

# 平成14年度 研究開発成果報告書

「新世代移動機用適応アンテナシステムに関する研究開発」

## 目 次

1	研究開発課題の背景	2
2	研究開発分野の現状	3
3	研究開発の全体計画	4
3-1	研究開発課題の概要	4
3-2	研究開発目標	5
3-2-1	最終目標	5
3-2-2	中間目標	6
3-3	研究開発の年度別計画	8
3-4	研究開発体制	9
4	研究開発の概要（平成14年度）	9
4-1	研究開発実施計画	9
4-1-1	研究開発の計画内容	9
4-1-2	研究開発課題実施計画	11
4-2	研究開発の実施内容	12
5	研究開発実施状況（平成14年度）	12
5-1	MEMS可変キャパシタの研究開発（副課題ア）	12
5-2	アンテナ・RF回路の研究開発（副課題イ）	12
5-3	制御方式・アルゴリズムの研究開発（副課題ウ）	13
5-4	実証実験（副課題エ）	13
5-5	総括	13

### 参考資料、参考文献

(添付資料)

#### 1 研究発表、講演、文献等一覧

## 1 研究開発課題の背景

新世代の無線通信システムでは、高精細な動画像を含むマルチメディア情報の高速、大容量、高品質な伝送が要求されます。特に移動通信においては、周波数利用効率、伝送速度・品質・容量の大幅な向上を実現する技術として、革新的なフェージング対策、干渉信号抑圧、および伝搬損失克服を可能とする適応アンテナシステムの携帯端末への応用が期待されています。また、多数のアンテナ素子が端末へ搭載されるため、人体等の近接する周囲の環境変化に対して、アンテナの状態を常に最適に保つ適応整合技術が適応アンテナシステムの重要な機能として要求されます。しかし、多数のアンテナ素子とそれに対応する高周波（RF）回路、送受信機等が必要となるため、低消費電力・小型・低コスト化が大きな課題となっております。一方、近年、マイクロエレクトロメカニカルシステムによる高周波デバイス（RF-MEMS デバイス）の技術が飛躍的な進歩を遂げており、低消費電力・小型・低コストに加え、線形性、低挿入損失、高アイソレーションなど、主要性能の多くの点で従来の半導体デバイスを凌駕するため、特に携帯端末のRF部への応用が期待されています。

影響度の観点では、適応アンテナシステムは、従来の時間／周波数軸に加えて空間軸上での信号処理を行うことで、利用可能な3つの次元全てを使うことを可能とする画期的な無線伝送技術です。これが基地局だけでなく携帯端末にも適用できれば、送受信で3次元上に情報伝送を行うことが可能となり、特に無線伝送においては歴史的な技術革新となります。一方、RF-MEMSデバイスは、革新的な低消費電力・小型・低コスト化技術として、特に携帯端末への応用が期待されており、従来の半導体RFデバイス全てに取って変わる可能性があります。

波及性の観点では、革新的な低消費電力・小型・低コストのRF-MEMSデバイスを用いた適応アンテナシステムは、新世代の無線ネットワークの普及促進、低価格化などの点から国民社会、経済からのニーズが極めて高いと考えられます。また、本研究開発により、RF-MEMSデバイスのIT産業への応用が一気に加速され、MEMS業界に与える影響は極めて大きいと予想されます。さらに、現存する無線通信システムにおいても、適応アンテナシステムの導入で解決可能な問題が多数存在しており、新旧の無線通信システム分野全般への応用性・発展性が期待されます。

収益の可能性としては、情報通信審議会答申によると、新世代の無線通信システムの市場規模（携帯電話・PHS通信市場でのマルチメディア通信基本料、通信インフラ設備、携帯電話）は、2005年で6.1兆円、2010年で6.9兆円と試算されております。この内10%を携帯電話の市場規模と考えた場合、2005年で6,100億円、2010年で6,900億円の規模となります。端末の価格を20,000～40,000円、適応アンテナの搭載コストを1,000～2,000円とした場合、適応アンテナシステムのコストは端末の価格20分の1となります。従って、本適応アンテナシステムによる収益は、2005年で約310億円、2010

年で500億円の規模となることが予想されます。さらに、携帯電話・PHS以外のシステム（無線LAN等）にも応用することが可能なため、数倍以上の市場規模が期待されます。

## 2 研究開発分野の現状

RF-MEMS デバイス（スイッチ、キャパシタ、インダクタ等）の研究開発は近年活発化しており、世界的に見ると米国が先行しています。米国では、軍用として米国政府委託の潤沢な研究開発費により、多数の大学および企業が成果を出してきました。最近では民生移管も始まり商用化も発表されています。また近年、急回復・成長を続ける韓国の半導体メーカーが米国に迫り着きつつあります。日本においては1、2社程度の民間企業から開発状況が報告されていますが、米国・韓国メーカーに対して電氣的／機械的特性ともに劣っているのが現状です。

MEMS スイッチは、電氣的／機械的特性ともに従来の半導体素子に近づきつつあり商用化に近い状況です。一方、MEMS キャパシタおよびインダクタはまだ実用化研究の段階であり、性能、耐久性、製造性等の問題から半導体素子を置き換えるには至っていません。

適応アンテナに RF-MEMS デバイスを応用する研究開発は、1990 年後半から米国で開始されました。実現性の比較的容易な MEMS スイッチを応用したものから始まり、特に盛んなテーマは選択ダイバーシチアンテナへの応用です。ダイバーシチアンテナ技術は、アンテナ・電波伝搬とシステム性能向上の関係が学術的に確立されており、実装の点においても多くの検討がなされています。RF-MEMS スイッチによるダイバーシチアンテナ研究の新規性は、主に RF-MEMS スイッチとアンテナを集積して実装するところであり、その点で近年盛んに成果発表が見られます。また、短期的に成果展開が可能なことも、多くの研究がなされている一要因です。

RF-MEMS デバイスを応用した適応アンテナシステムの競合技術として、MEMS スイッチによる線路長切替型の移相器を用いた、フェーズドアレーアンテナの研究開発があります。これは米国において軍用目的で大学・企業による研究が進んでいます。一方、本研究は民間基盤技術の研究開発として、実現性の難易度は高いものの、影響度・波及性の大きい RF-MEMS キャパシタ／移相器を応用した適応アンテナシステムを課題としています。この点において現状では本研究が先行しています。

RF-MEMS および RF-MEMS を応用した適応アンテナ技術の研究開発は、今後、韓国における民間企業および大学での研究の進歩と、米国における豊富な軍事予算による成果の民間への移管が進む近い将来、日韓米国で競合する技術になると思われます。

### 3 研究開発の全体計画

#### 3-1 研究開発課題の概要

本研究開発では、適応アンテナシステムに供するRF-MEMSデバイスおよびRF-MEMSデバイスを用いた適応アンテナシステムの研究開発を行います。研究開発課題は、以下に示す4つの副課題に大別されます。各副課題は相互に密接に関連しているため、各副課題の成果をお互いにフィードバックして連携をとることにより、設計パラメータの最適化を図ります。

##### 副課題ア) RF-MEMSデバイスの研究開発

RF-MEMS デバイスによる可変キャパシタ、移相器を開発します。特に、高周波における電气的特性（挿入損失、抑圧度、Q値、駆動電圧、消費電力など）、機械的特性（耐振動性、動作時間、温度や湿度に対する耐環境性など）が従来の半導体素子を凌駕することを第一目標とします。他の副課題と連携して、適応アンテナシステムに要求されるデバイス性能を明確にし、必要十分な特性をもったデバイスを開発することに注力します。

##### 副課題イ) アンテナ・RF回路の研究開発

ノートパソコンやPDA等の携帯端末を実装ターゲットとし、形状や配置等のアンテナ構成、アンテナとRF-MEMSデバイスの回路構成、RF-MEMSデバイスの制御方法等に関する研究開発を行います。他の副課題と連携することで、RF-MEMSデバイスの特長を最大限に生かすことができるアンテナ構成、RF回路の開発を第一目標とします。また、対象とする電波伝搬環境に最適なアンテナ構成および制御方式・アルゴリズムを開発するために、電波伝搬測定を行います。電波伝搬測定結果を他の副課題へフィードバックします。

##### 副課題ウ) 制御方式・アルゴリズムの研究開発

本研究がターゲットとするRF処理型の適応アンテナでは、DBF等のデジタル処理型の適応アンテナと異なり、同時に受信できる信号が限られています。このため、RF処理型の適応制御アルゴリズムには、デジタル処理型にはない難しさが要求されます。従って、方式・制御アルゴリズムの研究開発は、対象とする無線通信システムの仕様、サービス形態、電波伝搬特性等を十分に考慮して行う必要があります。特定の無線フォーマットに特化することで、方式・制御アルゴリズムの高効率性を維持しつつ、ハードウェア規模の削減を図ります。

一方、基盤技術性の観点から影響度・波及性を考慮する必要があります。そのため、対象システムの仕様に依存しない、つまり無線信号フォーマット非依存型のアンテナシステム制御方式についても同時に検討を行います。他の副課題と密接に連携することで、RF-MEMSデバイスの特長を生かし、かつ課題を克服する

ことが可能な適応アンテナシステムのアルゴリズム開発を第一目標とします。

### **副課題エ) 検証実験**

適応アンテナシステムの性能は実環境（使用形態、電波伝搬特性）に大きく依存するため、実環境における検証実験が必須です。他の副課題のアウトプットから適応アンテナシステムを試作し、電波暗室実験、室内／室外における評価実験を行います。実験結果を他の副課題にフィードバックします。

## **3-2 研究開発目標**

### **3-2-1 最終目標**

適応アンテナシステムとして、次世代無線 LAN と第 4 世代移動通信システムの移動機に実装可能な低消費電力、小型、低コストを実現することを目標とします。各副課題の詳細目標は以下のとおりです。

#### **副課題ア) RF-MEMS デバイスの開発**

スイッチ、可変キャパシタ、移相器について、

- ・ 周波数は 2GHz ～ 5GHz 程度、
- ・ 駆動電圧は電池で駆動できる程度、
- ・ Q 値は 250～500 程度、
- ・ 挿入損失は従来の半導体デバイスと同等程度以下、
- ・ 機械的特性（寿命、耐振動性、温度や湿度に対する耐環境性など）が半導体デバイスと同等程度以上

であること。

#### **副課題イ) アンテナ・RF 回路の開発**

次世代無線LANおよび第 4 世代移動通信システムに適用するために、

- ・ 周波数は2.4GHz帯および4GHz後半において100MHz程度の帯域で動作すること、
- ・ ノートパソコン、PDAおよび携帯電話に実装可能な構成、損失であること。

#### **副課題ウ) 方式・アルゴリズムの開発**

第 4 世代移動通信システムにおいて、

- ・ 干渉波抑圧、ダイバーシチ、マルチパス、フェージング対策、利得向上、人体等の接近によるアンテナ利得の劣化補償、時空間信号処理としての要素技術足り得ること。
- ・ RF-MEMS デバイス固有の特性を考慮した適応制御方式・アルゴリズムであること。

### 副課題エ) 実証実験

次世代無線 LAN および第 4 世代移動通信における信号伝送を模擬する実験装置を試作し、副課題ア～ウにおける試作結果を結合します。

- ・ 次世代無線 LAN システム向けとして、室内および屋外ホットスポット環境において、移動機が静止～準静止の時に 100Mbps 以上の受信を可能であること。2.4GHz 帯においては Bluetooth、電子レンジ、UWB を模擬した干渉信号、長遅延波信号を抑圧すること。
- ・ 第 4 世代移動通信システム向けとして、郊外および市街地環境において、移動機が高速走行時に、100Mbps 以上の受信を可能であること。同一チャネル干渉や長遅延波信号を抑圧すること。

## 3-2-2 中間目標

### 副課題ア) RF-MEMS デバイスの開発

スイッチ、可変キャパシタ、移相器について、

- ・ 周波数は 2GHz ～ 5GHz 程度、
- ・ 駆動電圧は電池で駆動できる程度、
- ・ Q 値は 125～250 程度、

であること。

### 副課題イ) アンテナ・RF 回路の開発

次世代無線 LAN システムに適用するために、

- ・ 周波数は 2.4GHz 帯において 100MHz 程度の帯域で動作すること、
- ・ ノートパソコンに実装し得る構成であること。

### 副課題ウ) 方式・アルゴリズムの開発

次世代無線 LAN システムをターゲットとし、

- ・ 周波数は 2.4GHz
- ・ 干渉波抑圧、ダイバーシチ、マルチパス対策、利得向上、人体等の接近によるアンテナ利得の劣化補償、時空間信号処理としての要素技術足り得ること。
- ・ RF-MEMS デバイス固有の特性を考慮した適応制御方式・アルゴリズムであること。

