $C$  個の全てのチャネルについて行う。

AP( $m$ )は、チャネル優先度テーブルを参照し、平均 CCI 電力最小のチャネル  $c(m)$  を選択する。つまり、

$$c(m) = \arg \min_{c \in [0, C-1]} \bar{I}_{AP(m)}(t;c) \quad (2)$$

AP( $m$ )は、次のチャネル優先度テーブル更新時点(つまり第  $t+1$  更新時点)まで、このチャネルを使用し続ける。

IACS-DCA では、AP 間で使用チャネル情報の交換は必要ないが、ビーコン信号の送信と干渉測定という手段で使用チャネル情報の交換を行っていると言ってよい。一括してチャネル棲み分けを行うのが集中制御である。自律的なチャネル棲み分けのためには、AP が他 AP の使用チャネルを観測して少しずつ使用チャネルを変えるしかない。つまり棲み分けに時間がかかるということである。棲み分けにどのくらいの時間をかけるかを制御するパラメータが忘却係数  $\beta$  である。

$\beta$  の値を小さくし過ぎると、瞬時 CCI 電力の大きさに基づいてチャネルを選択してしまうことになるので、安定したチャネル再利用パターンの形成ができなくなり、チャネル棲み分けが行われなくなる。棲み分けが行われるためには、 $\beta$  を 1 に近い値に設定する必要がある。

(注 1) 現所属は(株)国際電気通信基礎技術研究所(ATR)波動工学研究所 〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台 2-2-2

ある[5]. 勿論,  $\beta$  を 1 に近づけ過ぎると AP の設置状況の変化や, トラフィック密度のゆっくりとした変化に追従したチャンネル棲み分けが行われなくなる.

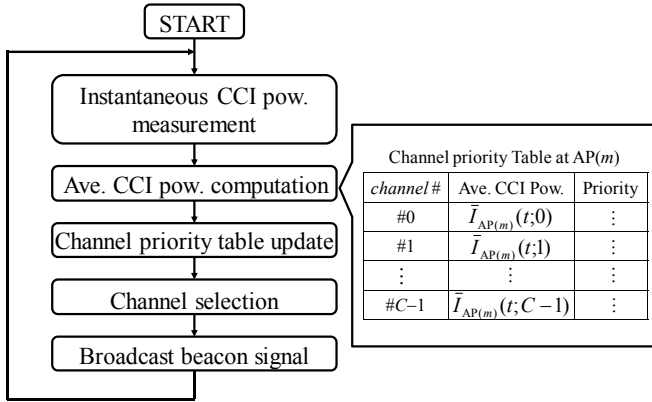


図1 IACS-DCAにおけるAPの動作

## 2.2. ビーコン信号を利用する IACS-DCA の課題

従来のビーコン信号を利用する IACS-DCA では, AP 設置密度に対応したチャンネル再利用パターンの形成が可能であるが, AP 設置密度とトラフィック密度の両方に対応したチャンネル再利用パターンが形成できない. そこで本稿では, ビーコン信号を利用する IACS-DCA における周辺トラフィックに対応するための干渉電力補正法を提案する.

## 3. 干渉電力補正法の提案

本章では, 瞬時 CCI 電力として瞬時ビーコン信号受信電力を用いる IACS-DCA でも, トラフィックに対応してチャンネルが棲み分けられるようにするための干渉電力補正法について述べる.

各 AP は, 自セルのトラフィック量をビーコン信号に記載して報知する. 本稿では, 全 AP が同期して時分割複信(TDD)により通信を行うシステムを想定する. 同一チャンネルを利用している各 AP のビーコン送信タイミングが時間軸上で重ならないように制御されているものとし, 各 AP は全 AP のビーコン信号を干渉なしに検出できるものと仮定する. また本稿では, トラフィック量を, スロット当たりの送信確率で表す. 本稿では各 AP は受信したビーコン信号に記載された送信確率に基づいて瞬時 CCI 電力を補正する. 第  $c$  チャンネルを利用している AP では, 同じチャンネルを利用している全ての AP の瞬時受信 CCI 電力とそれらの送信確率を用いて, 次式により補正された第  $c$  チャンネルの瞬時受信 CCI 電力を得る.

$$\tilde{I}_{AP(m)}(t;c) = \sum_{\substack{n \in APG(c) \\ n \neq m}} \mu(n) \cdot I_{AP(m),AP(n)}(t;c) \quad (3)$$

ここで,  $I_{AP(m),AP(n)}(t;c)$  は AP(m) で受信される第  $c$  チャンネルを利用している AP(n) から報知されたビーコン信号

の受信電力,  $\mu(n)$  ( $0 \leq \mu(n) \leq 1$ ) は AP(n) における送信確率である. APG(c) は第  $c$  チャンネルを使用する AP の集合である. IACS-DCA の平均 CCI 電力の計算には補正した瞬時干渉電力の値を使用する.

全 AP が同期しているとき, 上りリンクでは他の同一チャンネル AP と通信している STA から受ける上りリンク CCI が最小のチャンネルを, 下りリンクでは下りリンク CCI が最小のチャンネルを, それぞれ選択するようにチャンネル棲み分けを行うことが望まれる. したがって, 上りリンクのトラフィックに適応したチャンネル再利用パターンを形成するためには, 各 AP は自セルの上りリンクの送信確率をビーコン信号に記載すればよい. また, 下りリンクのトラフィックに適応したチャンネル再利用パターンを形成するためには, 各 AP は自セルの下りリンクの送信確率をビーコン信号に記載すればよい.

## 4. 計算機シミュレーション

### 4.1. システムモデルと計算機シミュレーション緒元

全 AP が同期して上下リンク通信を行う時分割複信(TDD)を用いるサブキャリア数  $N_c$  の直交周波数分割多重(OFDM)無線システムを対象とする. システムモデルを図 2 に示す. また, 計算機シミュレーション諸元を表 1 に示す.

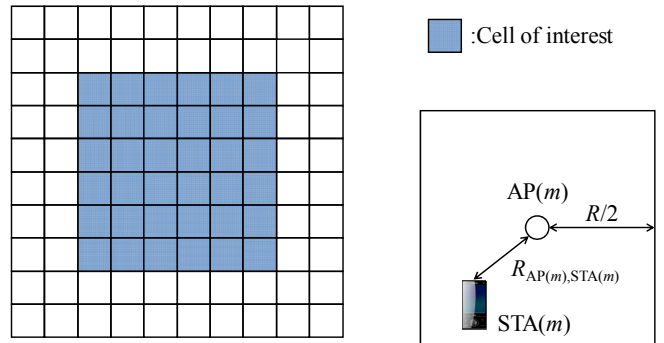


図2 ネットワークモデル

表 1 計算機シミュレーション諸元

Network model	No. of channels	$C=4$
	No. of STAs per cell	$U=1$
	No. of APs	$N_{all}=100$
	Signal transmission	OFDM using $N_c=64$ subcarriers
Channel model	Path loss exponent	$\alpha=3.5$
	Shadowing loss standard deviation	$\sigma=0$ (dB)
	Fading	Rayleigh with $L=16$ -path uniform power delay profile
IACS-DCA	Filter forgetting factor	$\beta=0.99$

総セル数  $N_{all}=100$  とし, 各正方セルの中心に 1 本のアンテナを有する AP が配置されているものとする. 各 AP 間距離を  $R$  とする. 各セルには 1 台の静止した STA が存在しており, セル内に一様分布で存在すると

した．また，上下リンクの通信頻度は等しく，それをスロットごとの送信確率  $\mu(n)$  ( $0 \leq \mu(n) \leq 1$ ) でセル毎に与えた．各 AP, STA は優先度テーブルの更新毎に送信確率に基づいて通信を行うかを決定する．中心の  $N_{\text{int.}}=36$  セルを SIR の測定対象セルとした．

## 4.2. 伝搬モデル

同じ第  $c$  チャンネルを利用している AP( $m$ ) で観測される AP( $n$ ) から報知されたビーコン信号の受信電力  $I_{\text{AP}(m),\text{AP}(n)}(t;c(n))$  を次式を用いて計算した．

$$I_{\text{AP}(m),\text{AP}(n)}(t;c(n)) = P_{\text{AP}(n)} \cdot r_{\text{AP}(m),\text{AP}(n)}^{-\alpha} \cdot 10^{-\eta_{\text{AP}(m),\text{AP}(n)}/10} \times \frac{1}{N_c} \sum_{k=0}^{N_c-1} |H_{\text{AP}(m),\text{AP}(n)}(t;k,c(n))|^2 \quad (4)$$

ここで， $P_{\text{AP}(n)} = P_{\text{AP}(n)} \cdot R^{-\alpha}$  は AP( $n$ ) から送信されたビーコン信号のセル端での受信電力であり，本稿ではこれを AP( $n$ ) の正規化送信電力と呼ぶ． $\alpha$  は伝搬損失指数である． $r_{\text{AP}(m),\text{AP}(n)} = R_{\text{AP}(m),\text{AP}(n)} / R$  および  $\eta_{\text{AP}(m),\text{AP}(n)}$  はそれぞれ，AP( $m$ )-AP( $n$ ) 間の正規化距離およびシャドウイング損失 (dB) である． $H_{\text{AP}(m),\text{STA}(n)}(t;k,c)$  は第  $c$  チャンネルの第  $k$  サブキャリアにおける無線チャンネル利得を表し， $L$  個の離散パスから構成される周波数選択性レイリーフェージングチャンネルを仮定し，次式のインパルス応答より離散フーリエ変換 (DFT) を用いて計算した．

$$h(\tau;t) = \sum_{l=0}^{L-1} h_l(t) \delta(\tau - \tau_l) \quad (5)$$

ここで， $h_l(t)$  および  $\tau_l$  はそれぞれ，第  $l$  パスの複素パス利得および遅延時間であり， $E[\sum_{l=0}^{L-1} |h_l|^2] = 1$  である． $E[\cdot]$  はアンサンブル平均を表す演算子である．

AP( $m$ ) での第  $c$  番目のチャンネルの補正された瞬時受信 CCI 電力は式 (3) および (5) より次式を用いて計算した．

$$\tilde{I}_{\text{AP}(m)}(t;c) = \sum_{\substack{n \in \text{APG}(c) \\ n \neq m}} \mu(n) \cdot p_{\text{AP}(n)} \cdot r_{\text{AP}(m),\text{AP}(n)}^{-\alpha} \cdot 10^{-\eta_{\text{AP}(m),\text{AP}(n)}/10} \times \frac{1}{N_c} \sum_{k=0}^{N_c-1} |H_{\text{AP}(m),\text{AP}(n)}(t;k,c)|^2 \quad (6)$$

## 4.3. 伝送品質の評価

本稿では伝送品質の評価指標として，受信した OFDM 信号の全サブキャリアの希望信号電力の総和と瞬時 CCI 電力の総和の比として定義した瞬時 SIR [8] を用いる．第  $t$  更新時点の AP( $m$ ) の上りリンク瞬時 SIR  $\lambda_{\text{AP}(m)}(t)$  および下りリンク瞬時 SIR  $\lambda_{\text{STA}(m)}(t)$  は，それぞれ次式を用いて計算した．

$$\left. \begin{aligned} \lambda_{\text{AP}(m)}(t) &= \frac{P_{\text{STA}(m)} \cdot r_{\text{AP}(m),\text{STA}(m)}^{-\alpha} \cdot 10^{-\eta_{\text{AP}(m),\text{STA}(m)}/10} \times \frac{1}{N_c} \sum_{k=0}^{N_c-1} |H_{\text{STA}(m),\text{AP}(m)}(t;k,c(m))|^2}{\sum_{\substack{n \in \text{APG}(c(m)) \\ n \neq m}} P_{\text{STA}(n)} \cdot r_{\text{AP}(m),\text{STA}(n)}^{-\alpha} \cdot 10^{-\eta_{\text{AP}(m),\text{STA}(n)}/10} \times \frac{1}{N_c} \sum_{k=0}^{N_c-1} |H_{\text{AP}(m),\text{STA}(n)}(t;k,c(m))|^2} \\ \lambda_{\text{STA}(m)}(t) &= \frac{P_{\text{AP}(m)} \cdot r_{\text{AP}(m),\text{STA}(m)}^{-\alpha} \cdot 10^{-\eta_{\text{AP}(m),\text{STA}(m)}/10} \times \frac{1}{N_c} \sum_{k=0}^{N_c-1} |H_{\text{STA}(m),\text{AP}(m)}(t;k,c(m))|^2}{\sum_{\substack{n \in \text{APG}(c(m)) \\ n \neq m}} P_{\text{AP}(n)} \cdot r_{\text{STA}(m),\text{AP}(n)}^{-\alpha} \cdot 10^{-\eta_{\text{STA}(m),\text{AP}(n)}/10} \times \frac{1}{N_c} \sum_{k=0}^{N_c-1} |H_{\text{STA}(m),\text{AP}(n)}(t;k,c(m))|^2} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

初期 ( $t=0$ ) のチャンネル配置として，全 AP に第 0 チャンネルを配置し，チャンネル棲み分けを行わせた．1 回の計算機シミュレーション試行の時間長はチャンネル優先度テーブルの更新回数で 2000 回相当とし，この間 STA の位置とフェージングは変化しないものとした．第 2000 更新時点における上りリンクおよび下りリンクの受信 SIR を測定した．この試行を 2000 回繰り返すことで SIR の累積分布関数 (CDF) を算出した．

## 4.4. チャンネル再利用パターン

干渉電力補正の有無によるチャンネル再利用パターンの違いについて議論するため，トラヒック分布に偏りがある環境の一例として，図 3 のような，中央のセルのトラヒックが少ない送信確率分布を考えた．中央の 16 セルの送信確率を 0.1，それ以外のセルでの送信確率を 1.0 (常に送信) とした．総チャンネル  $C=4$  の場合における  $t=2000$  でのチャンネル再利用パターンの比較を図 4 に示す．図 4 より，干渉電力補正を用いたとき，送信確率の低いセルに隣接したセルで同じチャンネルが再利用される傾向があることが分かる (図 4(a) 中でマークした箇所)．

ビーコン信号はトラヒックに関係なく周期的に報知されており，補正法を適用しない場合は通信発生確率に関わらず全セルで飽和トラヒックが発生している場合と同じ環境と等価であるように見えるため，隣接したセルで同一のチャンネルが再利用されないようにチャンネルが棲み分けられる．一方，補正法を適用した場合，通信発生確率が低いセルの AP から報知されるビーコン信号の受信電力は通信発生確率に応じて小さくなるよう補正され，通信発生確率の低いセルからの CCI 電力は小さく見積られる．したがって，通信発生確率が低いセルに隣接したセルで同一のチャンネルが再利用されるようにチャンネルが棲み分けられたと言える．

1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

図3 送信確率分布

0	2	0	3	0	3	0	2	3	2
2	3	1	0	2	1	2	1	0	1
1	0	3	2	3	0	3	0	2	3
3	2	1	0	3	2	3	1	3	2
1	0	3	0	2	3	0	1	0	1
3	1	2	0	3	0	3	1	2	3
2	0	1	3	0	3	3	3	1	0
1	3	0	2	1	2	0	1	2	3
2	0	2	3	0	3	1	2	3	0
1	3	0	1	2	0	3	0	2	1

0	2	0	3	1	3	0	2	3	1
2	3	1	0	2	3	1	0	2	3
1	0	2	3	0	1	0	2	3	0
3	2	3	1	3	2	3	0	2	1
1	0	2	0	1	0	2	1	3	0
3	1	3	2	3	1	3	0	2	3
2	0	2	1	0	2	1	3	1	0
1	3	0	3	2	3	0	1	2	1
2	0	2	1	0	1	2	3	0	3
1	3	1	3	2	0	3	2	1	2

(a) 提案法あり

(b) 提案法なし

図4 t=2000におけるチャンネル再利用パターン

4.5. 受信 SIR 特性

送信確率に偏りがあるとき(図 5(a))とランダム分布するとき(図 5(b))について、干渉電力補正を用いたときの上りリンクおよび下りリンクの受信 SIR の CDF を求めた。その結果を図 6 および 7 に示す。図 6 および 7 より、干渉電力補正を用いることで上下リンク共に受信 SIR を改善できることが分かる。

図 8 に、送信確率がランダム分布しているとき(図 5(b))について、送信確率が  $0.1 \leq \mu(n) \leq 0.3$ ,  $0.4 \leq \mu(n) \leq 0.7$ ,  $0.8 \leq \mu(n) \leq 1.0$  のセルにおける上りリンク受信 SIR の CDF を示す。図 8 より、通信発生確率が  $0.1 \leq \mu(n) \leq 0.3$  のセルでは干渉電力補正を用いると、わずかではあるが上りリンク受信 SIR が劣化していることが分かる。これは、第 3.3 節で示したように干渉電力補正を用いるとき、図 4 に見られるように送信確率の低いセルの周辺セルでは同一チャンネルが再利用されるようになるからである。一方、送信確率が  $0.4 \leq \mu_n \leq 0.7$  および  $0.8 \leq \mu_n \leq 1.0$  のセルでは受信 SIR が大きく改善している。これは、送信確率の高いセル周辺ではできるだけ同一チャンネルを再利用しないようになり、同一チャンネルセル間の距離を離すことができるからである。

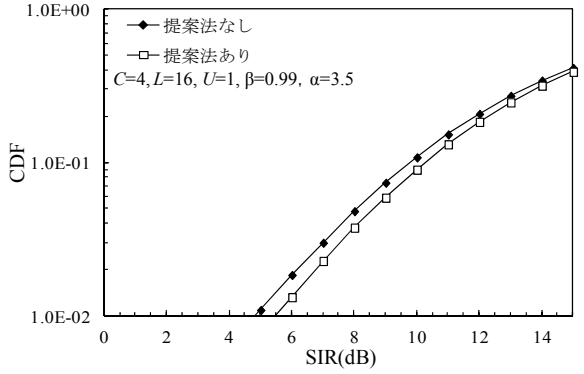
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

0.9	0.8	0.2	0.8	0.0	0.3	0.3	0.3	0.7	0.2
0.7	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.5	0.2	1.0	0.2
1.0	0.3	0.2	0.8	0.9	0.6	0.8	0.1	0.9	0.8
0.9	0.5	0.3	0.0	0.3	0.3	0.1	0.4	0.6	0.9
0.6	0.1	0.9	0.7	0.4	0.9	0.5	0.8	1.0	0.4
0.8	0.7	0.6	1.0	0.4	0.4	0.3	0.1	0.4	0.1
0.8	0.2	0.7	0.0	0.0	0.8	0.4	1.0	0.1	0.8
0.6	0.6	0.7	0.5	0.2	1.0	0.1	0.6	0.5	0.0
1.0	0.2	0.8	0.3	0.1	1.0	0.6	0.5	0.1	1.0
0.4	0.9	1.0	0.9	0.7	0.8	0.8	0.9	0.7	0.6

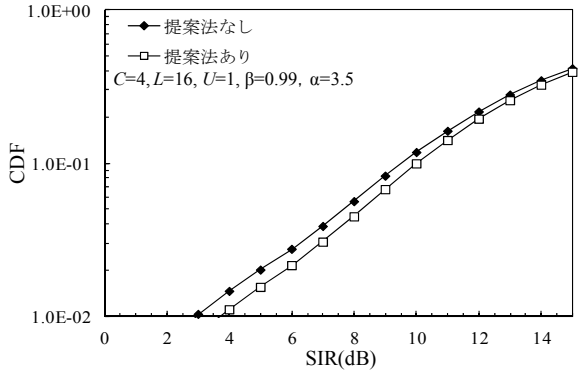
(a)

(b)

図5 受信 SIR 測定に用いる各セルの通信発生確率分布

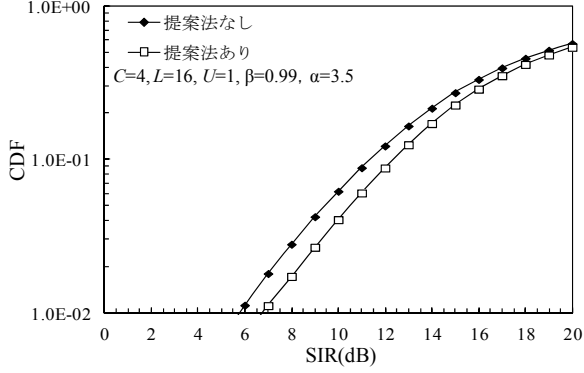


(a) 上りリンク

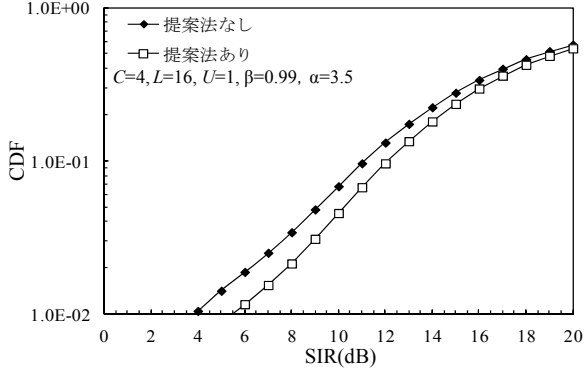


(b) 下りリンク

図6 図 5(a)の通信発生確率分布における受信 SIR

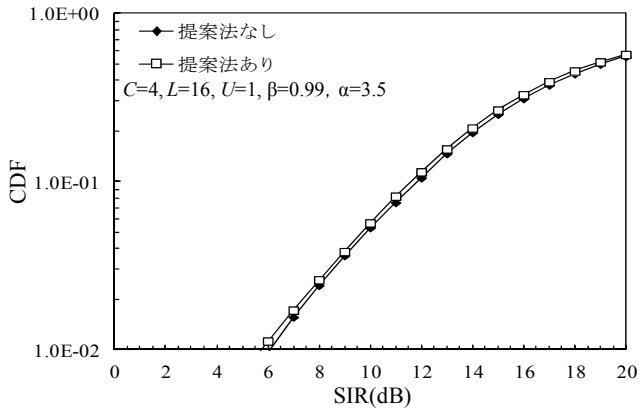


(a) 上りリンク

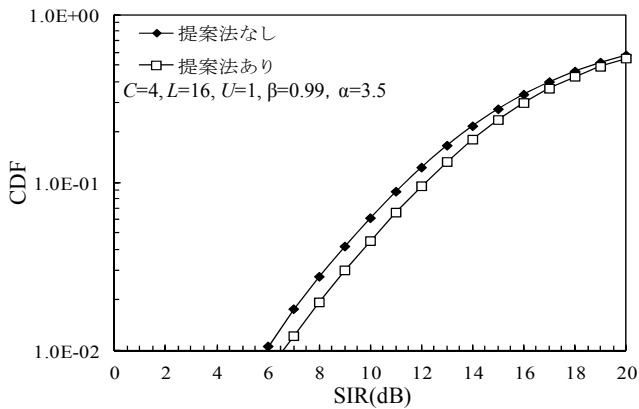


(b) 下りリンク

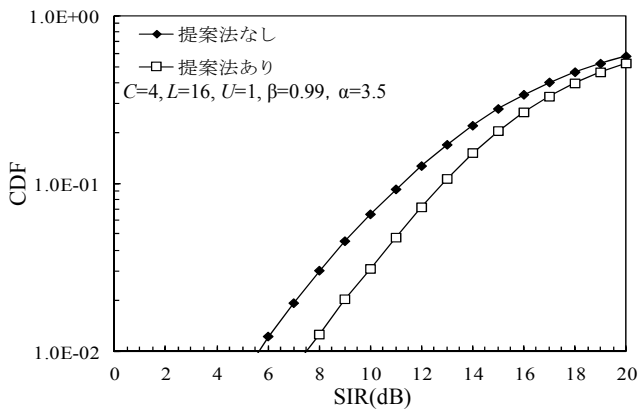
図7 図 5(b)の通信発生確率分布における受信 SIR



(a)  $0.1 \leq \mu_n \leq 0.3$



(b)  $0.4 \leq \mu_n \leq 0.7$



(c)  $0.8 \leq \mu_n \leq 1.0$

図 8 通信発生確率による上りリンク受信 SIR の比較

## 5. むすび

本稿では、ビーコン信号を利用する IACS-DCA における周辺セルのトラフィックを考慮した干渉電力補正法を提案した。提案法により、送信確率の低いセルの周辺セルでは同一チャネルが再利用されるようになり受信 SIR 特性はわずかに劣化するものの、送信確率の高いセルでは同一チャネルセル間の距離を離すようにチャネル再利用パターンが形成され、セル全体では受信 SIR 特性を改善できることを示した。

## 文 献

- [1] I. Katzela and M. Naghshineh, "Channel assignment schemes for cellular mobile telecommunication systems: a comprehensive survey," *IEEE Personal Commun.*, Vol. 3, No. 3, pp. 10-31, June 1996.
- [2] H. Skalli, S. Ghosh, S. K. Das, L. Lenzini and M. Conti, "Channel assignment strategies for multiradio wireless mesh networks: issues and solutions," *IEEE Commun. Magazine*, Vol. 45, No. 11, pp. 86-95, Nov. 2007.
- [3] A. Goldsmith, *Wireless Communications*, Cambridge University Press, Aug. 2005.
- [4] R. Matsukawa, T. Obara, and F. Adachi, "A dynamic channel assignment scheme for distributed antenna networks," *Proc. IEEE 75th Vehicular Technology Conference (VTC2012-Spring)*, May 2012.
- [5] Y. Matsumura, S. Kumagai, T. Obara, T. Yamamoto, and F. Adachi, "Channel Segregation Based Dynamic Channel Assignment for WLAN," *Proc. IEEE The 13<sup>th</sup> International Conference on Communication Systems (ICCS2012)*, Nov. 2012.
- [6] 松村祐輝, 天間克宏, 石原浩一, ヒランタ アベ-セーカラ, 熊谷智明, 安達文幸, "IEEE802.11 無線 LAN における干渉電力測定に基づいてチャネルを棲み分け動的チャネル配置の実験的検討," 信学会ソサイエティ大会, B-5-89, p.452, 2013年9月.
- [7] R. Sugai, M. T. H. Sirait, Y. Matsumura, K. Temma and F. Adachi, "Impact of Shadowing Correlation on Interference-Aware Channel Segregation Based DCA," *Proc. 2014 IEEE 11th Vehicular Technology Society Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS2014)*, Aug. 2014.
- [8] 松村祐輝, 天間克宏, 小原辰徳, 山本哲矢, 石原浩一, ヒランタ アベ-セーカラ, 熊谷智明, 安達文幸, "チャネル棲み分けに基づく無線 LAN 動的チャネル配置に及ぼす非同期送信タイミングの影響に関する一検討," 信学技報, RCS2012-341, pp.339-344, 2013年2月.