

## <基本計画書>

移動通信システムにおける三次元稠密セル構成及び階層化セル構成技術の研究開発

### 1. 目的

スマートフォン等の高機能データ通信端末の普及により、2020年までに移動通信システム全体の通信量が急速に増加している。これらは、最近の調査では年率2倍の増加となっている。この増加する通信量进行处理するためには、新たな無線伝送方式や高効率無線インターフェース技術による伝送効率の向上、周波数帯アクセス技術による実質利用可能周波数帯の拡張、階層化セル構成技術や極小セルの稠密構成技術による改善などが考えられる。その中で、既に移動通信システムに割り当てられている帯域内での周波数利用効率を大幅に向上させるためには、セルを極小化し干渉を回避しつつ稠密に配置することが非常に有効である。

既存のマクロセル内に膨大な数の極小セルを稠密かつ三次元的に不規則に配置した際、極小セル間の干渉や既存のマクロセルとの間の干渉により周波数利用率は大幅に低下する。このような環境下においては、各セルが独立かつ自律的に干渉を抑圧する方法では限界がある。これを解決する方法として、各セルがネットワーク連携して干渉を抑圧する干渉抑圧技術が有効である。しかし、マクロセル内の極小セル数が増加するに従い、制御の最適化が複雑となり、干渉抑圧効果が得られなくなる。これまでは、屋内極小セルと屋外マクロセルをそれぞれ個別にネットワーク連携させ、セル間の干渉を低減する技術の研究開発は行われてきたが、ここではさらに、制御の複雑さを低減し、より高いネットワーク連携による干渉抑圧効果を得るために、マクロセル層、極小セル層とセル構成を階層化（単純化）し、同一階層内及び異なる階層間の干渉を抑圧するように制御を行う三次元稠密セル構成及び階層セル構成技術の研究開発を実施し、周波数利用効率の向上を目指す。

### 2. 政策的位置付け

- ・世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 25 年 6 月 14 日 閣議決定）

「IV. 利活用の裾野拡大を推進するための基盤の強化 4. 研究開発の推進・研究開発成果との連携」において「世界最高水準の IT 社会を実現し、維持・発展させるために、情報通信社会の今後の動向を見据えた研究開発を推進する」旨の記載あり。

### 3. 目標

既存のマクロセルエリア内に膨大な数の極小セルを稠密かつ三次元的に不規則に配置した際、極小セル間の干渉や既存のマクロセルとの間の干渉により周波数利用率は大幅に低下する。このような環境下においては、各セルが独立かつ自律的に干渉を抑圧する手法では限界があることから、ネットワーク技術を活用し基地局が

連携して干渉を抑圧するように制御を行う三次元稠密セル構成及び階層化セル構成技術を平成 28 年度までに確立し、連携しない場合に比べて周波数利用率を 3 倍以上（スループットを 3 倍以上）に改善することを目標とする。

#### 4. 研究開発内容

##### (1) 概要

本研究開発では、既存のマクロセル構成に周波数利用率を抜本的に改善できる三次元極小セル構成を独立にオーバーレイして構成する三次元稠密セル構成及び階層化セル構成（以下、「階層化・稠密セル構成」という。）の検討を行う。

##### (2) 技術課題および到達目標

###### 技術課題

###### ア 階層間・階層内干渉抑圧技術の開発

より高いネットワーク連携による干渉抑圧効果を得るために、マクロセル層、極小セル層とセル構成を階層化（単純化）し、同一階層内及び異なる階層間の干渉を抑圧するように制御を行う三次元稠密セル構成及び階層セル構成技術の研究開発を実施する必要がある。階層化・稠密セル構成では、屋内外に設置する極小セルの数が膨大であり、その配置は三次元かつ非正則であることから、極小セル間の干渉による周波数利用率（スループット）の低下が課題となる。また、マクロセル階層と極小セル階層間の干渉による周波数利用率（スループット）の低下も課題となる。これまでは、屋内極小セルと屋外マクロセルをそれぞれ個別にネットワーク連携させ、セル間の干渉を低減する技術の研究開発は行われてきたが、ここではさらに屋外極小セルにも対応できるようにした上でさらに階層化を行い、以下の技術の研究開発を行う。

(a) マクロセル層と極小セル層の異なる階層間におけるネットワーク連携による周波数の時分割利用を用いた干渉抑圧技術

(b) ネットワーク連携による送信側 MIMO 干渉キャンセラや送信アンテナ指向性制御等による極小セル層内、マクロセル層内の同一階層内干渉抑圧技術

###### イ 階層間モビリティ制御技術の開発

階層化・稠密セル構成では、極小セルの数が膨大であり、端末が高速で走行した場合、ハンドオーバー処理が間に合わず、携帯電話サービスの連続性を維持できないことが課題となる。そこで、以下の技術の研究開発を行う。

(a) 基地局が連携して端末の走行速度に応じて階層を選択する最適階層選択技術

(b) マクロセルと極小セル間でのハンドオーバーをスムーズに行うための階層間ハンドオーバー制御技術

## ウ ネットワーク連携制御技術の開発

基地局が連携して極小セル間、階層間の干渉を抑圧、低減するためには、ネットワークを介した基地局間制御を低遅延時間で高速に実現することが課題となる。これを実現するためには高精度な基地局間同期が必須である。また、任意の基地局間で基地局間連携を実現するために、基地局間インターフェースを用いた分散制御方式が不可欠である。そこで、以下の技術の研究開発を行う。

- (a) 基地局アンテナの光張り出し技術を用いた集中基地局設置方式によるセル間連携制御技術
- (b) 基地局間インターフェースを用いた分散基地局設置方式によるセル間連携制御技術