### 副課題エ) 実証実験

次世代無線 LAN における信号伝送を模擬する実験装置を試作し、副課題ア～ウにおける試作結果を結合します。

- ・ 室内および屋外ホットスポット環境において、移動機が静止～準静止の

時に 100Mbps 以上の受信を可能であること。Bluetooth、電子レンジ、UWB を模擬した干渉信号を抑圧すること。

- 第4世代移動通信システム向けとして、郊外および市街地環境において、移動機が高速走行時に、100Mbps 以上の受信を可能であること。長遅延波信号を抑圧すること。

### 3-3 研究開発の年度別計画

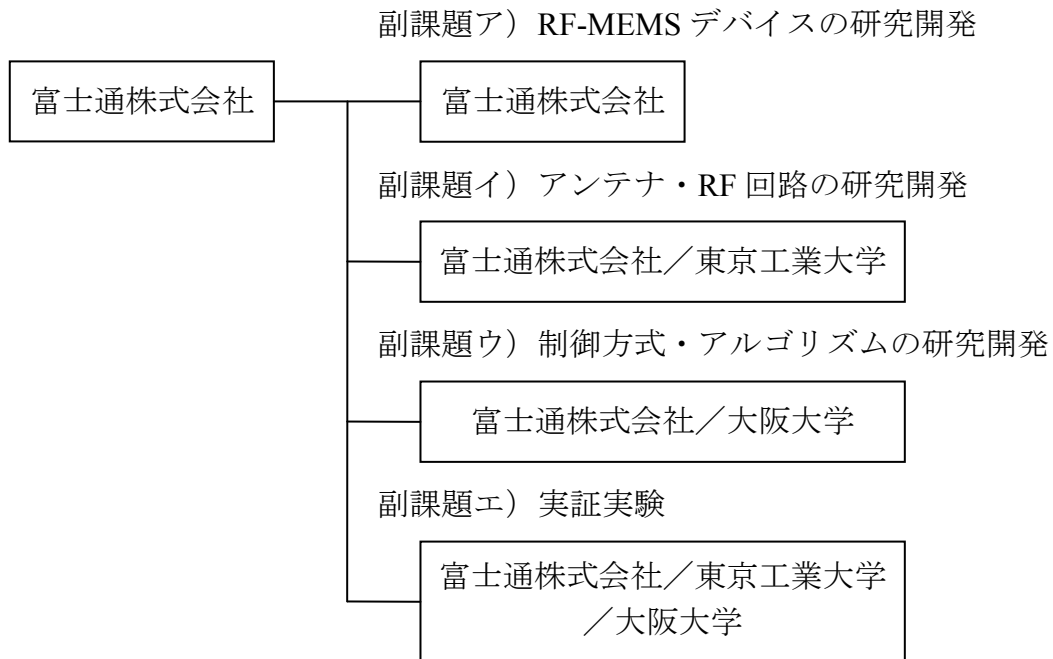
(金額は非公表)

研究開発項目	H14年度	H15年度	H16年度	H17年度	H18年度	計	備考
副課題ア) RF-MEMS デバイスの開発 副課題イ) アンテナ・RF 回路の開発 副課題ウ) 制御方式・アルゴリズムの開発 副課題エ) 実証実験							再委託：東京工業大学 (H15年度～H18年度)  再委託：大阪大学 (H14年度～H18年度)  再委託：東京工業大学 および大阪大学 (H15年度～H18年度)
間接経費							
合 計							

- 注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。  
 2 備考欄に再委託先機関名を記載。  
 3 年度の欄は研究開発期間の当初年度から記載。前年度(14年度)までは、合計が当該年度の契約額の実績値となるよう記載。



### 3-4 研究開発体制



## 4 研究開発の概要（平成14年10月1日～平成15年3月31）

### 4-1 研究開発実施計画

#### 4-1-1 研究開発の計画内容

##### 副課題ア) MEMS 可変キャパシタの開発

可変キャパシタの課題の一つであるアクチュエータを低電圧で動作させるための駆動方式（静電駆動、電熱駆動、圧電駆動など）の決定、限界周波数や可変可能な容量、Q値の見積もりなど行うことを目標とします。

##### ① シミュレーションおよび設計

平成14年12月頃までに、構造シミュレータとマスクエディタを導入し、可変キャパシタの駆動方式や構造設計のシミュレーションおよび設計を開始します。

##### ② 試作および評価

平成15年3月頃までに、前記可変キャパシタの試作と評価を1～2回行います。これにより提案する可変キャパシタの駆動方式や設計、プロセスの課題を明確にするとともに来年度（平成15年4月以降）の設計やプロセス改良の方向付けを行います。

平成14年度中のプロセス装置使用は当方保有設備で対応します。平成15年から使用する装置については今期導入し、条件出しなどの立ち上げ作業を行います。

## 副課題イ) アンテナ・RF 回路の開発

### (1) アンテナの開発

#### ① シミュレーションおよび設計

平成 14 年 11 月中に計算機および 3 次元高周波回路の電磁界シミュレータを導入し、シミュレーションおよび設計開発の環境を立ち上げます。シミュレータの使い方を習得し、基本的なアンテナの設計を行います。

#### ② 試作および評価

平成 15 年 2 月頃までにアンテナ放射指向性測定装置を導入します。

### (2) RF 回路の開発

#### ① シミュレーションおよび設計

平成 14 年 11 月中に計算機および 2～3 次元高周波回路の電磁界シミュレータを導入し、シミュレーションおよび設計開発の環境を立ち上げます。シミュレータの使い方を習得し、バラクタダイオードを用いた RF 回路のシミュレーション・設計を行います。

#### ② 試作および評価

平成 15 年 1 月頃までにネットワークアナライザを導入し、市販のバラクタダイオード (MEMS ではなく半導体素子) の評価系を構築します。

### (3) 電波伝搬装置の導入

電波伝搬装置の仕様を検討し、実験周波数が未決定の今期はデジタル部のみを導入します。

## 副課題ウ) 制御方式・アルゴリズムの開発

平成 14 年 12 月頃までに計算機等およびシミュレーションツールを導入し開発環境を整えます。それまでは、先行的に制御方式・アルゴリズムのアイデア抽出を行います。12 月頃より計算機シミュレーションを行います。無線 LAN システムをターゲットとし、干渉波抑圧、ダイバーシチ、マルチパス対策、利得向上、時空間信号処理の検討を行います。また、RF-MEMS デバイス固有の特性を考慮した適応制御方式・アルゴリズムを開発します。

## 副課題エ) 実証実験装置の開発

デジタル部の仕様を検討し発注を行います。平成 15 年 2 月頃に検収し、装置の正常動作を確認します。

4-1-2 研究開発課題実施計画

(金額は非公表)

研究開発項目	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	計	備考
副課題ア) MEMS 可変キャパシタの開発 副課題イ) アンテナ・RF 回路の開発 副課題ウ) 制御方式・アルゴリズムの開発 副課題エ) 実証実験装置の開発						再委託：大阪大学
間接経費						
合計						

- 注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の 30%を上限として計上 (消費税を含む)。  
 (合計の計は、「3-1の研究開発課題必要概算経費」の総額と一致)
- 2 備考欄に再委託先機関名を記載。

## 4-2 研究開発の実施内容

研究開発実施計画（4-1）通りに実施しました。

## 5 研究開発実施状況

### 5-1 副課題ア) MEMS 可変キャパシタの開発

#### ① シミュレーション及び設計

構造シミュレータ、マスクエディタなどを予定通り購入し、初期設計を行いました。このツールを用いて、圧電駆動型および静電駆動型の可変キャパシタを設計しました。

圧電駆動型としては、低電圧駆動のためアクチュエータとして PZT 薄膜を用いること、可変幅を大きくとることが必要なことから独自設計を行いました。

静電駆動型としては、アクチュエータと可変容量部とを別々に設け、容量変化を大きくとれるようにしました。これらの設計を行い、マスク等を発注しました。

#### ② 試作および評価

圧電駆動型と静電駆動型について、上記設計に基づき試作を2回ずつ行い評価しました。

試作の結果、圧電駆動型は PZT 膜の応力が大きく、アクチュエータが反ってしまい、破壊され易いことが判りました。静特性の評価の結果、0~20V、容量変化 1~5 pF を得ましたが、まだ十分ではありません。

静電駆動型については、膜の段差部における導体パターンの切れ、および犠牲層リリース後の可動部の撓みなどの問題があることが判りました。しかし、プロセス工程としては圧電駆動型に比べ、約半分の工程短縮が図れることも判りました。

両方式の検討の結果、低駆動電圧には圧電駆動型が有利であるが、製造性にはまだ課題が多いことが明らかになりました。

### 5-2 副課題イ) アンテナ・RF 回路の開発

#### (1) アンテナの開発

##### ① シミュレーションおよび設計

予定通りに3次元電磁界シミュレータを導入しました。本シミュレータによる設計環境の検証およびアンテナ設計手法を習得するため、株式会社国際電気通信基礎技術研究(ATR)で研究開発済みの Electronically Steerable Passive Array Radiator (ESPAR) アンテナを設計しました。

## ② 試作および評価

シミュレータによる設計データに基づいて ESPAR アンテナの試作を外注し、12月末に検収しました。

予定通りに、3次元でアンテナ指向性を測定する装置および電波暗室を導入しました。標準アンテナ、市販の携帯電話・無線 LAN カード上のアンテナ等の測定を行い、正常動作の確認および操作方法の習得を行いました。

## (2) RF 回路の開発

### ① シミュレーションおよび設計

予定通りに電磁界シミュレータを導入し、市販バラクタダイオードの評価基板を 2.4GHz と 5.2GHz 帯で設計しました。

### ② 試作および評価

電磁界シミュレータによる設計データに基づき 2.4GHz と 5.2GHz 帯用にそれぞれ評価基板等を試作しました。予定通りネットワークアナライザを導入し、市販バラクタダイオードを評価しました。2.4GHz、5.2GHz 帯ともにデータシートと対応する特性が得られました。MEMS 可変キャパシタのサンプルが完成していないため、現在、電磁界シミュレーションも含め、評価系の妥当性、バラクタダイオードの周波数特性の評価を進めています。

## (3) 電波伝搬装置の導入

予定通り電波伝搬装置の仕様を検討し、デジタル部を導入しました。同時に、総務省殿に実験周波数調整依頼を行いました。

## 5-3 副課題ウ) 制御方式・アルゴリズムの開発

予定通り計算機およびシミュレーションツールを導入しました。IEEE802.11a に準拠した伝送フォーマット、室内電波伝搬モデルを用いて、MEMS 可変キャパシタの電氣的・物理的特性を考慮した ESPAR アンテナの制御方式・アルゴリズムの開発を行いました。

## 5-4 副課題エ) 実証実験装置の開発

予定通りデジタル部の仕様を決定し発注を行いました。平成 15 年 3 月に検収し、装置の正常動作を確認しました。同時に、総務省殿に実験周波数調整依頼を行いました。

## 5-5 総括

RF-MEMS キャパシタの研究開発（副課題ア）では、試作を通して幾つかの課題が抽出できました。特に、RF-MEMS を端末用適応アンテナに応用するためには、可変容量範囲の拡大、駆動電圧の低電圧化、高Q値化に関してブレークスルーが必要であることが判りました。それと同時に、適応アンテナシステムに適した MEMS キャパシタを開発することが重要となります。このため、適応アンテナシステムの研究開発（副課題イ～エ）では、ターゲットシステムに要求されるデバイス性能を定量的に明確にし、RF-MEMS キャパシタの研究開発をサポートすることが必要となります。

本研究開発の応用先は、中間目標および最終目標に挙げます通り新世代のセルラーシステム向けを想定しております。しかしながら、第2世代セルラーシステムが依然として健在であるとともに、特に欧米において第3世代セルラーシステムの普及が大幅に遅れています。一方、近年、無線 LAN サービスの需要が急激に拡大し、特に米国において数百Mbps 級の高速・高品質伝送を無線 LAN で実現する適応アンテナシステムの研究開発が活発化しています。また、IP 電話の急速な普及により、今後は固定電話だけでなく、現在加入者が飽和しつつあるセルラーシステムにおいても需要が減少し、新世代セルラーシステムでは収益確保が見込めない可能性があります。これに対して、半固定の無線 LAN システムでは、セルラーシステムが克服しなければならない過酷なフェージング変動が存在しない電波伝搬環境を対象とするため、適応アンテナの所要スペックが大幅に緩和されます。このため、本研究開発による RF-MEMS を応用した適応アンテナ技術の早期の実用化が期待できる領域と考えられます。

本研究開発の影響度・波及性への要求を鑑み、先ず無線 LAN システムへの応用を目指します。平成 15 年度は、無線 LAN 端末の形状および使用形態をターゲットとして、アンテナ・高周波回路、無線 LAN の電波伝搬環境に適用可能な MEMS デバイスと制御アルゴリズムを開発します。電波伝搬測定は室内、およびホットスポットで行います。試作装置には無線 LAN の伝送フォーマットを実装します。これにより、中間目標、最終目標に向けたマイルストーンとして、RF-MEMS 適応アンテナシステムの早期の動作実証を目標とした研究開発を進める予定です。

## 研究者氏名一覧

大久保尚史 (研究代表)

### 副課題ア

佐藤良夫 (研究副代表)

宮下勉 (研究副々代表)

島内岳明 (研究員)

中谷忠司 (研究員)

今井雅彦 (研究員)

### 副課題イ～エ

大石泰之 (研究副代表)

中谷勇太 (研究員)

戸田健 (研究員)

## 参考資料、参考文献

- [1] IEEE Std. 802.11a, "Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: high-speed physical layer extension in the the 5 GHz band," IEEE, 1999.
- [2] ETSITR 101 475, "Broadband radio access networks (BRAN); HIPERLAN type 2; physical (PHY) layer," ETSI BRAN, 2000.
- [3] ARIB STD-T70, "Lower power data communication systems broadband mobile access communication system (CSMA)," ARIB, Dec. 2000.
- [4] R. A. Monzingo and T. W. Miller, *Introduction to Adaptive Arrays*, John Wiley & Sons, 1980.
- [5] R. Harrington, "Reactively Controlled Directive Antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 26, no. 3, pp. 390-395, May 1978.
- [6] R. J. Dinger and W. D. Meyers, "A Compact HF Antenna Array Using Reactively\_Terminated Parastic Elements for Pattern Control," *Naval Research Laboratory Memorandum Report 4797*, May 1982.
- [7] J. Cheng, Y. Kamiya and T. Ohira, "Adaptive Beamforming of ESPAR Antenna Based on Steepest Gradient AlgorIThm," *IEICE Trans. Commun.* vol. E84-B, no. 7, pp. 1790-1800, July 2001.
- [8] K. Iigusa, M. Hashiguchi, A. Hirata and T. Ohira, "ESPAR Antenna Parameters FITting Based on Measured Data," *IEICE Technical Report*, AP-2001-104, pp.93-100, Oct, 2001.
- [9] Y. Nakaya, S. Hara, T. Toda and Y. Oishi, "A Study on AlgorIThms for Reactively Steered Adaptive Array Antenna," *IEICE Technical Report*, RCS2002-289, pp. 75-81,

May 2003.

- [10] Y. Nakaya, T. Toda, S. Hara and Y. Oishi, "A Study on Reactively Steered Adaptive Array in OFDM Systems," accepted for presentation at the *2003 IEEE AP-S International Symposium on Antennas and Propagation and USNC/CNC/URSI North American Radio Science Meeting*, Columbus, Ohio, USA, June 2003.
- [11] A. Dec and K. Suyama, "Miromachined Electro\_Mechanically Tunable CapacITors and Their Applications to RF IC's," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 46, no. 12, pp. 2587-2596, Dec. 1998.
- [12] S. Hara, S. Hane, and Y. Hara, "Does OFDM Really PrefeRFrequency Selective Fading Channels," *Proc. 4th International Workshop on Multi-Carrier Spread-Spectrum (MCSS2001)*, pp.1-4, Oberpfaffenhofen, Germany, Sept. 2001.
- [13] 西川 徹, 原 嘉孝, 原 晋介, "ドップラーシフト波を抑圧するOFDMアダプティブアレー," 信学技報RCS-2000-113, pp. 57-62, 2000年10月.
- [13] 中谷, 原, 大石, 戸田, "インパルス応答とバーチャルサブキャリアを用いた干渉信号抑圧用アダプティブアレー," 信学総合大会, 2003年3月.
- [14] S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, Prentice-Hall, 3rd edITion, 1996.
- [15] C. Plapous, J. Cheng, E. Taillefer, M. HashiguchIT. Ohira, "InterFeRence Cancellation in OFDM Receiver wITh Adaptive ESPAR Antenna," *IEICE Technical Report*, RCS2002-149, Aug. 2002.
- [16] Hector J. De Los Samntos, "RF-MEMS CircuIT Design for Wireless Communications," *Artech House Publishers*, 2002.



1 研究発表、講演、文献等一覧

国際学会 1件（投稿）