

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 3 月 31 日現在

機関番号： 14101  
 研究種目： 基盤研究 (C)  
 研究期間： 2010 ～ 2012  
 課題番号： 22560371  
 研究課題名 (和文) 次々世代セルラ移動通信システムにおけるセル間無線資源制御による  
 高容量化技術の研究  
 研究課題名 (英文) Research on high capacity technique based on inter-cell radio resource  
 management for next generation cellular mobile communication systems  
  
 研究代表者  
 森 香津夫 (MORI KAZUO)  
 三重大学・大学院工学研究科・教授  
 研究者番号： 90324540

## 研究成果の概要 (和文)：

本研究では、次世代移動通信システムの下り回線におけるシステム容量の高容量化技術について、キャリア・アグリゲーション (CA) 技術に着目して、隣接セルのコンポーネント・キャリア (CC) を結合するセル間 CA 技術を核にしたシステム制御技術の研究を進めた。セル間 CA の基本制御方式、リソースブロック単位でのパケットスケジューリング方式、および、スペクトル拡散通信を導入した高度化手法の検討を実施して、これらに関する新規制御方式を考案した。計算機シミュレーションによる特性評価の結果、考案手法では、UE スループットと伝送遅延特性が向上し、また、空間変動トラヒック環境でセル間の通信品質差が緩和されることが明らかとなった。

## 研究成果の概要 (英文)：

This research investigates the inter-cell carrier aggregation (CA) scheme, which aggregates multiple component carriers provided by multiple surrounding base stations to user equipments, for next generation mobile communication systems. The basic control scheme, packet scheduling scheme, and enhanced control scheme using spectrum spread transmission are proposed as a key mechanism for the inter-cell CA. These proposed schemes are evaluated by computer simulation and the results show that the proposed schemes improve user throughput and transmission delay performance, and also reduce the non-uniformity in communication quality under spatial non-uniform traffic environments.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011 年度	900,000	270,000	1,170,000
2012 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：無線通信工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

 キーワード：通信方式（無線、有線、衛星、光、移動）、移動通信、携帯電話、無線資源管理、  
 キャリア・アグリゲーション

## 1. 研究開始当初の背景

研究開始当初、次世代セルラ移動通信システム（当時は次々世代システム）では、最大 1 Gbps の超高速無線通信とセル当たり 3-4 bps/Hz のシステム容量を達成することを目標に、そのシステム規格の標準化が進められていた。最大無線通信速度 1Gbps を達成するには、伝送帯域の広帯域化（例えば、100MHz）を必要とするが、これを次世代システムではキャリア・アグリゲーション(CA)技術により実現しようとしている。ところが当時は、CA の対象無線チャネルが同一無線セル内のチャネルに限定されて検討が進められており、無線通信資源の高効率利用の面で問題があった。

一方で、次世代システムでは、伝送速度高速化によるセルサイズの縮小、多様な通信サービス提供によるトラヒック多様化等に起因して、システム内でトラヒック不均一化が顕著となることが予想されていた。不均一トラヒックは、無線通信資源の利用効率、しいてはシステム容量を劣化させる問題があり、その対策技術の開発が課題となっていた。

## 2. 研究の目的

本研究では、次世代セルラ移動通信システム(LTE-Advanced システム)において高容量化が可能な新たな無線システム制御技術を確立することを目的とする。LTE-Advanced システムで通信チャネルの広帯域化のために用いられる CA 技術を異なる無線セルのチャネルに拡張適用する場合の適用化技術について研究を進め、セル間キャリア・アグリゲーション技術の有効性を示すとともに、当該技術を用いた種々のシステム容量の高容量化技術の確立を目指す。

## 3. 研究の方法

本研究では、LTE-Advanced システムにおけるシステム容量の高容量化技術について、CA 技術に着目して、隣接セルのコンポーネント・キャリア(CC)を結合するセル間 CA 技術を核に、種々のシステム制御技術の研究を進める。LTE-Advanced システムでは伝送されるトラヒックが下り回線（基地局→移動局方向）に偏重することが予想されており、下り回線の容量増大が必須課題となっていることから、研究の対象を下り回線のパケット通信に限定する。

研究期間を 3 年間と設定し、期間内に、

- (1) 隣接セル CC 間の CA 制御法の基本方式考案とその基本特性調査、および、当該制御と送信電力制御との協調制御方式の考案とその有効性の確認、
- (2) セル間 CA 適用時のセル間パケットスケジューリング制御法の方式考案とその有効性確認、および、

- (3) 空間変動トラヒックの高効率収容のためのセル間 CA 制御法の高度化手法提案とその有効性確認

を実施して、LTE-Advanced システムにおけるシステム容量の高容量化と、トラヒック不均一性に起因する特性劣化緩和のための無線システム制御技術に関する要素技術について研究を進める。

