

# マクロセルカバレッジ外の小セルクラスタにおける 初期セルサーチ時間特性

B-5 Initial Cell Search Time Performance in Small Cell Cluster outside Macrocell Coverage

野口 直希<sup>†</sup>      永田 聡<sup>††</sup>      佐和橋 衛<sup>†</sup>  
Naoki Noguchi<sup>†</sup>      Satoshi Nagata<sup>††</sup>      Mamoru Sawahashi<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>東京都市大学      <sup>††</sup>株式会社 NTTドコモ  
<sup>†</sup>Tokyo City University      <sup>††</sup>NTT DOCOMO, INC.

## 1. まえがき

本稿では、マクロセルのカバレッジエリア外の小セルのみから構成されるクラスタ領域における初期セルサーチ時間特性をシステムレベルシミュレーションにより評価する。

## 2. セル構成及び同期信号構成

セルネットワークにおいて不均一に発生するトラヒックを効率的に収容するためにヘテロジニアスネットワークが用いられている。文献[1]にヘテロジニアスネットワークの展開シナリオが規定されている。地下街や大会議室などでは、マクロセルのカバレッジエリア外であり、小セルのみでカバレッジエリアが構成されている環境がある。[1]では屋内環境のシナリオ#3として規定されている。小セル間は遅延時間が非常に短い理想的なバックホールを仮定しているため、同一クラスタ内の小セル間は時間同期している。図1に本稿で用いる小セルクラスタ構成を示す。小セルクラスタ構成は、[2]に基づいており、クラスタ当たり4つの小セルを配置した。

本稿では、Long Term Evolution (LTE)仕様で規定されている第1同期信号(PSS: Primary Synchronization Signal)及び第2同期信号(SSS: Secondary Synchronization Signal)の多重化及び系列[3]を用いる。小セルクラスタ内の全ての小セルに、同一のPSS系列を割り当てた。また、各小セルには、168個の中から異なるSSS系列を割り当てた。

## 3. 初期セルサーチ法

### (1) PSSの受信タイミング及び系列の推定

小セルのキャリア周波数は3.5 GHzを仮定した[1]。ユーザ端末(UE: User Equipment)は、小セルからの受信信号と Zadoff-Chu 系列[4]を用いる PSS 系列レプリカとの5 ms 区間の最大相関値を与えるサンプル点から、パズロスが最も小さなセルからの PSS の受信タイミングを検出する。また、PSS 系列の部分相関の内積により求めた位相回転量から周波数オフセットを推定する。

### (2) SSS 系列の検出

UEは、(1)で検出したPSSの受信タイミングを用いてPSS及びSSSの時間領域信号をFFT (Fast Fourier Transform)により周波数領域信号に変換する。このとき、UEは(1)で推定した周波数オフセットを補償する。インターリーブ配置された2つのSSS系列の相関値を独立に計算する。5 ms間隔に多重された連続する2つの SSS に対して最大相関値を与えるSSS系列セットから、セルIDグループ、及び無線フレームタイミングを同時に検出する。

## 4. 計算機シミュレーション評価

表1に主な計算機シミュレーション諸元を示す。UEは小セルクラスタ内に均一に配置した。UEの基準発振器の周波数誤差は $\varepsilon = 1$  ppmとした。図2に小セルの送信電力をパラメータにしたときの、小セルクラスタの初期セルサーチ時間(セルIDの正検出時間)の累積分布関数(CDF: Cumulative Distribution Function)を示す。基地局において、1アンテナ送信及びPSS/SSSにPrecoding Vector Switching (PVS)送信ダイバーシチ[5]を用いた場合の特性を示す。小セル基地局では無指向性アンテナを用い、アンテナ利得は $G_{Ant} = 5$  dBiとした。小セルの送信電力 $P_{Small}$ をパラメータにした。図より、 $P_{Small}$ が-10 dBm程度に低いとセルID検出確率が若干劣化するものの、 $P_{Small}$ が0 dBm以上では、高いセルIDの検出確率が実現できている。小セルクラスタ内の98%の場所率で、40 msの高速初期セルサーチが実現できている。さらにPVS送信ダイバーシチを用いることにより99%の場

所率で40 ms以内の高速セルサーチが実現できており、また、80 ms程度でクラスタ内の殆どの場所でセルIDが正しく検出できている。

## 5. まとめ

本稿では、マクロセルのカバレッジ外の小セルクラスタにおける初期セルサーチ時間特性を計算機シミュレーションにより評価し、高速初期セルサーチ時間特性を示した。

## 参考文献

[1] 3GPP TR36.872 V12.1.0, Dec. 2013. [2] 3GPP TR 36.814 V9.0.0, March 2010. [3] 3GPP TS36.211 V12.0.0, Dec. 2013. [4] D. C. Chu, IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-18, July 1972. [5] S. Nagata, et al., IEICE Trans. Commun., vol. E98-B, no. 6, June 2015.

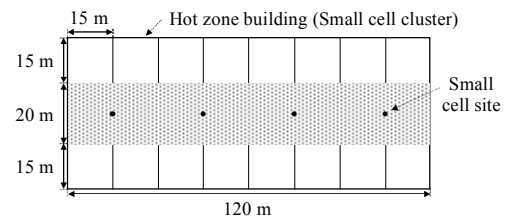


図1 本稿で仮定する小セルクラスタ構成<sup>[2]</sup>

表1 主な計算機シミュレーション諸元

Small cell structure	4 cells per indoor small cell cluster	
System bandwidth	5 MHz	
Carrier frequency	$f_{c, Small} = 3.5$ GHz	
BS transmission power	$P_{Small} = 21, 0, -10$ dBm	
BS antenna gain	$G_{Ant} = 5$ dBi	
Inter-cell site synchronization mode	Inter-small cell site synchronous	
Inter-site distance (ISD)	30 m	
Distance-dependent path loss	$152.3 + 43.3 \log_{10}(r)$ dB	
Shadowing	Standard deviation	4.0 dB
	Correlation	0.5
Propagation path model	ITU Indoor channel model	
Maximum Doppler frequency	9.72 Hz	
Frequency error of UE TCXO	$\varepsilon = \pm 1$ ppm	
Maximum frequency offset	$\pm 3.5$ kHz	
Receiver diversity	2	

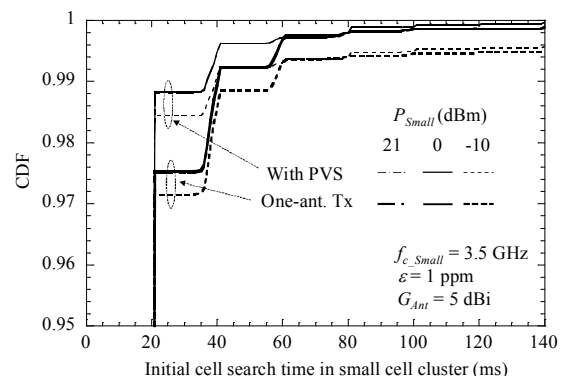


図2 初期セルサーチ時間のCDF