## エ 電波伝搬推定技術の開発

計算機シミュレーションや室内実験で各技術を高精度に且つ効率よく評価するためには、階層化・稠密セル構成を対象として三次元方向からの伝搬損失特性、伝搬遅延時間(時間)特性、電波到来角(空間)特性を同時に推定できる時空間電波伝搬推定技術が不可欠である。また、実証評価を効率よく行うために上記電波伝搬特性を実装したシミュレータ開発が不可欠である。そこで、以下の技術の研究開発を行う。

- (a) 極小セル間、マクロセルと極小セル間、マクロセル間の干渉設計に対応できる三次元“時空間”電波伝搬推定技術。特に屋外基地局から屋内セルへの干渉を評価するための三次元“時空間”電波伝搬推定技術およびそのモデル化
- (b) 上記の三次元電波伝搬モデルを実装したシミュレータの開発

## オ 実証評価

開発した技術を計算機シミュレーションにより効果を確認するとともに、実装置による実証評価を行うことが重要である。そこで、以下の研究開発を行う。

- (a) 開発したシステムを評価するための試作装置の開発及び室内実験による実時間での動作の実現
- (b) 実伝搬環境下における動作特性を評価するための小規模の実証システムの構築及びフィールド実証実験の実施

## 到達目標

ネットワーク技術を活用し基地局が連携して干渉を抑圧するように制御を行う三次元稠密セル構成及び階層化セル構成技術を実現するための基盤技術である基地局間同期技術を確立し、同期精度  $0.5\mu s$  以下を目標とする。そして、高密度に極小セルが配置された場合において本技術を適用しない場合に比べて周波数利用率(スループット)を3倍以上に改善することを目標とする。計算機シミュレ-

ションにより評価を行うとともに、実証実験による評価を併せて実施し、開発アルゴリズムの実時間での動作の実現を目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度毎の目標については、以下の例を想定している。

(例)

<平成26年度>

ア 階層間・階層内干渉抑圧技術の開発

- ・同一階層内干渉抑圧技術の機能設計及びそれを評価する計算機シミュレーションソフトウェアの開発

- ・異なる階層間干渉抑圧技術の機能設計及びそれを評価する計算機シミュレーションソフトウェアの開発

イ 階層間モビリティ制御技術の開発

- ・階層選択・ハンドオーバー制御技術の機能設計及びそれを評価する計算機シミュレーションソフトウェアの開発

ウ ネットワーク連携制御技術の開発

- ・ネットワーク連携制御技術（集中基地局設置方式、分散基地局設置方式）の機能設計及びそれを評価するシミュレーション系の構築

エ 電波伝搬推定技術の開発

- ・三次元時空間電波伝搬測定装置の開発

- ・様々な環境における三次元時空間電波伝搬特性のフィールド測定の実施

オ 実証評価

- ・マクロセルおよび極小セル対応の無線伝送実験装置のベースバンド処理部（変復調処理等）の装置設計

- ・マクロセルおよび極小セル対応の無線伝送実験装置のRF部の装置設計

<平成27年度>

ア 階層間・階層内干渉抑圧技術の開発

- ・同一階層内干渉抑圧技術を実装するための機能設計及び一部試作装置への実装

- ・異なる階層間干渉抑圧技術を実装するための機能設計及び一部試作装置への実装

イ 階層間モビリティ制御技術の開発

- ・階層選択・ハンドオーバー制御技術を実装するための機能設計及び一部試作装置への実装

ウ ネットワーク連携制御技術の開発

- ・ネットワーク連携制御技術（集中基地局設置方式、分散基地局設置方式）を実装するための機能設計及び一部試作装置への実装

エ 電波伝搬推定技術の開発

- ・三次元時空間電波伝搬特性の解析及びモデル化

- ・三次元電波伝搬モデルを実装するシミュレータ（試作装置）の設計及び開発

オ 実証評価

- ・マクロセルおよび極小セル対応の無線伝送実験装置のベースバンド処理部（変復調処理等）の試作装置開発
- ・マクロセルおよび極小セル対応の無線伝送実験装置の RF 部の試作装置開発

<平成28年度>

ア 階層間・階層内干渉抑圧技術の開発

- ・同一階層内干渉抑圧技術の試作装置への実装
- ・異なる階層間干渉抑圧技術の試作装置への実装

イ 階層間モビリティ制御技術の開発

- ・階層選択・ハンドオーバ制御技術の試作装置への実装

ウ ネットワーク連携制御技術の開発

- ・ネットワーク連携制御技術（集中基地局設置方式、分散基地局設置方式）の試作装置への実装

エ 電波伝搬推定技術の開発

- ・三次元電波伝搬モデルのシミュレータ（試作装置）への実装

オ 実証評価

- ・試作装置を用いた室内テストベッドの構築及び室内実験による評価
- ・試作装置を用いたフィールド実験系の構築、フィールド実験による評価

5. 実施期間

平成26年度から28年度までの3年間

6. その他

(1) 成果の普及展開に向けた取組等

①国際標準化等への取組

国際競争力の強化を実現するためには、本研究開発の成果を研究期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準規格・機関・団体へ提案を実施することが重要である。このため、研究開発の進捗に合わせて、国際標準への提案活動を行うものとする。なお、提案を想定する国際標準規格・機関・団体及び具体的な標準化活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

②実用化への取組

研究開発期間終了後も引き続き取り組む予定の「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成33年度までの実用化・製品展開等を実現するために必要な取組を図ることとし、その活動計画・実施方策については、提案書に必ず具体的に記載すること。

## (2) 提案および研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、基本計画書に記されている目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めること。また、従来の技術との差異を明確にした上で、技術課題及び目標達成に向けた研究方法、実施計画及び年度目標について具体的かつ実効性のある提案を行うこと。

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

なお、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について、研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。