## 4. 研究成果

H 2 2 年度は、主課題であるセル間 CA 技術の基本的な枠組み(周波数チャネル資源と送信電力資源のセル間高効率利用技術)について研究を進め、基礎的な評価データの取得を行った。具体的には、隣接セル間の CC のアグリゲーション手法を検討した。自セルにおいて既に移動局(UE)へ割当済であるが隣接セルでは未使用の CC を、自セルの他の UE に追加割当を行う手法について検討を進めた。このような CC は自セルからの送信と隣接セルからの両送信において適切な送信電力制御が必要であることが判明し、その送信電力制御法と隣接セルからの追加割当時の割当基準について検討を進めた。

これらの検討により得られたセル間 CA 法の特性評価を、計算機シミュレーションにより実施した。その結果、提案手法ではセル間 CA を実施しない従来手法と比較して、特に、UE スループットと伝送遅延特性が向上することが明らかとなった。本研究成果は、国内学会にて公表した。

H 2 3 年度は、前年度に進めた基本的枠組み検討(周波数チャネル資源と送信電力資源のセル間高効率利用技術の検討)を踏まえた詳細な制御手法についての研究を進めた。具体的には、UE において CA を行う CC の隣接を含む複数基地局 (eNB) からの割当制御に関して、リソースブロック (RB) 単位でのパケットスケジューリングを考慮した割当制御の制御手法について検討を進めた。検討の結果、RB 割当は 2 段階（通常割当と追加割当）の割当制御で実施すること、および、追加割当制御では、通常割当 RB による通信への干渉回避が必要であることが判明した。この干渉回避に対する対応策についても検討した。さらに、各 UE へ割当られた RB における送信電力制御法の具体的制御方式についても研究を進めた。

これらの検討により得られたセル間 CA の具体的制御方式の特性評価を、H 2 2 年度と同様に計算機シミュレーションにより実施した。本年度ではより具体的な評価として、フェージング・チャネルモデルに 3GPP (3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project) 準拠のモデルを用いた。特性評価の結果を図 1～5 に示す、これらの結果より、提案手法ではセル間 CA を実施しない従来手法と比較して、UE

スループットと伝送遅延特性が向上することが明らかとなった。また、空間不均一トラフィック環境において、セル間 CA の導入により、セル間の通信品質の差異が縮小することを示した (図 1~5 の "Proposal w/o SS" の特性)。これらの成果を、国際学会 (2 件, うち査読有 1 件), 国内学会 (2 件) において発表を行っている。

H 2 4 年度は、これまでに進めてきたセル間 CA 法の検討(セル間 CA 法における通信資源割当制御の基本的枠組み, リソースブロック (RB) 単位でのスケジューリング割当制御)を踏まえ、空間変動トラフィックの高効率収容を念頭にした更なる高性能化技術についての研究を進めた。具体的には、セル間 CA において、隣接 eNB から UE に対して実施される通信にスペクトル拡散 (SS) 通信を導入する手法について検討を進めた。また、SS 通信の導入に伴い、当該通信への RB 割当方法を変更する必要が生じたため、その検討も実施した。

これらの検討により得られた SS 通信を導入したセル間 CA 法の特性評価を実施した結果、新規提案手法は、セル間 CA を適用しない場合やこれまでのセル間 CA 法と比較して、UE スループットと伝送遅延特性がさらに向

上することが明らかとなった (図 1~5 の "Proposal with SS" の特性)。また、空間変動トラフィック環境において、SS 通信の導入により、セル間の通信品質の差異がさらに縮小することを示した。当該年度においては、研究成果発表として、国際学会 (2 件, うち査読有 1 件), 国内学会 (1 件) での発表を行っている。

