

## 1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 継続的進化を可能とする B5G IoT SoC及びIoTソリューション構築プラットフォームの研究開発
- ◆受託者 シャープ株式会社、シャープセミコンダクターイノベーション株式会社、国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学、日本無線株式会社
- ◆研究開発期間 令和3年度～令和7年度(5年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和3年度から令和4年度までの総額4,511百万円(令和3年度1,821百万円)

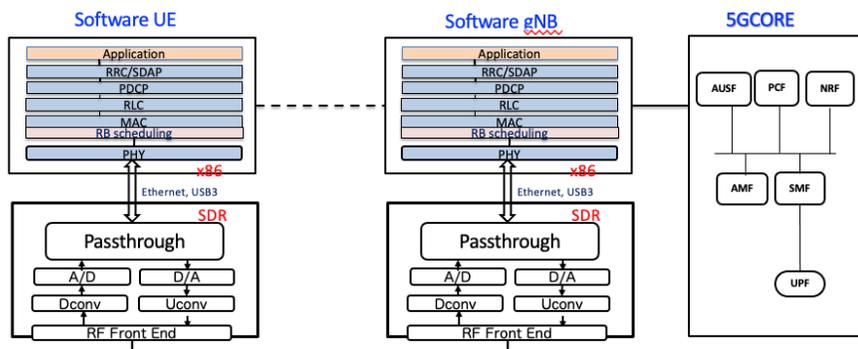
## 2. 研究開発の目標

継続的な進化に対応可能な、カスタマイズ性の高いB5G IoT端末向けSoCの研究開発を行い、端末と基地局を総合して機能改変を行う事が出来る開発環境として、B5G SDR-PF (B5G Software Defined Radio-Platform)を構築する。  
 ベースバンド処理SoC、60GHz帯ミリ波対応のCMOS RFチップのチップセットを国内設計で開発し、B5G IoTに必要なセキュリティの高度化と低消費電力化をマイクロコントローラベースのSoCで実現する事で、国際競争力の高いB5G IoT端末の実用化フェーズに繋げる。

## 3. 研究開発の成果

### 研究開発項目1：究極のカスタマイズ性を実現するB5G IoT向け B5G SDR-PFの研究開発

#### 研究開発項目1-a) B5G IoT SoC向けB5G SDR-PFの構築



継続進化可能なSDR開発環境 (テストベッド)

UEの通信モジュールを含めて「継続的に進化可能」なエンドツーエンド・ソフトウェア・モバイルシステムが存在せず、新たな機能を迅速に実装し展開する「迅速展開性」の競争力に欠けるという課題がある。そこで、UEの継続進化を促し、迅速にモバイルシステムを構築する競争力を得るため、新たな機能をシームレスにSoC、あるいはSoC+FPGA等に追加実装可能とするSDRボードシステム (B5G SDR PF)を構築する。

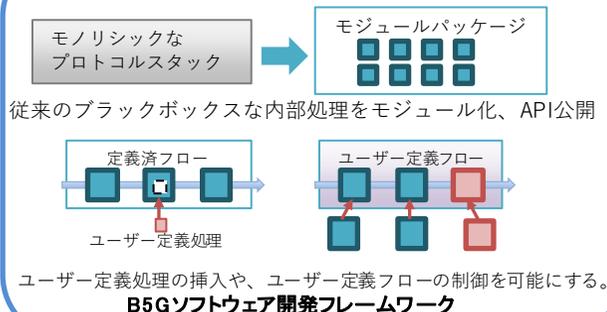
- ソフトウェアgNB/とソフトウェアUE (OAI UE) により構成される開発環境を構築
- GNU Radio-FPGAを用い、industrial I/O等を通じてデータ処理をFPGAにオフロードする開発環境を構築

### 3. 研究開発の成果

## 研究開発項目1：究極のカスタマイズ性を実現するB5G IoT向けB5G SDR-PFの研究開発

### 研究開発項目1-b) B5G IoT SoC 向け B5G SDR-PF のソフトウェアアーキテクチャの研究開発

#### プロトコルスタック(L2/L3)の開発



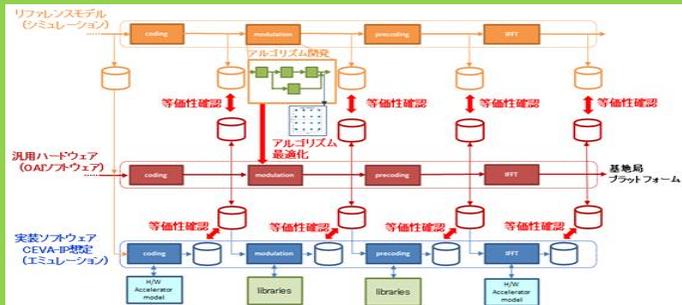
#### UE開発環境



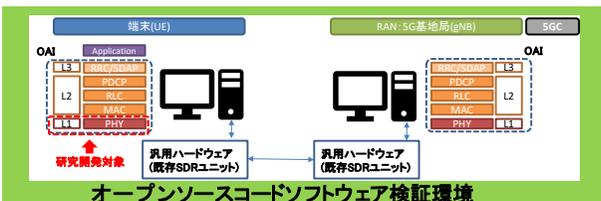
B5G SDR-PFを普及していく為にB5G端末用のソフトウェア開発環境が要求される。

- B5G SDR-PFの端末側のL1/L2/L3ソフトウェア開発において、機能限定のソフトウェアを用いて基地局との接続性確認を行い、プロトコル確認用開発環境を構築。
- カスタマイズ可能なプロトコルスタック構築のための実装必須機能を検討し、プロトコルスタック仕様(初版)を作成。
- UE開発環境としてSDRボード+PCでカスタマイズ可能な環境を実現するため、研究開発項目2のSoCを搭載したUEであるSDRボードについて、ターゲット仕様の策定を行った。

### 研究開発項目1-c) DSPソフトウェア無線のL1層ソフトウェア研究開発



#### L1層ソフトウェアの各機能モジュールの等価検証環境



●B5G SDR-PFの端末側のL1層について5Gの規格調査、実装必須機能を定義し、L1層機能仕様書(初版)を作成した。

●L1層ソフトウェアの各機能モジュールのアルゴリズム及び所望性能を検証するため、リファレンスモデルとなるシミュレーション環境を構築し、基本機能モジュールについて等価検証が可能を確認した。

●基地局と端末の接続性を確認するため、汎用ハードウェアを用いL1層のオープンソースコードソフトウェア(OAI)を活用した検証環境を構築した。OAIに未実装機能があるものの、基地局と端末の接続および基本動作を確認した。

### 3. 研究開発の成果

#### 研究開発項目2：国産B5G IoT SoCの研究開発

##### 研究開発項目2-a) マイクロコントローラ・ベースのB5G IoT SoCの研究開発

###### ①B5G SDR PFに向けた、拡張性を備えたSoCの研究開発

- 次世代無線通信技術、多様なニーズへの対応  
⇒独自通信プロトコル、プロトコルスタックの機能拡張など  
ベースバンド処理を柔軟にカスタマイズできる拡張性

###### ②2030年商用化に向けた、B5G IoT SoCの研究開発

- 低コスト、低消費電力、高セキュリティへの対応  
⇒マイクロコントローラ・ベースのアーキテクチャ  
ベースバンド処理（DSP、RF-IF）のスケラビリティ

###### B5G IoT SoC（テストチップ）のアーキテクチャ研究開発

これらの課題に対応するためには、各モードを両立できるSoCである必要がある。

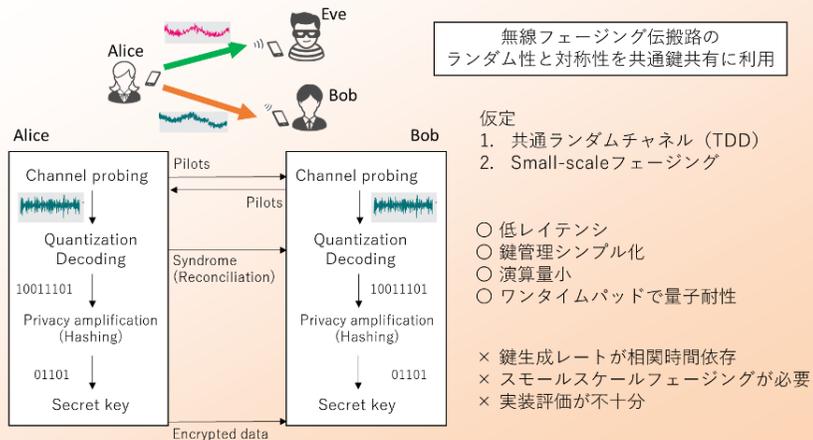
- 本研究開発では、無線プロトコルの物理層（L1）のみを実行し、無線プロトコルの上位層（L2以上）とアプリケーションを外部プロセッサが実現するレイヤー1モードと、すべての無線プロトコルを1チップで実現するスタンドアロンモードの2つのモードを搭載したSoCアーキテクチャを検討した。

- B5G IoT SoCとして、スタンドアロンモードで要求されるCPU性能とメモリ容量の検討、両モードで要求されるDSPベースバンド処理とRFインターフェースの性能検討、および用途に応じたスケラブルなシステム構成の検討を行い、SoCの基本設計を行った。

### 3. 研究開発の成果

## 研究開発項目3：B5G IoT SoCのセキュリティ向上

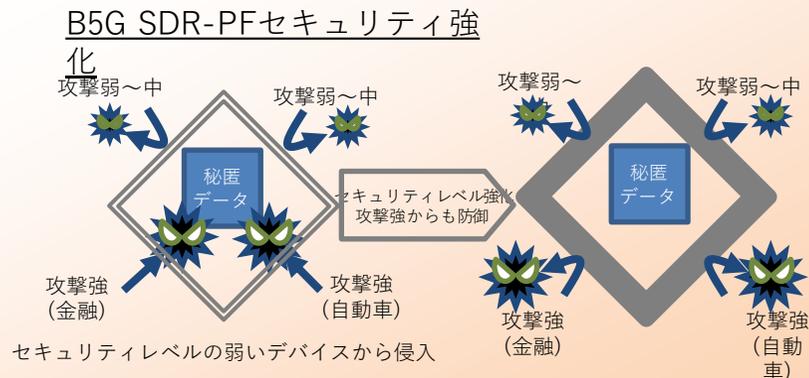
### 研究開発項目3-a) B5G IoT SoCのローカルB5G新機能 (カスタムセキュリティ高度化と低消費電力化)の研究開発



B5Gが対象とする多様なワイヤレスアプリケーションに応じて、適切にセキュリティレベルを変更できることが重要である。また、ウェアラブルデバイスの発展に伴い、生体信号や行動などの多様な情報を簡便に計測できるようになりつつあるが、その低消費電力化が求められている。

- 理想的なスモールスケールフェージングの環境を仮定して基礎検討を進め、数値解析フレームワークを構築
- 皮膚貼り付け型ナノメッシュアクティブ素子を開発。生体信号の低ノイズ化（高SNR）及びモーションノイズの抑制に成功。

### 研究開発項目3-b) B5G IoT SoCのハードウェアセキュリティ高度化



B5G時代では、超多数端末をはじめ、あらゆるものがネットワークに繋がる為、秘匿データの漏洩はIoTインフラの崩壊につながりかねない。このためB5G SDR-PFにおけるセキュリティ強化が不可欠。

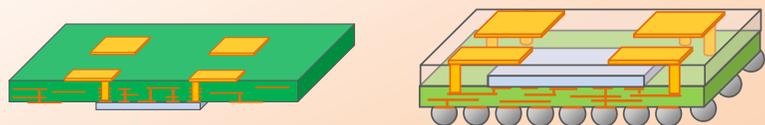
- 現在のIoTデバイスを取り巻くセキュリティ脅威、技術動向をB5G時代に想定されるIoTデバイスのユースケース毎に調査、分析。
- それらの結果に基づき、今回研究開発を行うB5G IoT SoCに実装すべきセキュリティ対策技術のターゲット仕様を策定。

### 3. 研究開発の成果

#### 研究開発項目4：B5G IoT SoC向けRF技術の研究開発

##### 研究開発項目4-a) ミリ波帯IC/アンテナ/パッケージ一体設計技術の研究開発

- ミリ波帯小型アンテナモジュールの研究開発
- 60GHz帯までの周波数帯で、省電力(低損失)なフェーズドアレイアンテナモジュールを実現



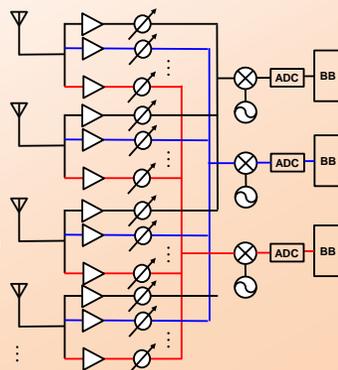
●本研究開発項目では、Beyond 5GでIoT端末に求められる省電力（低損失）ミリ波帯アンテナモジュールの研究開発を行う。

●市販5G端末に内蔵されたミリ波用アンテナモジュール複数種の構造解析を行うとともに、関連する特許についても分析を行った。

●それらをもとに試作モジュールの構造検討を行い、搭載する評価用RF-ICと合わせて設計を実施した。

##### 研究開発項目4-b) ミリ波帯省面積低消費電力フェーズドアレイICの研究開発

- Beyond 5Gで必要となるミリ波帯フェーズドアレイ無線機の研究開発
- 高データレート、低コスト、低消費電力の実現
- 28GHz帯にあわせ、さらなる広帯域が利用可能な60GHz帯ミリ波無線通信をCMOS集積回路技術で実現
- 省面積・低コストなMIMO無線機を実現



●本研究開発項目では、Beyond 5Gで必要となる高データレートかつ、省電力・低コストなミリ波帯フェーズドアレイ無線機の研究開発を行う。

●現在、利用の進んでいる28GHz帯にあわせて、今後必要となる60GHz帯(52~71GHz)で利用が可能なCMOSフェーズドアレイ無線機の省電力化と低コスト化のための技術開発を行った。

●ミリ波で用いられるアナログビームフォーミングでは、MIMOストリーム数に比例して回路規模が増大するが、低コストで実現可能なMIMOフェーズドアレイ無線機技術を開発する。本年度は、理想素子による基本動作解析を行った。

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※ 成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

(1) 勉強会

社会実装協力者を対象とした勉強会(第1回)を実施。(2022年2月18日、オンライン開催)

想定ユーザー企業、自治体等に本研究開発の背景、目標、取り組みの紹介、「継続進化・迅速展開性が駆動する Beyond5G」という題目での基調講演(東京大学 中尾教授/実施責任者)ののち、意見交換を行った。

(2) プレスリリース(研究開発成果以外)

2022年2月4日、本研究開発に関し、「産官学で、次世代移動通信システム用デバイスの開発を推進 Beyond 5G 向け IoT ソリューション構築プラットフォームの研究開発を本格化」という内容のプレスリリースを行った。

5. 今後の研究開発計画

2022年度は、中間目標の達成に向けて、B5G IoT SoC試作に必要な回路設計及び回路検証までを完了させることを目標設定している。ソフトウェア開発に関しては、チップ試作に向けたDSPベースのL1ソフトの開発とB5GSDR-PF構築のためのソフトウェア開発を並行して推進し、OAI等のオープンソースソフトウェアをベースに構築する検証環境にて動作検証を実施する。また、RF技術に関しては、B5G IoT SoC向けのRF回路の技術開発として、ミリ波帯に対応したIC及びアンテナのパッケージ一体設計技術と、省面積低消費電力フェーズドアレイICの研究開発を推進する。