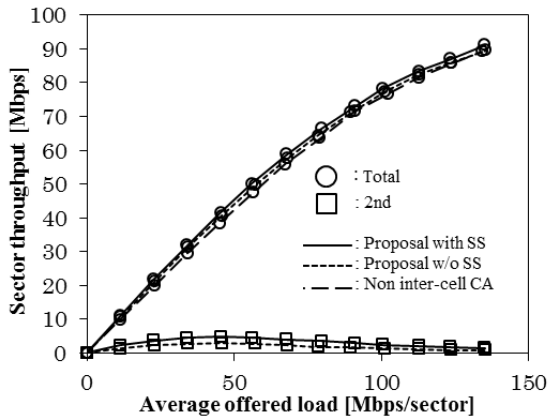


図 1. セルスループット特性

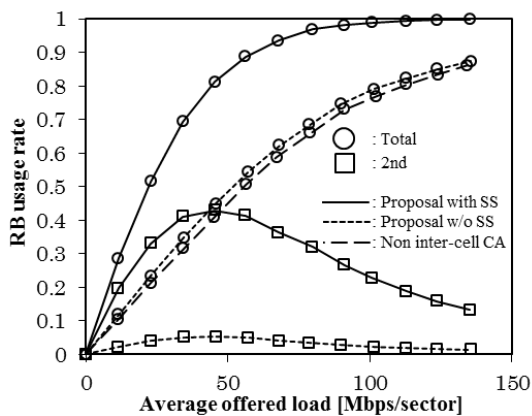


図 2. リソースブロック使用率特性

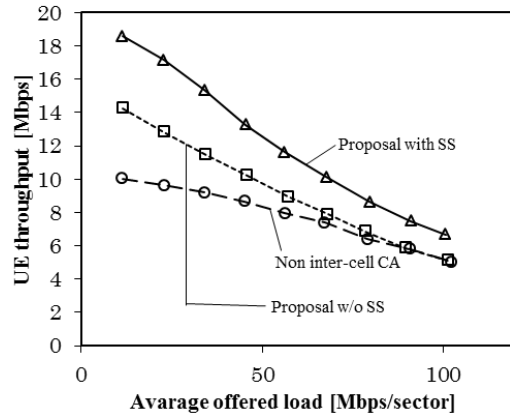


図 3. ユーザスループット特性

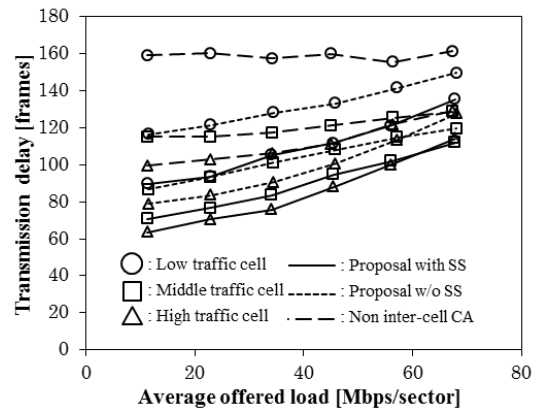


図 4. 伝送遅延特性

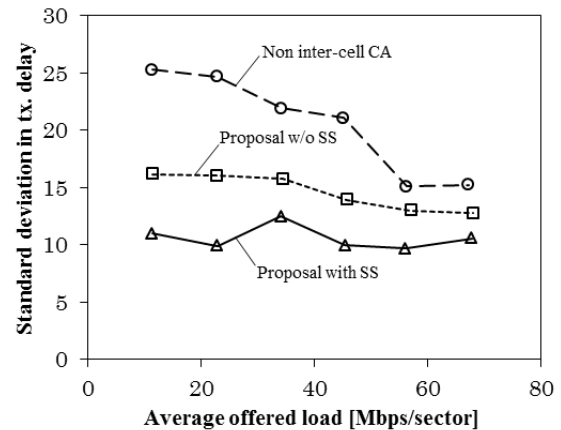


図 5. 伝送遅延の標準偏差特性

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- (1) Kazuo Mori, Hayato Nakamura, Katsuhiro Naito, Hideo Kobayashi, "Inter-cell carrier aggregation for next generation cellular systems with non-uniform traffic," Proc. of the 2012 IEEE Region 10 Conference (TENCON2012), pp.1-6, Cebu, Philippine, Nov. 2012, 査読有, DOI: 10.1109/TENCON.2012.6412311
- (2) Hayato Nakamura, Kazuo Mori, Katsuhiro Naito, Hideo Kobayashi, "Inter-Cell Carrier Aggregation for Next Generation Mobile Communication Systems," Proc. of the IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS2011), pp.1-5, Singapore, August 2011, 査読有

[学会発表] (計 6 件)

- (1) 吉崎玄太, 森 香津夫, 内藤克浩, 小林英雄, "次世代移動通信システムにおける可変拡散率スペクトル拡散通信を用いたセル間 CA 法," 2013 年電子情報通信学会総合大会, 岐阜, 2013 年 03 月 19 日
- (2) Genta Yoshizaki, Kazuo Mori, Katsuhiro Naito, Hideo Kobayashi, "Inter-Cell CA Scheme Using Spread Spectrum Technique for Next Generation Mobile Communication Systems," International Symposium for Sustainability by Engineering at MIU (IS2EMU2012), Mie, 2<sup>nd</sup> Nov. 2012.
- (3) 中村隼人, 森 香津夫, 内藤克浩, 小林英雄, "次世代移動通信システムにおけるセル間 CA のためのリソースブロック割当法," 2012 年電子情報通信学会総合大会, 岡山, 2012 年 3 月 23 日
- (4) Hayato Nakamura, Kazuo Mori, Katsuhiro Naito, Hideo Kobayashi, "Dynamic Channel Assignment for Inter-Cell Carrier Aggregation in Next Generation Mobile Communication Systems," International Symposium for Sustainability by Engineering at MIU (IS2EMU 2011), Mie, 1<sup>st</sup> Dec. 2011
- (5) 中村隼人, 森 香津夫, 内藤克浩, 小林英雄, "次世代移動通信システム不均一トラヒック環境におけるセル間キャリアアグリゲーション," 電子情報通信学会無線通信システム研究会, 那覇, 2011 年 6 月 24 日
- (6) 中村隼人, 森 香津夫, 内藤克浩, 小林英雄, "次世代移動通信システムにおけるセル間キャリアアグリゲーション法," 2011 年電子情報通信学会総合大会, 東京,

2011 年 3 月 16 日

[図書] (計 0 件)

該当なし

[産業財産権]  
○出願状況 (計 0 件)

該当なし

○取得状況 (計 0 件)

該当なし

[その他]  
ホームページ等

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森 香津夫 (MORI KAZUO)  
三重大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 90324540

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし