

コグニティブ無線技術

独立行政法人 情報通信研究機構
新世代ワイヤレス研究センター
原田 博司

講演の概要

- 背景
- 概念
- 適用領域
- 検討課題
- ITU、IEEEの標準化動向
- 国内外/NICTにおける研究開発動向/結果
- コグニティブ無線とITS
- まとめ

コグニティブ無線を取り巻く背景

- 目標ー世界を魅了するユビキタスネット社会の実現
光、モバイル、情報家電の強みを活かし、世界を先導する次世代ネットワークの実現

新たな電波利用システム(ワイヤレスブロードバンド)
の開発・導入を推進

[問題点] 深刻な周波数不足

- ワイヤレスブロードバンドを実現するためには広い周波数帯域が必要
- 使い勝手のよい周波数帯は常に逼迫

携帯電話は現状の帯域幅(270MHz)から平成25年には1060~1380MHz必要*

無線LANは現状の帯域幅(160~200MHz)から平成25年には最大約740MHz程度必要*

*情報通信審議会「中長期における電波利用の展望と行政が果たすべき役割～電波政策ビジョン～」(H15. 7. 30)より

[問題点] ユビキタスネット社会の問題

- 無線機が運用者間の相互協力がな
いまま偏在させることによる干渉の増加
無線LAN、無線タグ
- 干渉に伴うセキュリティの問題増

周波数配分の抜本的な見直し(周波数の再編)を行い、必要な周波数を確保することが必要

⇒ 平成25年度までに、6GHz以下の周波数帯において、約1.5GHz幅以上の周波数帯域を
確保 総務省「周波数の再編方針」(H15.10.10)より

現状、割り当てることができる周波数がほとんどなく新しい周波数確保の方法が必要

コグニティブ無線技術の必要性

- 今後新しく標準化されるものは現在のシステムよりも**ブロードバンド**なものが主体
- 割り当てるための周波数がないため、**周波数の確保の方法が重要**
 - ✓ 一つの方法は**同一周波数を複数の事業者/利用者で共用**させる方法
- 実現のためには電波利用環境を認知、**認識 (Cognition)**し、結果を**理解 (Comprehension)**し、ユビキタス環境内に存在する無線機が**共存 (Co-existence)**できるワイヤレス利用環境へする必要性大

□ 求められる技術

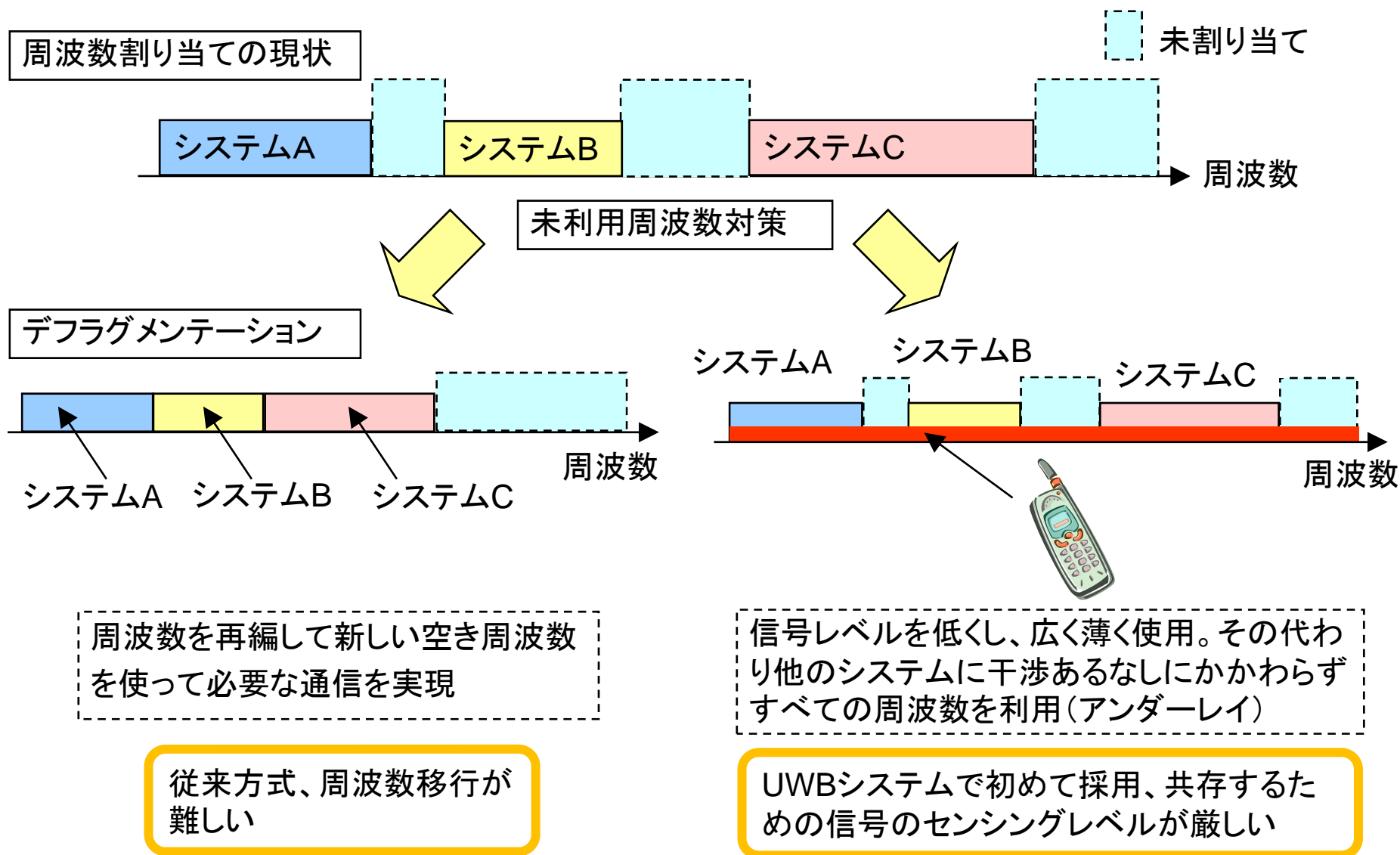
- 周波数割り当て方法の変更を容易に行うことができる技術
- 電波利用環境を正確に認識できる技術
- 認識した結果、適切な電波利用を行うことができる技術
- 干渉がある場合は自動的に回避することができる技術

コグニティブ無線技術

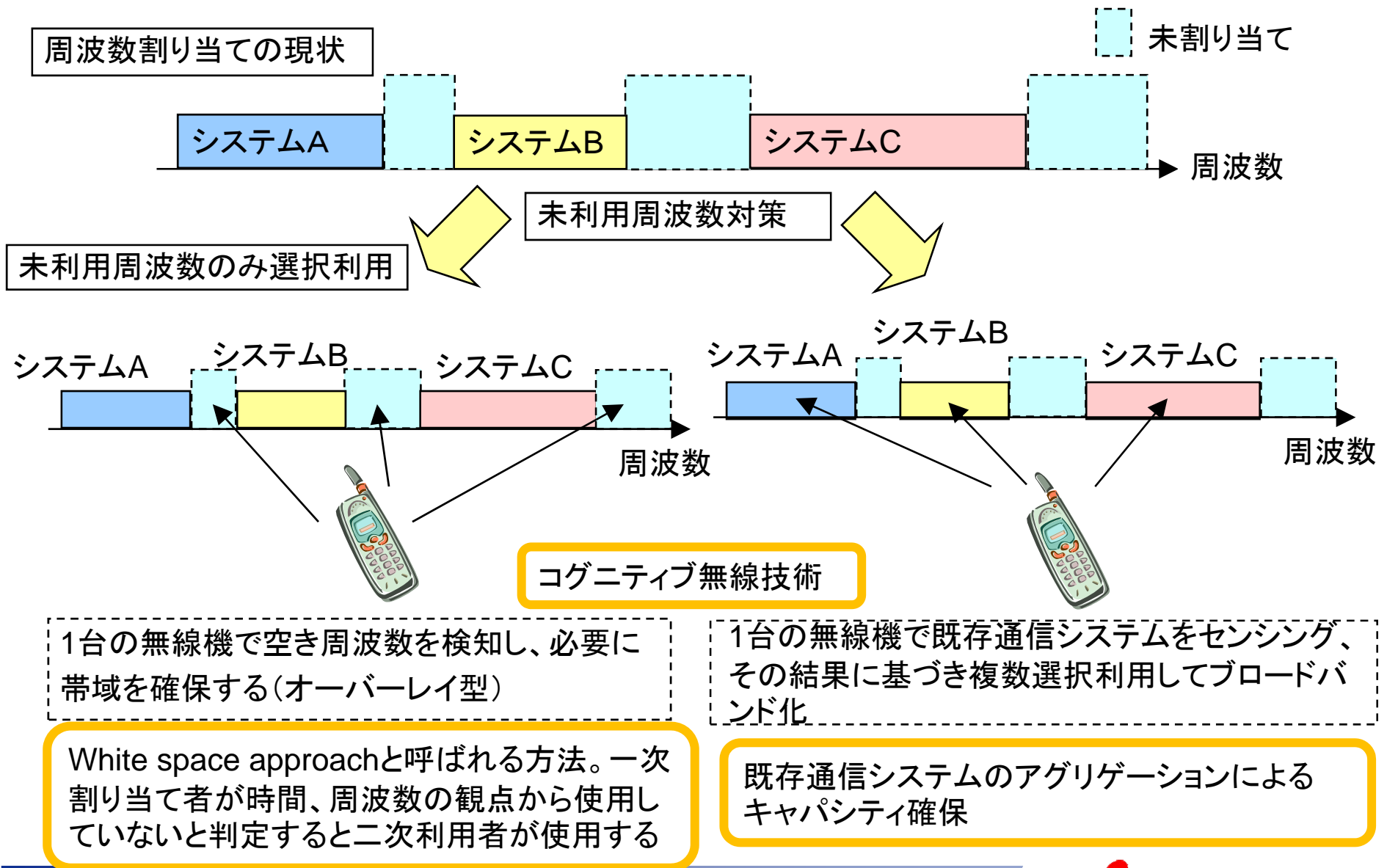
講演の概要

- 背景
- 概念
- 適用領域
- 検討課題
- IEEE、ITUの標準化動向
- 国内外/NICTにおける研究開発動向/結果
- まとめ

コグニティブ無線技術の概念 —周波数帯域の確保のために(1)—



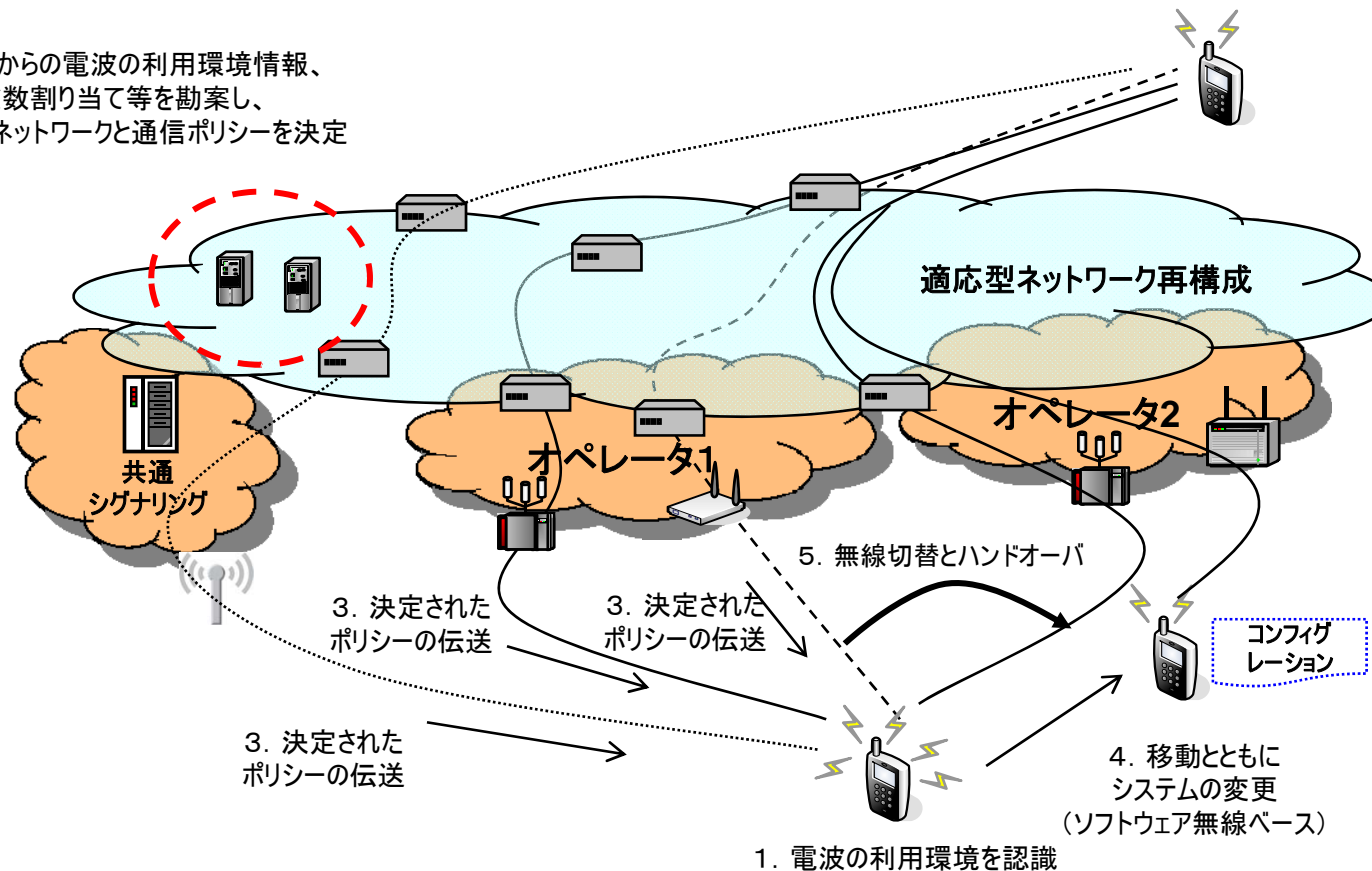
コグニティブ無線技術の概念 —周波数帯域の確保のために(2)—



コグニティブ無線技術

- 無線機が周囲の電波利用環境を認識し、その状況に応じて無線機が適宜学習等を取り入れつつ、ネットワーク側の協力を得ながらシステム内、システム間問わず複数の周波数帯域、タイムスロット、等の無線リソースならびに通信方式を適宜使い分け、ユーザの所望の通信容量を所望の通信品質で周波数の有効利用をはかりつつ伝送を行う無線通信技術

2. ユーザーからの電波の利用環境情報、現在の周波数割り当て等を勘案し、使用すべきネットワークと通信ポリシーを決定

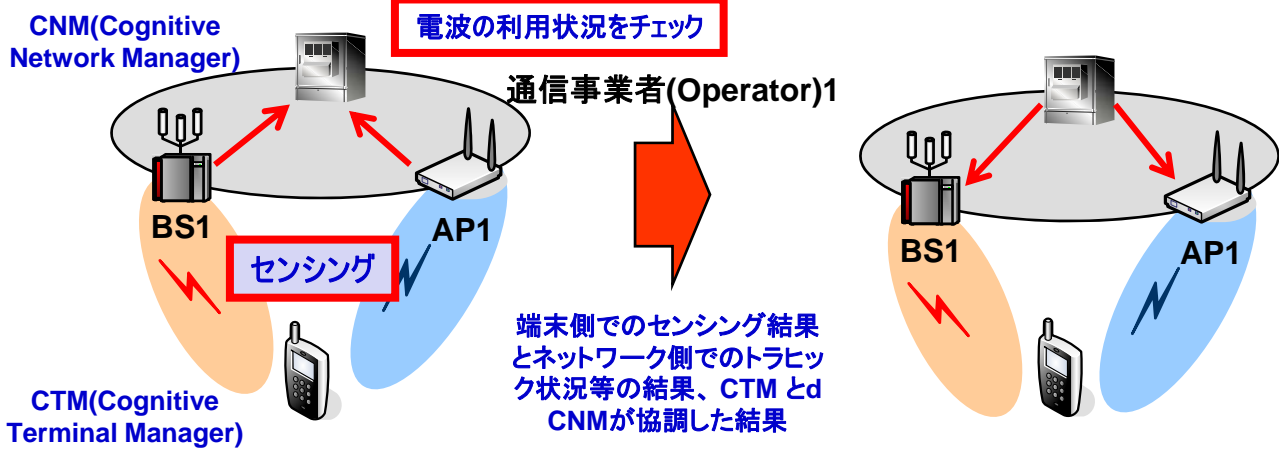


講演の概要

- 背景
- 概念
- 適用領域
- 検討課題
- IEEE、ITUの標準化動向
- 国内外/NICTにおける研究開発動向/結果
- まとめ

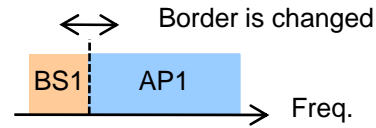
コグニティブ無線技術の基本導入例

単一通信事業者内でのコグニティブ無線ネットワーク



ネットワーク側

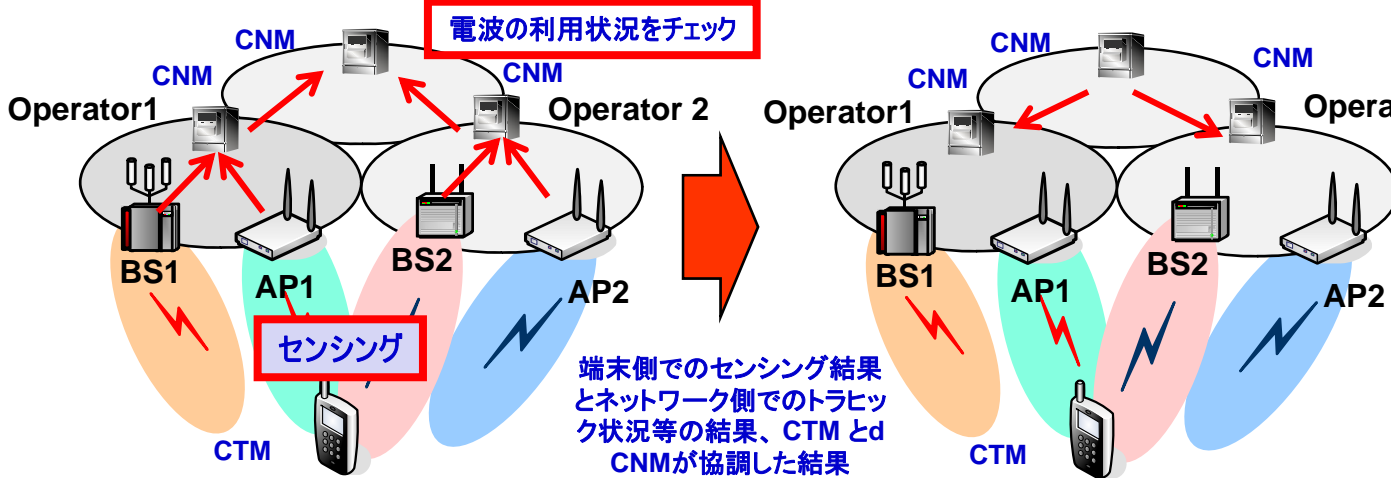
ユーザーおよび(もしくは)事業者のQoSを上げるためのダイナミックな周波数割り当て



端末側

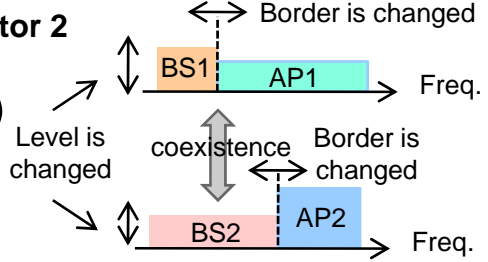
通信システムの選択及び合成

複数通信事業者間でのコグニティブ無線ネットワーク



ネットワーク側

事業者間で干渉を低減するように周波数割り当て、出力レベルを可変

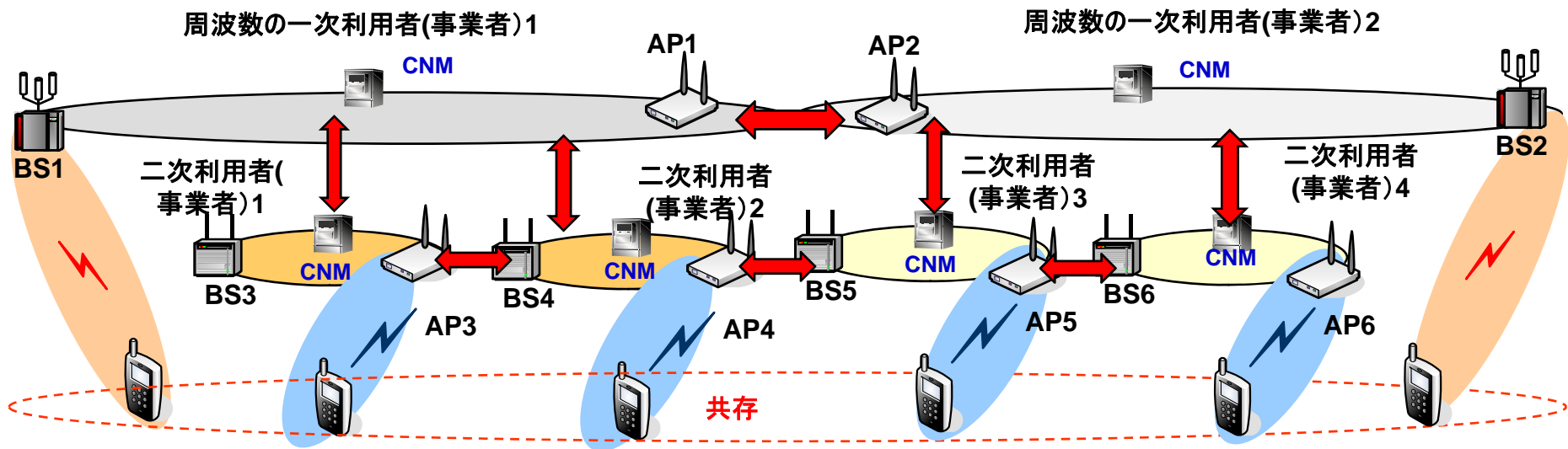


端末側

通信システムの選択及び合成

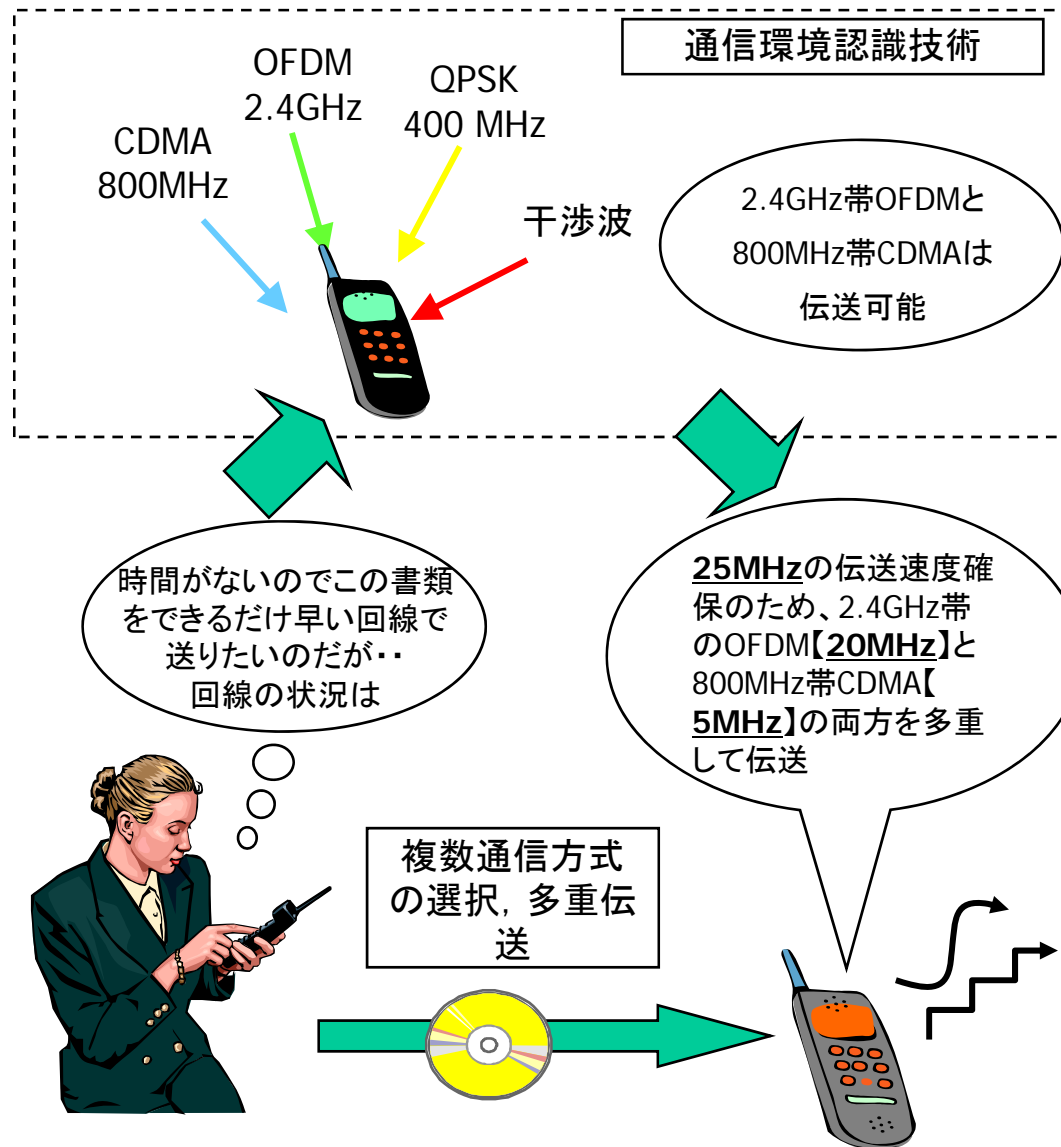
コグニティブ無線技術を利用した今後の通信システム

複数の一次周波数利用者と複数の周波数の二次利用者が共存するコグニティブ無線ネットワーク



CNM:コグニティブネットワークマネージャ
↔ コグニティブ無線技術を利用した共存化/同一周波数利用が必要

コグニティブ無線技術の応用例(端末応用)

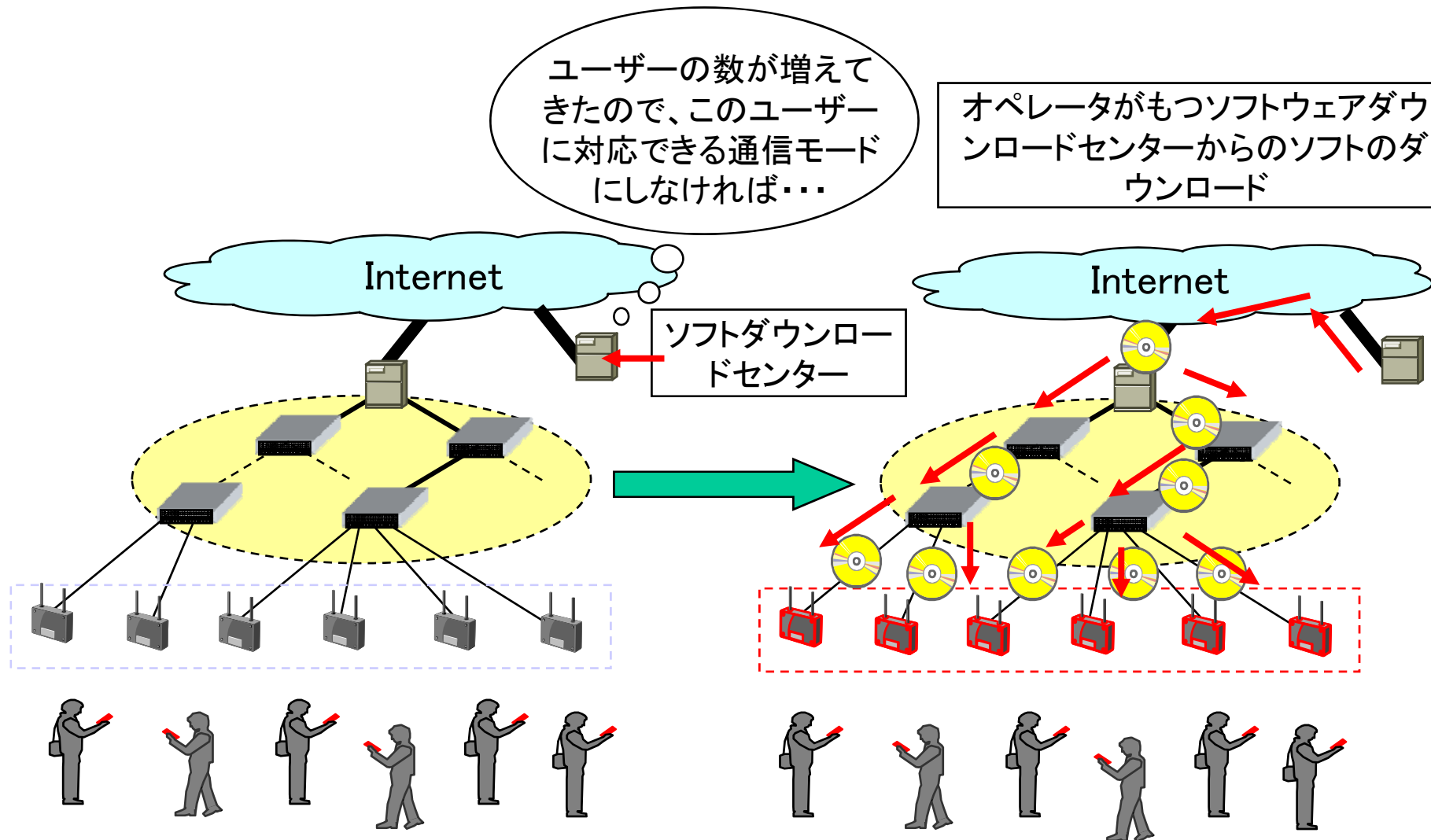


コグニティブ無線技術の応用例(基地局応用)

基地局パラメータの遠隔制御による干渉回避技術

ユーザーの数が増えてきたので、このユーザーに対応できる通信モードにしなければ...

オペレータがもつソフトウェアダウンロードセンターからのソフトのダウンロード



講演の概要

- 背景
- 概念
- 適用領域
- 検討課題
- IEEE、ITUの標準化動向
- 国内外/NICTにおける研究開発動向/結果
- まとめ

検討課題

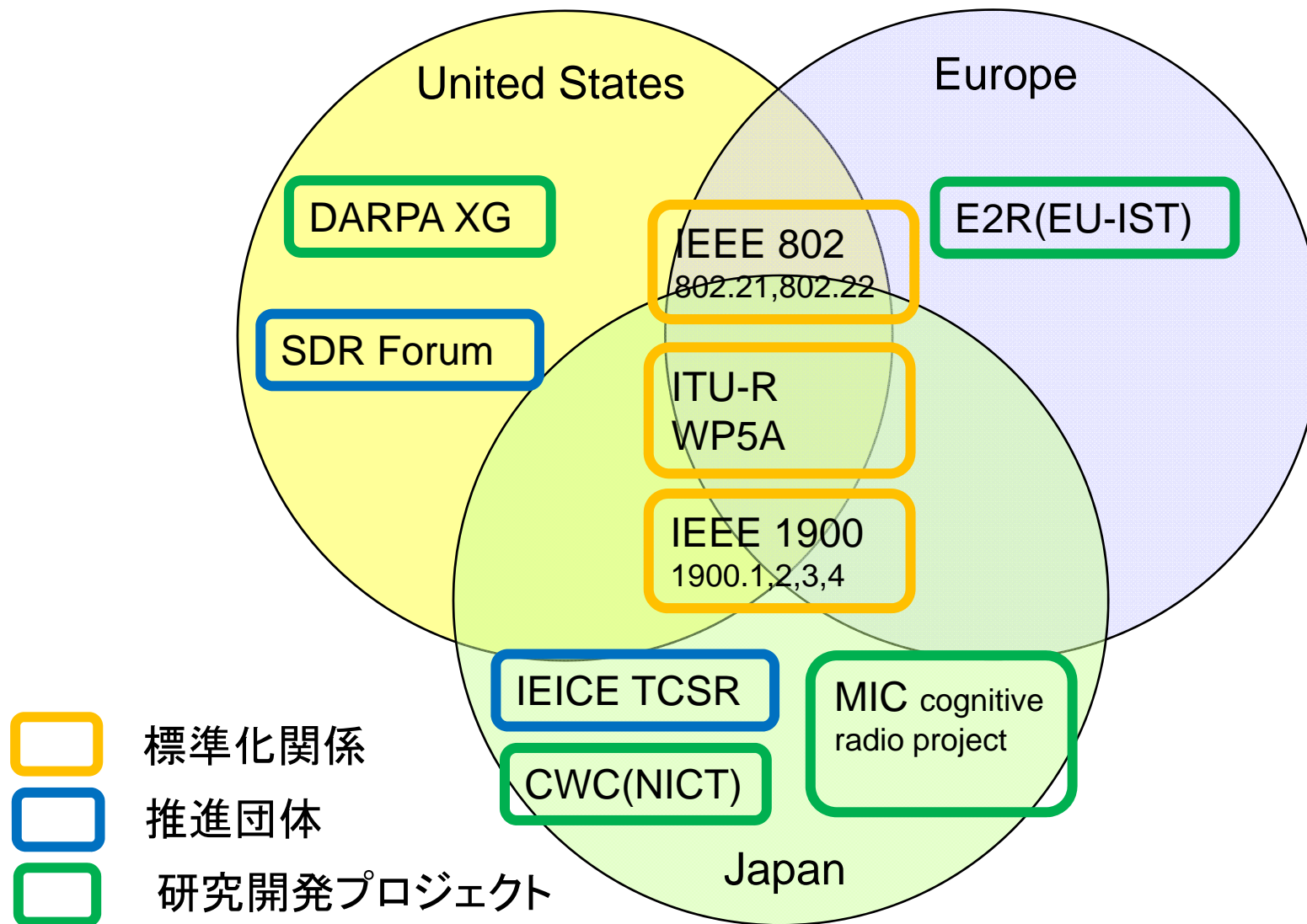
- ネットワーク側
 - ユーザ端末、ネットワークに接続する基地局から情報を収集するための機構、取得方法、取得情報のフォーマット
 - 各種通信システムとの接続方法

- 無線機側
 - センシングを行うためのハードウェアプラットフォーム
 - マルチバンド/チューナブルな広帯域デバイス
 - アンテナ、フィルタ、アンプ、ミキサ、AD/DA変換、信号発生器
 - センシング/学習/意志決定を行うためのコグニティブ無線用ソフトウェアプラットフォーム

講演の概要

- 背景
- 概念
- 適用領域
- 検討課題
- ITU、IEEEの標準化動向
- 国内外/NICTにおける研究開発動向/結果
- まとめ

コグニティブ無線技術の世界動向



ITUにおける標準化動向

ITU-WP5A(1)

□ 概要

- SG(Study Group)5のものとWP(Working Party)5Aで議論
- コグニティブ無線に関しては2006年3月会合よりWG(Working Group)5(New Technology and services)で検討
 - WG5はソフトウェア無線(SDR: Software Defined Radio), 移動通信のIPアプリケーション, コグニティブ無線のような新技術やサービスについて審議するWG

□ 各会合のサマリー

□ 【2006年3月会合】

- カナダより新規研究課題草案(Preliminary Draft New Question: PDNQ)としてコグニティブ無線が提案

□ 【2006年9月会合】

- 前回会合で持ち越しされたカナダからの寄書に基づき, コグニティブ無線に関する新研究課題草案が審議
- 会合では, カナダが前回会合の審議を踏まえた若干の修正を行った寄与文書を提出し, IEEEからは大幅な変更を行った寄与文書が提出され, この2つの文書をまとめることが, 主たる作業
- 日本からは, 総務省電波利用料を利用したコグニティブ無線に関する研究プロジェクトの成果をベースに寄与文書を提出し, 新規研究課題草案に賛同を表明
- WG5会合において審議が行われ, コグニティブ無線に関する新規研究課題が承認され, 出力文書としてDNQの提案(8A/TEMP/239), WG5議長報告案(8A/TEMP/254)が出された
- 同様に引き続き開催されたWP8Aプレナリー(Doc.8A/TEMP/239), SG8会合においても承認
- 主な研究課題
 - ITUにおけるコグニティブ無線の定義
 - ・スマート無線, リンク構成要素等の関連技術とコグニティブ無線構成要素となりうるその技術検討
 - ・コグニティブ無線に関する主要技術特徴, 要求, 特性及び利点
 - ・コグニティブ無線の適用アプリケーションと周波数管理へのインパクト
 - ・運用関連
 - ・移動もしくは他の既存業務(放送, モバイル衛星, 固定)と共存可能にする能力
 - ・他のユーザーとの共存を保証する周波数共用技術
 - ・無線リソースの効率的利用を可能にする方法

ITUにおける標準化動向

ITU-WP5A(2)

□ 各会合のサマリー

□ 【2007年6月会合】

- 前回会合より持ち出しとなった寄与文書および今回新たに入力された寄与文書をもとにPDNQに向けたWorking Documentの編集がなされた
- 章立て
 - 1. Introduction, 2. Scope, 3. Related Documents, 4. Definitions, 5. General description of cognitive radio, 6. Related radio technologies and functionalities, 7. Potential applications, 8. Operational implications, 9. Facilitating coexistence

IEEEにおける標準化動向

IEEE SCC41 (IEEE P1900)

- IEEE P1900
 - 2005年に、IEEE Communications Society と IEEE Electromagnetic Compatibility Society が共同で設立
 - Dynamic Spectrum Accessネットワークを実現するために必要となる要素技術の標準仕様を策定

- ワーキンググループ (WG) の構成
 - P1900.1
 - 用語の定義を策定
 - P1900.2
 - 干渉の定義や無線の共存手法を策定
 - P1900.3
 - Dynamic Spectrum Accessを行う無線機器の認定方法を策定
 - P1900.4
 - Dynamic spectrum accessを実現するネットワーク構成、端末構成に関する仕様を策定

- SCC41に名称を変更
 - 2007年3月
 - P1900からStandards Coordination Committee 41 (SCC41)に再組織化
 - 下部組織 (P1900.1, P1900.2, ...) の名称は変更なし

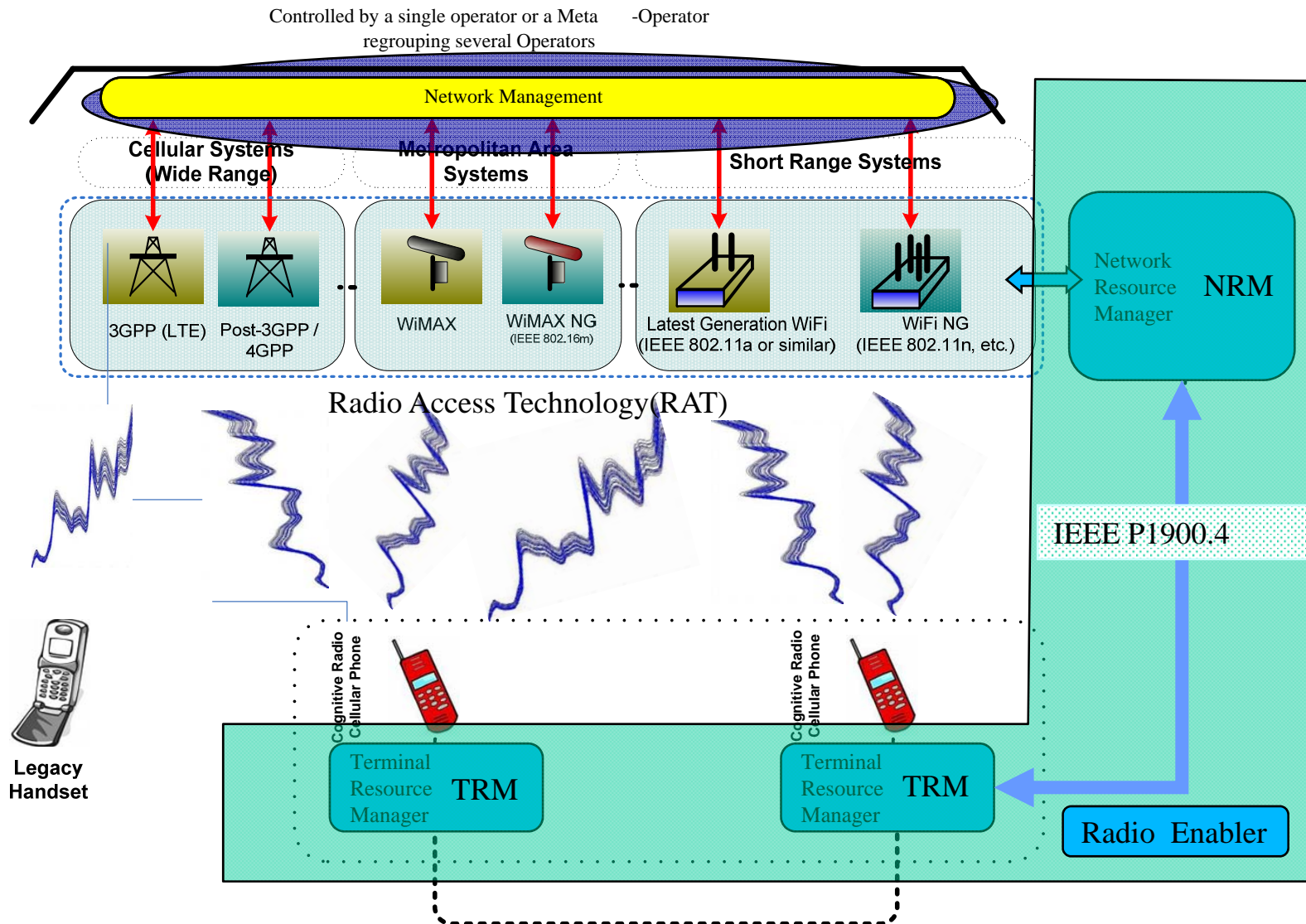
IEEEにおける標準化動向

IEEE1900.4: Scope, Purpose

- Title
 - Architectural Building Blocks Enabling Network-Device Distributed Decision Making for Optimized Radio Resource Usage in Heterogeneous Wireless Access Networks
- Scope
 - P1900.4は、ネットワーク再構成マネージャ(Network Reconfiguration Manager, NRM), 端末再構成マネージャ(Terminal Reconfiguration Manager, TRM), そして、それらの間で通信される情報を定義する。そして、異種無線アクセスネットワークにおいて、ネットワークと端末に意思決定の機能を分散させ、周波数の利用制御を含む無線資源利用の最適化を支援する。本標準は、まず初期段階としてアーキテクチャと機能の定義を行うものとし、それに引き続き、情報の通信に関するプロトコルの定義を行うものとする。
- Purpose
 - P1900.4の目的は、複数のRAT (Radio Access Technology) ※が存在する環境において、無線システム全体の収容能力とサービス品質を向上させることである。これは、無線資源利用の最適化を可能にする適切なシステムアーキテクチャとプロトコルを定義し、特に、ネットワークとモバイル端末の間で通信する情報を活用することにより実現する。ただし、P1900.4は、無線システムが必ずしも複数の無線リンクの同時接続や Dynamic Spectrum Access のサポートを前提としているわけではなく、利用シナリオを定義しているユースケース (User Case) 毎に完結して動作することを想定している

IEEEにおける標準化動向

IEEE1900.4: 概要図



講演の概要

- 背景
- 概念
- 適用領域
- 検討課題
- ITU、IEEEの標準化動向
- 国内外/NICTにおける研究開発動向/結果
- まとめ

国内外での研究プロジェクト

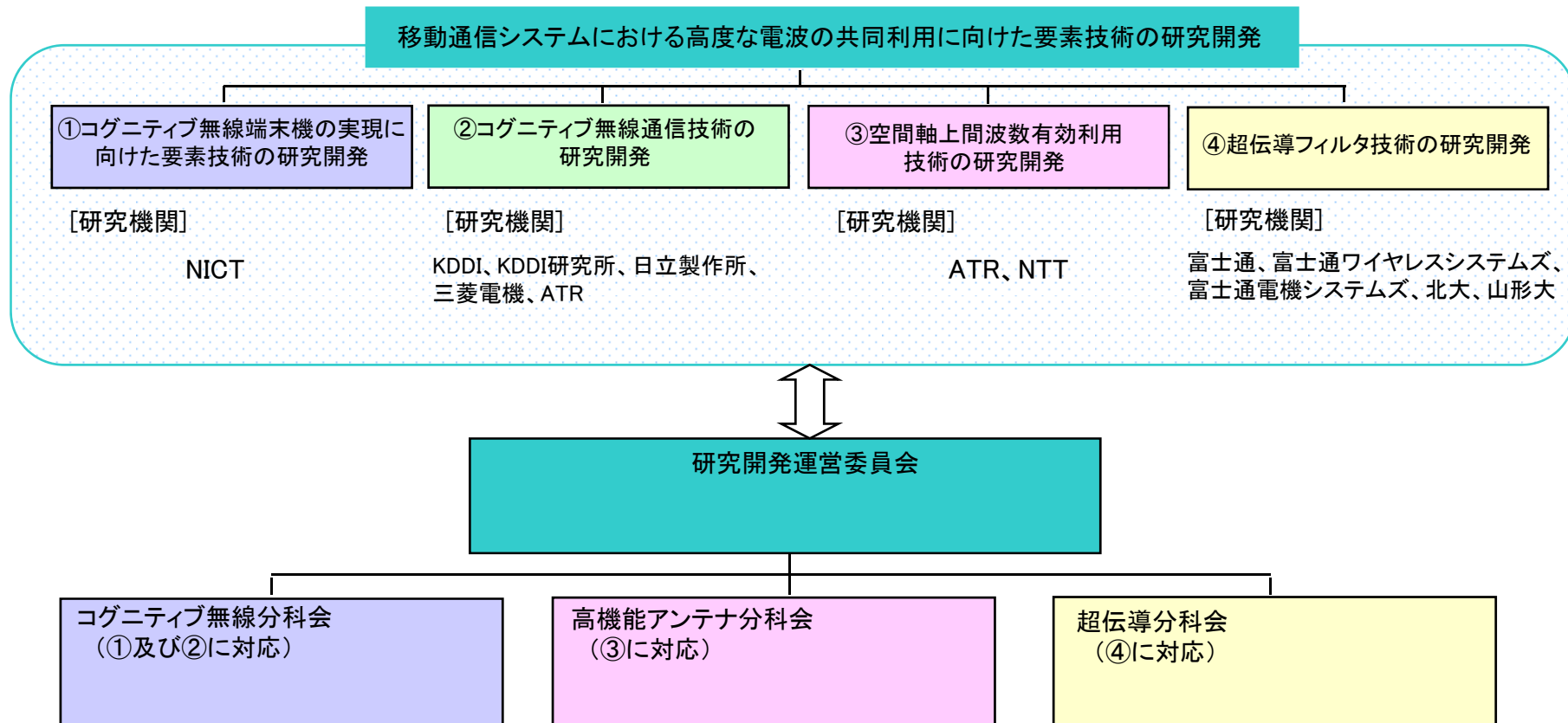
国内

- 米国
 - DARPA XG
 - センシングした結果とポリシーをもとにアダプティブに周波数、時間を変更するための基礎技術の研究開発
- 欧州
 - E2R
- 日本
 - 総務省コグニティブプロジェクト
 - CWC(NICT)

コグニティブ無線の研究開発

総務省電波利用料を利用した研究開発 (Dec.2005-March 2008)

研究体制



Cognitive radio (CR)無線機の実現に向けた要素技術の研究開発 検討項目

通信環境認識技術

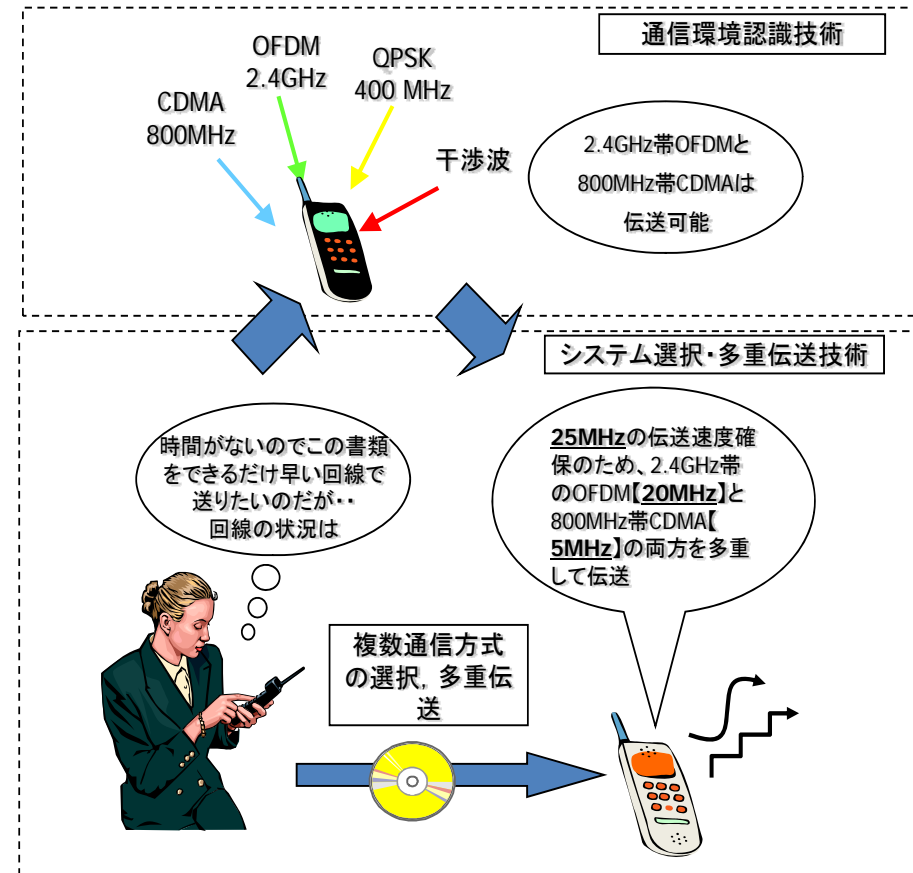
ユーザが無線端末を操作しなくても、無線端末自身が自動的に周囲の電波利用環境(周波数の混雑状況、使われている伝送方式等)を把握する技術

システム選択・多重伝送技術

無線端末が周囲の電波利用環境を把握した上で、その環境下で最適な変調方式、伝送速度、電力等を自律的に選択・多重し伝送する技術

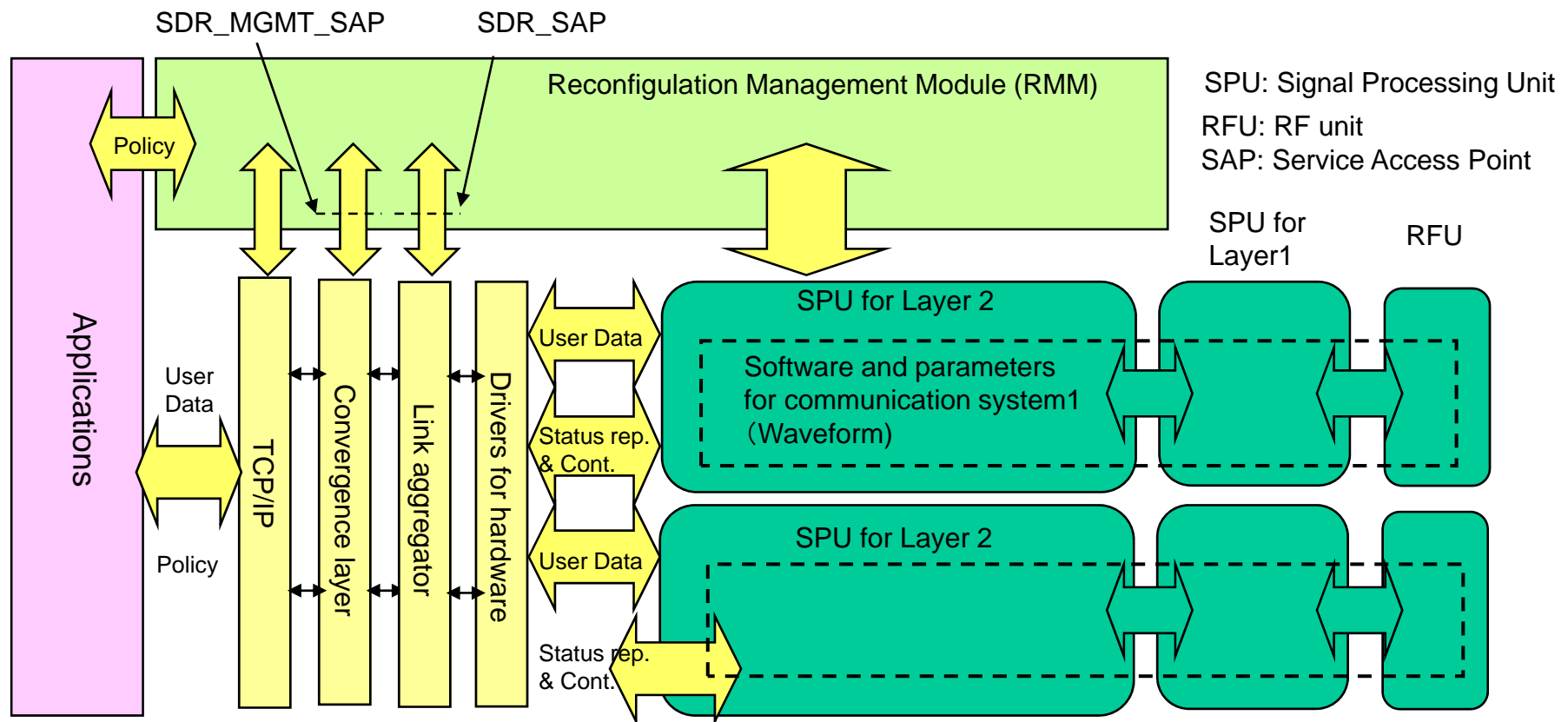
検討項目

- 通信環境認識を実現するために必要となる広帯域(マルチバンド)でかつ特定の周波数帯に同調(チューナブル)可能な**マルチバンド/チューナブルデバイス**に関する研究・開発
 - 動作目標周波数: 400MHz-6GHz
 - 開発デバイス: アンテナ、フィルタ、アンプ、送受信ミキサ
- マルチバンド/チューナブルデバイスを用いた通信環境認識機能およびシステム選択・多重伝送機能を実現可能な**コグニティブ無線機用ハードウェアプラットフォーム**に関する研究・開発
- 通信環境認識機能およびシステム選択・多重伝送機能を実現する**コグニティブ無線機用ソフトウェアプラットフォーム**に関する研究・開発
- ハードウェアプラットフォームおよびソフトウェアプラットフォームを組み込んだ**ソフトウェア無線技術を用いたコグニティブ無線機の試作**、および通信環境認識技術、システム選択・多重伝送技術の評価



Cognitive radio (CR)無線機の実現に向けた要素技術の研究開発

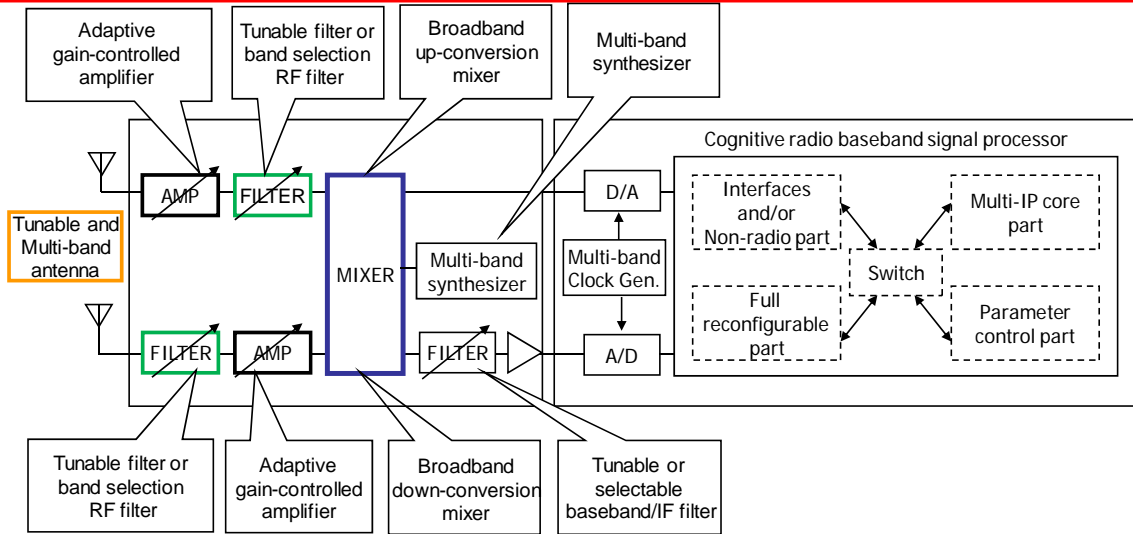
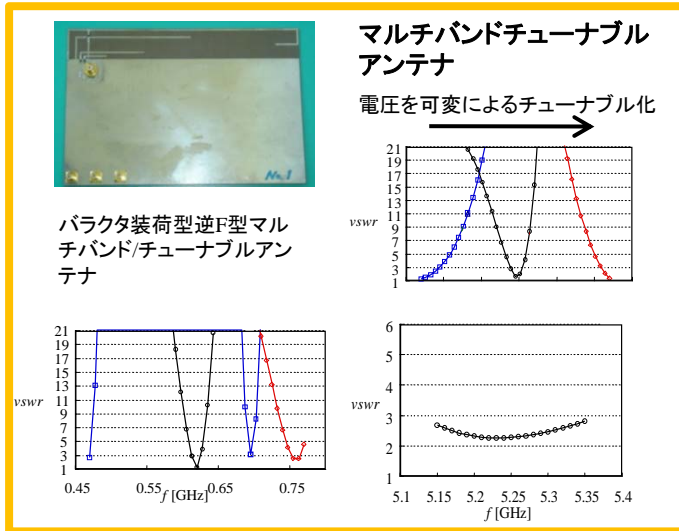
無線機基本構成



無線通信システムで取得可能な情報がSDR_SAPそして(もしくは)SDR_MGMT_SAPを経由してReconfiguration Management Module(RMM)に取得される。また、ネットワーク側より伝えられたポリシー(Policy)は場合によってはTCP/IP経由でRMMに取得される。そして、これらの情報をもとに次に通信すべき通信システムを選択し、SPUならびにRFUに対してよりユーザにとって適した新しい通信システムを実現するプロトコルをbootし、無線機の機能を再構築

Cognitive radio (CR)無線機の実現に向けた要素技術の研究開発 広帯域センシング用デバイス

UHF帯から6GHz帯に存在する無線システム、空き周波数をセンシングするためのハードウェアを実現するためのマルチバンド/チューナブルデバイスの開発を行った



マルチバンドチューナブル広帯域アンプ

9mm x 9mm

- チューナブル周波数帯域: 0.4~6.2GHz (2 mode)
- 最大利得(可変可能): 30dB
- 最大出力: 24dBm
- NF: 5dB(typ.), MAX 10dB
- 使用プロセス 90 nm RF-CMOS
- 電源電圧: 3.3 V

マルチバンドチューナブル広帯域バンドパスフィルタ

9mm x 9mm

- チューナブル周波数帯域:
 - Mode 1: 0.4~0.8 GHz
 - Mode 2: 0.8~1.3 GHz
 - Mode 3: 1.3~2.1 GHz
 - Mode 4: 2.1~3.0 GHz
 - Mode 5: 3.0~4.0 GHz
 - Mode 6: 4.4~6.0 GHz
- 可変可能3dB 帯域幅:
 - Mode 1: 250~600 MHz
 - Mode 2: 400~1300 MHz
 - Mode 3: 400~1500 MHz
 - Mode 4: 600~2000 MHz
 - Mode 5: 600~2000 MHz
 - Mode 6: 500~3250 MHz
- 減衰特性30dB/oct
- 挿入損失: MAX 3.5dB
- 使用プロセス: 90 nm RF-CMOS
- 電源電圧: 3.3 V

広帯域送受信ダイレクトコンバージョンミキサ

対応周波数0.4~5.8GHz, 180nm SiGe BiCMOS, 3.3 V

- 送信側OP1dB: larger than -18 dB
- 送信側EVM: less than 3% (rms)
- 受信側 NF:
 - less than 5dB@ 400 MHz and 2GHz bands
 - less than 15dB@ 5GHz band
- 11%以下のEVMを満たす 受信側ダイナミックレンジ:
 - larger than 50dB@400 MHz and 5GHz bands
 - larger than 60dB@2GHz band

Cognitive radio (CR)無線機の実現に向けた要素技術の研究開発 マルチバンド/チューナブルフィルタ/アンプ

400MHz-6GHz帯で動作し、かつ中心周波数と3dB帯域幅が可変可能なマルチバンドチューナブルフィルタと400MHz-6GHz帯で最大30dBの利得を有するマルチバンド広帯域アンプ

マルチバンド・チューナブルバンドパスフィルタ

- デモンストレーション
 - ✓ 制御用PCより中心周波数、3dB帯域幅を入力
 - ✓ ネットワークアナライザにより周波数特性をみる

表示例

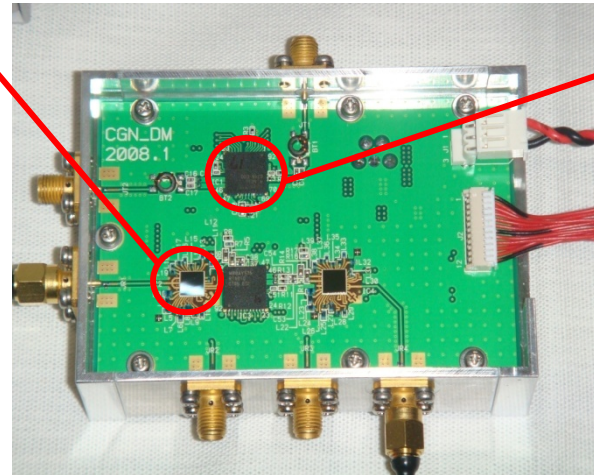
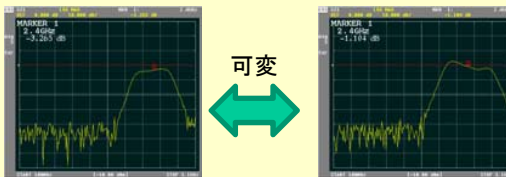
- 中心周波数: 500MHz



- 中心周波数: 1000MHz



- 中心周波数: 2500MHz

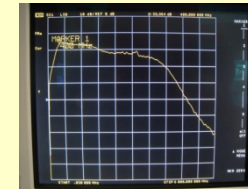


マルチバンドチューナブルアンプ

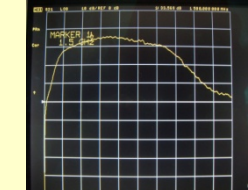
- デモンストレーション
 - ✓ 制御用PCより中心周波数を入力
 - ✓ ネットワークアナライザにより周波数特性をみる

表示例

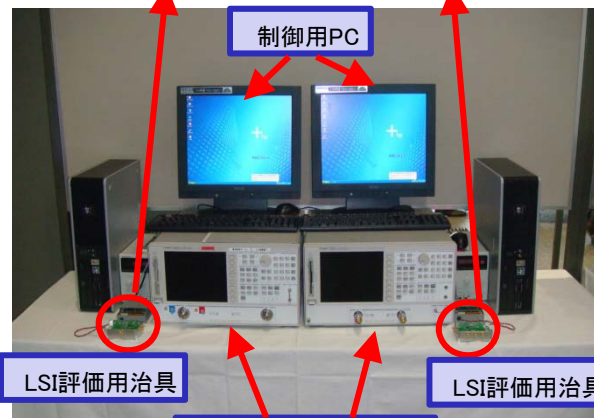
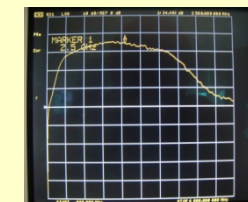
- 中心周波数: 400MHz: 33.364dB



- 中心周波数: 1500MHz: 33.569dB



- 中心周波数: 2500MHz: 34.496dB



Cognitive radio (CR)無線機の実現に向けた要素技術の研究開発 広帯域送受信ダイレクトコンバージョンミキサ

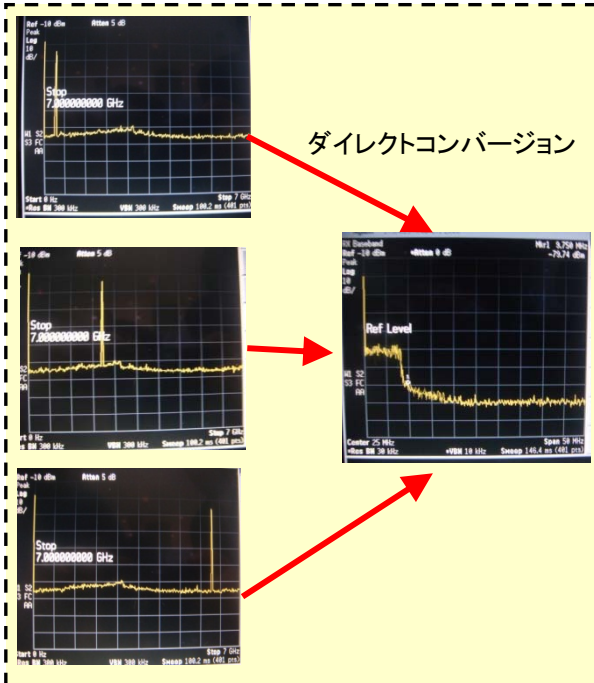
ベースバンドの信号を直接400MHz-6GHz帯の送信信号にアップコンバージョンするとともに400MHz-6GHz帯の受信信号を直接ベースバンドにダウンコンバージョンする広帯域送受信ダイレクトコンバージョンミキサ

受信側ダイレクトコンバージョンミキサ

デモンストレーション

- ✓ 高周波に変調された信号(中心周波数可変、帯域幅固定)を可変させてミキサに入力
- ✓ 局部発振器も同期して可変させてミキサに入力
- ✓ 出力ベースバンド信号(固定)をスペクトルアナライザで見る

表示例

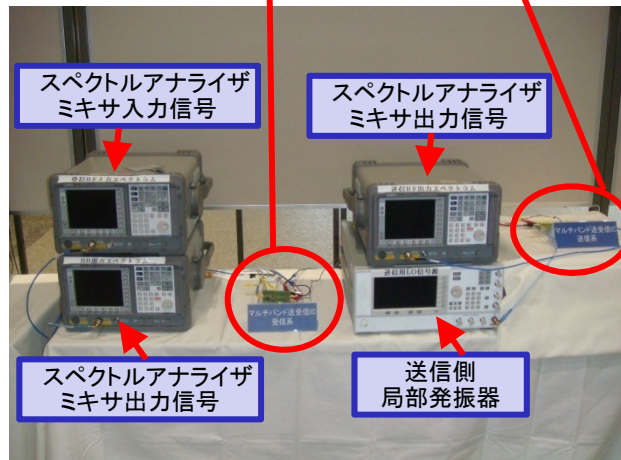
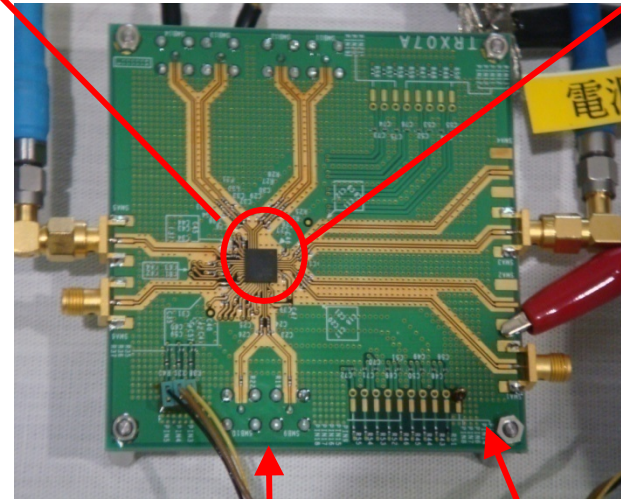
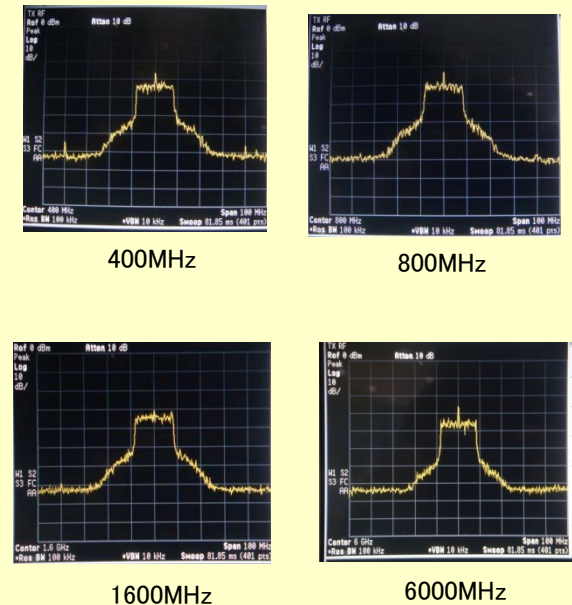


送信側ダイレクトコンバージョンミキサ

デモンストレーション

- ✓ 入力ベースバンド信号(固定)をミキサに入力
- ✓ 局部発振器を可変させてミキサに入力
- ✓ 高周波に変調された信号をスペクトルアナライザで見る

表示例



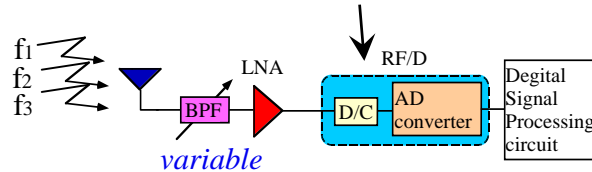
Cognitive radio (CR)無線機の実現に向けた要素技術の研究開発 マルチバンド/チューナブルアンテナ

コグニティブ無線で利用可能としようとする複数の周波数帯にわたって、整合周波数を電氣的に制御できる可変アンテナ技術に関する研究開発

システム構成

チューナブルな機能により、給電ポート等を1つにできるので、小型・軽量・低コスト化が可能

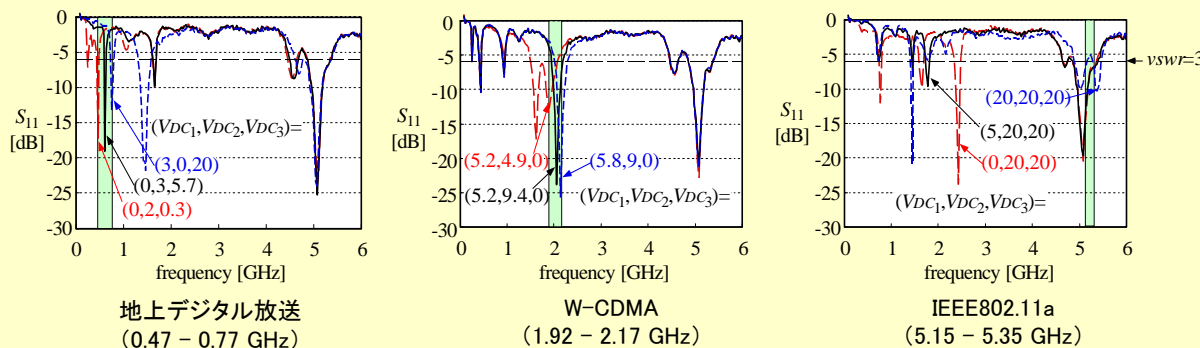
RF信号を直接AD変換する技術が確立されようとしている



特長

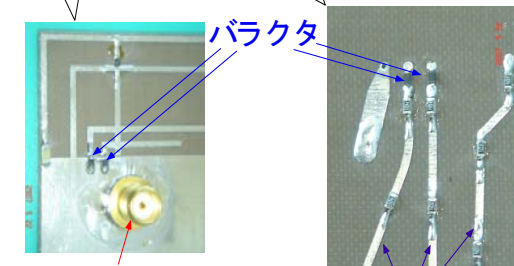
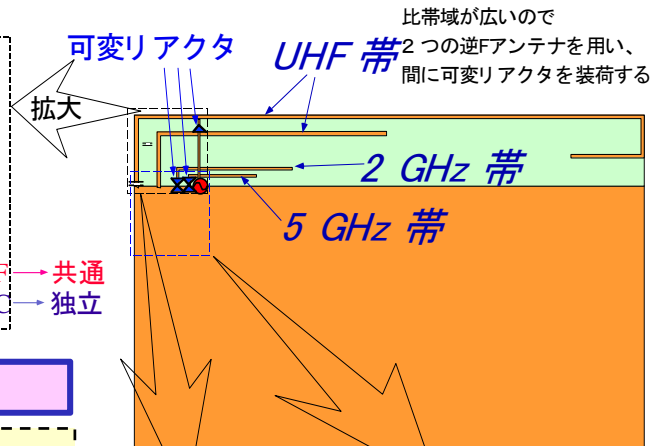
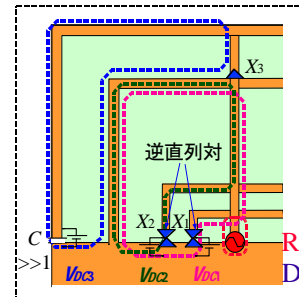
・平面型で小形 ・RF切換えスイッチ不要 ・逆バイアス制御なので低消費電力

試作アンテナの整合周波数の可変特性



構造

各周波数帯の逆アンテナを給電ポートを共通にして重ね合わせ、短絡端に可変リアクタ(バラクタ)を装荷



RF給電ポート

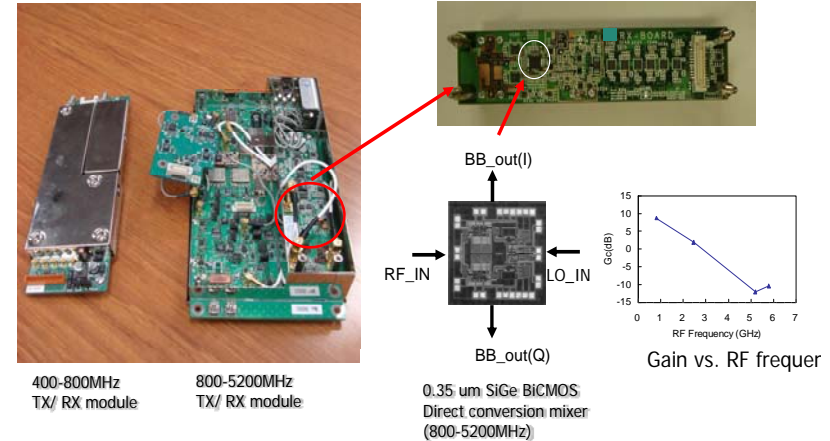
DC電圧制御線(裏側)

Cognitive radio (CR)無線機の実現に向けた要素技術の研究開発 ハードウェアプラットフォーム

電波の利用環境(通信環境)のセンシング(認識)し、を実現するために必要となる広帯域(マルチバンド)でかつ特定の周波数帯に同調(チューナブル)可能なデバイスを利用したハードウェアプラットフォーム(高周波部、デジタル信号処理部)に関する研究開発

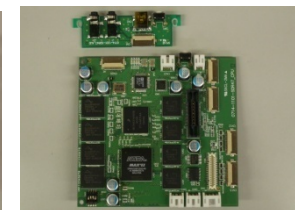
高周波部

- Version1
 - ✓ ダイレクトコンバージョンミキサLSI(対応周波数800MHz-5.2GHz)を組込む
 - ✓ 動作周波数: 400-5200MHz帯
 - ✓ 送信出力: 10dBm(400MHz帯、700MHz帯、5GHz帯)、23dBm(2GHz帯)
 - ✓ デジタル信号処理部とのI/F: ベースバンド信号
- Version2
 - ✓ スwitchング回路を初段のアンプ、BPFに多数おき、それらをシステムに合わせて切り替えて使用
 - ✓ 基本仕様はVersion1と同じ
 - ✓ デジタル信号処理部とのI/F: 中間周波数帯(IF帯)信号



デジタル信号処理部

- FPGAボード
 - ✓ 各通信システムの物理層(Layer1)の信号処理を担当
 - ✓ Version1、2ともにFPGA(Xilinx XC2V LX200)を1個搭載
- CPUボード
 - ✓ 各通信システムのMAC層より上の信号処理、TCP/IP処理、ソフトウェアプラットフォーム処理を担当
 - ✓ Version1はCPUとしてSH4、OSはuITRONを使用
 - ✓ Version2はCPUとしてARM11、OSはLINUXを使用
- その他
 - ✓ 本ボードで動く通信システム: IEEE802.11a/b/g, W-CDMA, 地上波デジタル放送(13セグ、1セグ)



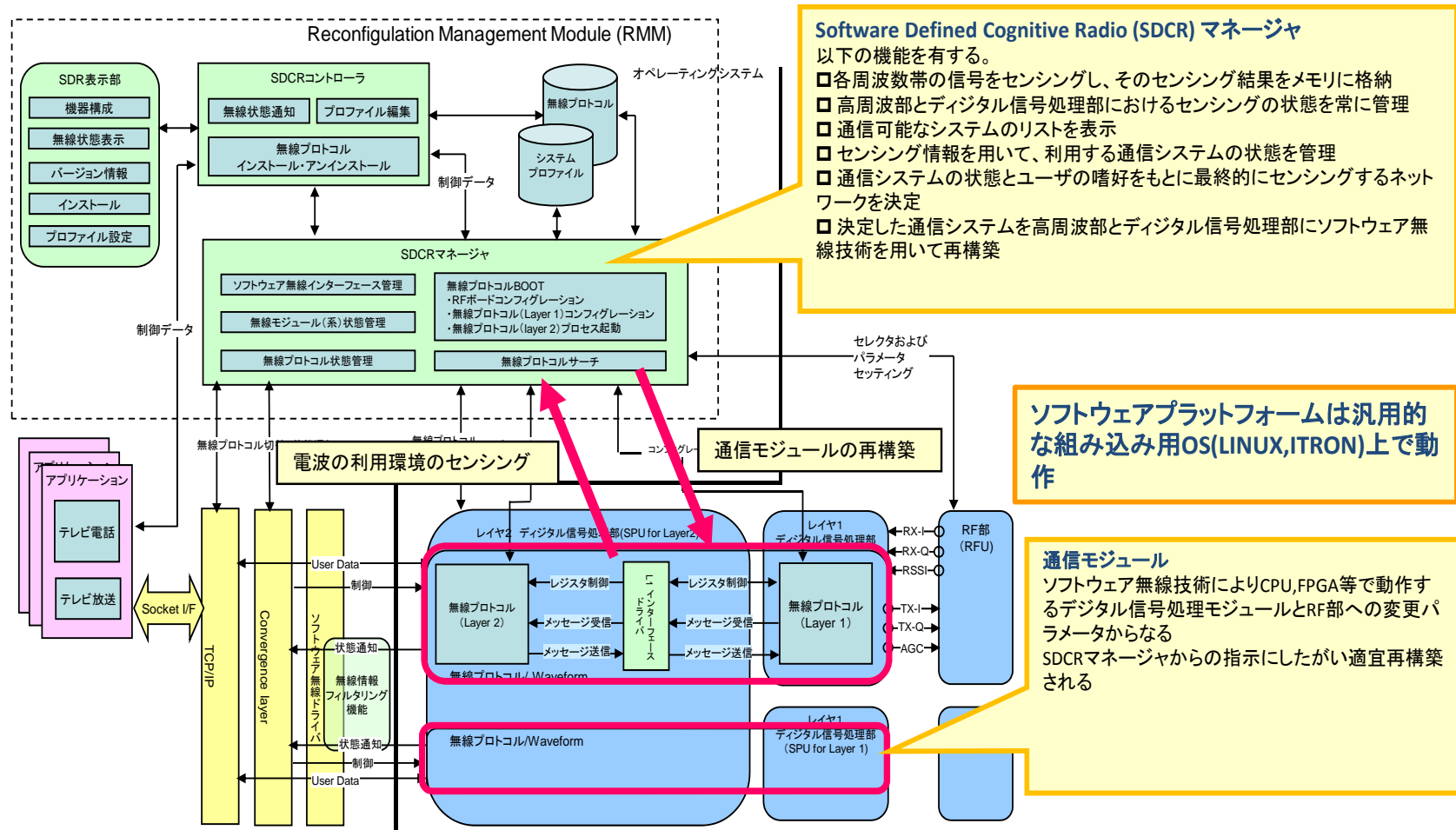
- 対応周波数: 400M-5.2GHz帯
- 対応システム: 地上波デジタル放送、IEEE802.11a/b/g、IEEE802.16、W-CDMA

FPGAボードとCPUボードの基本仕様

Item	Requirement
FPGA ボード	150mm x 100mm
ADC	3ch/170Msps/12bit/4dBm input
DAC	3ch/500Msps/12bit/4dBm output
FPGA	Xilinx XC4VLX200
CPUボード	150 mm x 100mm
CPU	SH4(version 1), ARM11(version 2)
OS	uITRON(ver sion 1), LINUX(version 2)
I/O	Compact Flash, RS 232c, USB, Ethernet/JTAG

Cognitive radio (CR)無線機の実現に向けた要素技術の研究開発 ソフトウェアプラットフォーム

電波の利用環境(通信環境)のセンシング(認識)の運用、センシング結果の整理、管理、センシングした結果に基づく、システム選択・多重ポリシーの決定、決定結果に基づく無線機機能の再構築を行うソフトウェア無線技術も考慮したコグニティブ無線機用ソフトウェアプラットフォーム:Reconfiguration management module (RMM)に関する研究開発



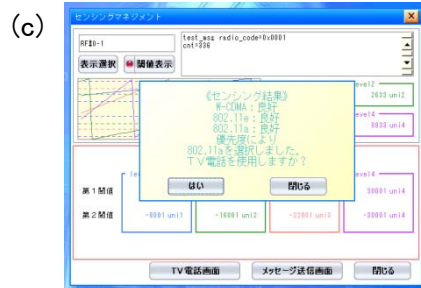
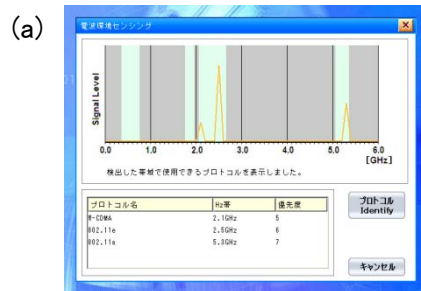
Cognitive radio (CR)無線機の実現に向けた要素技術の研究開発 無線機の試作

コグニティブ無線ハードウェアプラットフォーム、ソフトウェアプラットフォームからなり、ソフトウェア無線技術を利用した通信システムの再構築も可能なコグニティブ無線機の試作、および評価



- 基本仕様
- センシング可能周波数:
400MHz-6GHz
 - 使用高周波部:
スイッチング型高周波部Version 2
 - 使用FPGAボード: Ver.1の簡略化
 - 使用CPUボード:
Ver.2(ARM11ベース)
 - 使用OS: LINUX

- 移動通信に利用しやすいUHF帯(400MHz)からマイクロ波帯(6GHz帯)までをセンシングし表示 -(a)
- 詳細なセンシング情報の表示とともに選択された周波数バンドでソフトウェア無線技術を用いて通信システムを同定 -(b)
 - ターゲットとする周波数帯を決定
 - 通信システムを実現するソフトをインストールし、通信の状態をセンシング-(*)
 - 周波数を変更
 - 再度 RSSI, BER, FER (Layer1), 及び 接続性 (Layer 2) を測定
 - インストールした通信システムがターゲット周波数帯にいるかどうかを同定
 - (*)にもどり、別の通信システムを実現するソフトウェアを高周波部および信号処理部にインストールし同様のセンシングおよびシステム同定を行う
- 通信システムを表示 -(c)
- ユーザが好みの通信システムを選び通信を開始 -(d)



Cognitive radio (CR)無線機の実現に向けた要素技術の研究開発 総合デモンストレーション

無線機が無線LAN (IEEE802.11a/b/g)、W-CDMA存在下にいる場合を想定し、電波の利用状況のセンシングを行い、センシングの後、システムの同定を行い、その結果に基づき利用可能な移動通信システムを用いて、TV電話等で通信を行うデモンストレーション



コグニティブ無線機

基本仕様

- センシング可能周波数:
400MHz-6GHz
- 使用高周波部:
スイッチング型高周波部Version 2
- 使用FPGAボード: Xilinx Vertex 2 LX200
- 使用CPUボード: ARM11系のCPU
- 使用OS: LINUX
- カメラ内蔵



通信環境シミュレータ

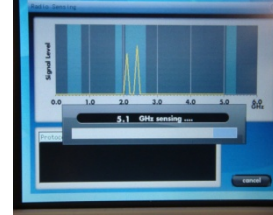
赤枠: 通信ゾーンの大きさを示す

基本仕様

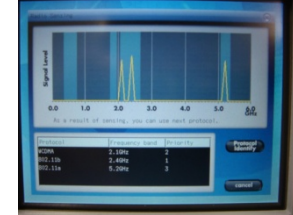
- 複数の無線基地局/アクセスポイントが可変減衰器を介してコグニティブ無線機に接続
- 可変減衰器の減衰量を増減させることで現在の通信ゾーンを模擬(赤枠で表示)
- 通信ゾーン内に無線機がある場合は、センシングを行ったときにそのシステムの存在が認識



初期画面: Radio sensingを選択



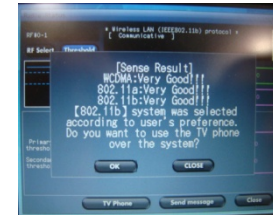
400MHz-6GHzまでセンシングが開始



上段: センシング結果
下段: 無線機が実現可能な通信システムとその優先度(ユーザ設定)



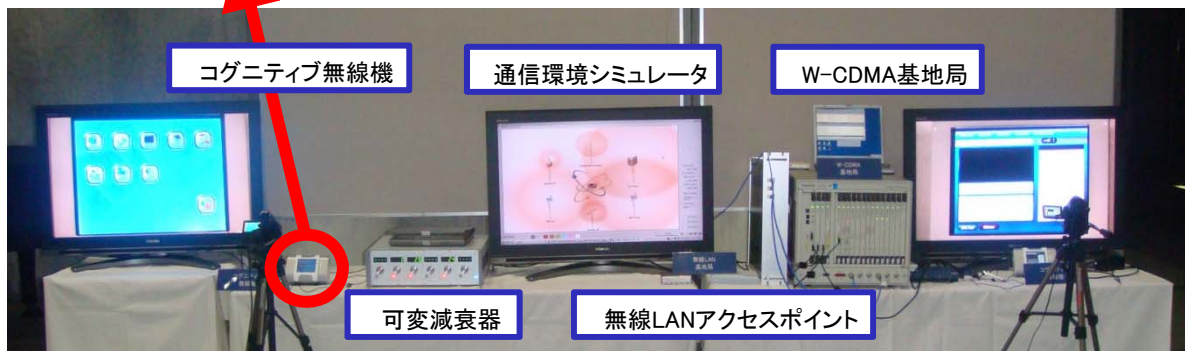
無線機が実現可能な通信システムを用いてセンシング結果の中から通信可能なシステムを探索



探索結果の表示とTV電話を用いた通信を行うか否かの問い合わせ



TV電話を用いた通信の開始(左: 相手側の映像、右: 自分の映像)



コグニティブ無線機

通信環境シミュレータ

W-CDMA基地局

可変減衰器

無線LANアクセスポイント

コグニティブ無線機を構成するボード



マルチバンドRFボード



FPGAボード



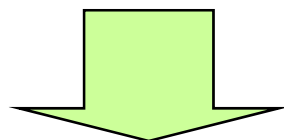
CPUボード

NICTにおけるコグニティブ無線の研究開発 概要

新世代移動通信システム(MIRAI)の研究開発(2002-2005)

Media Independent Handover (MIH)
の研究開発

Software radio (SR)無線機の実現に
向けた要素技術の研究開発



通称:コグニティブワイヤレスクラウド
(Cognitive Wireless Cloud: CWC)プロジェクト

コグニティブワイヤレスネットワーク(CWN)の研究開発(2006-2010)

CWN実現に向けたシームレスネットワーク
連携技術の研究開発

- 無線ネットワーク利用状況センシング/トラヒックコントロール技術
- 異種無線ネットワークリソースマネジメント/システム切り替え技術
- 異種無線端末側リソースマネジメント/システム切り替え技術
- 動的分散型無線利用状況管理技術

独自研究

Cognitive radio(CR)無線機の実現に
向けた要素技術の研究開発

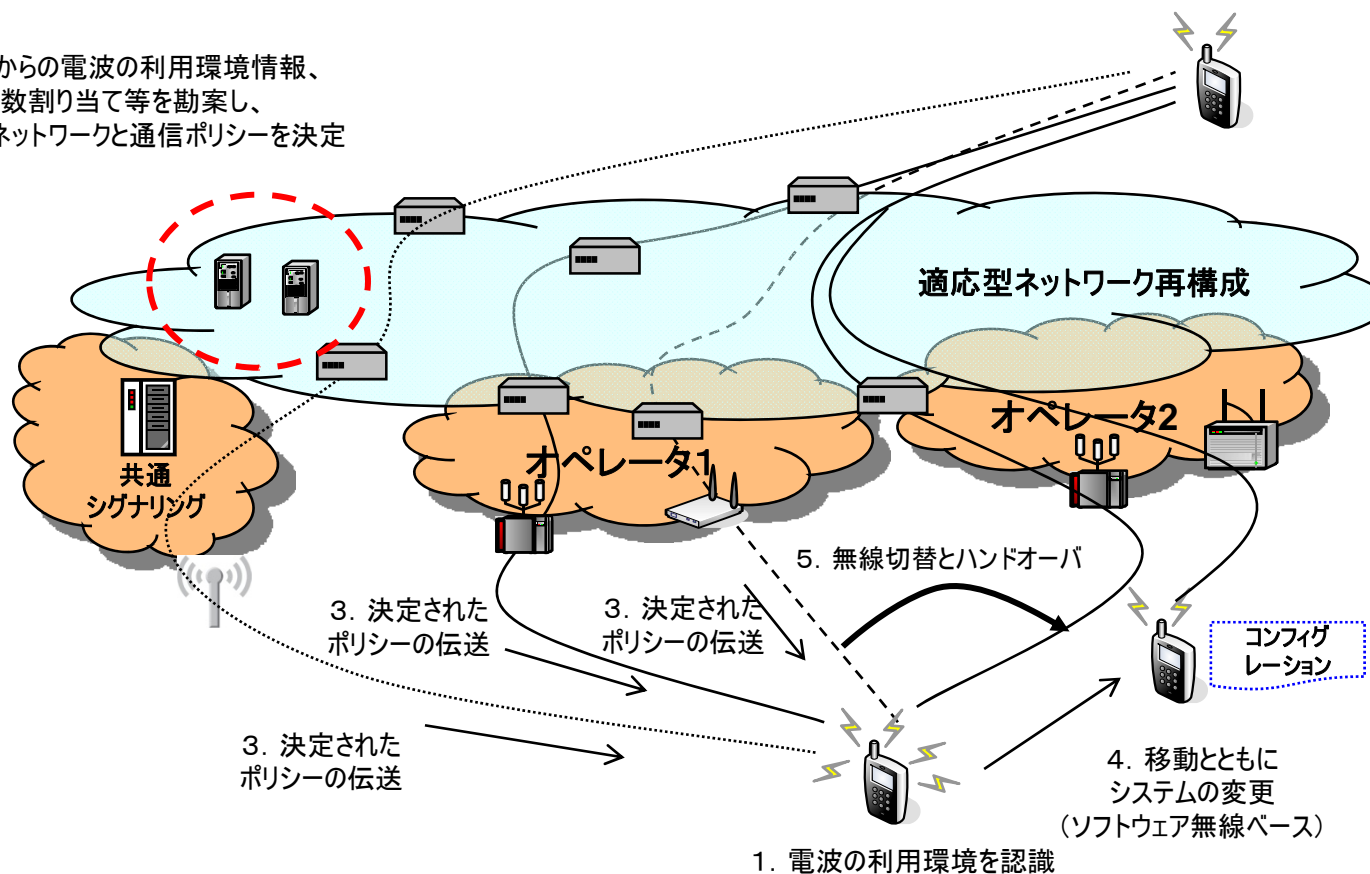
- 通信環境認識技術
- 通信システム選択・多重技術
- CR無線機向けハードウェアプラットフォーム
(マルチバンドアンテナ、マルチバンドRF、
デジタル信号処理部)
- CR無線機向けソフトウェアプラットフォーム

電波利用料R&Dによる研究開発

CWN実現に向けたシームレスネットワーク連携技術の研究開発 概要(コグニティブワイヤレスクラウド)

- ユーザセントリック、キャリア独立ネットワークキング、そしてスケーラブル・自律分散を実現するべく、それぞれのユーザがその利用形態に合わせて、無線アクセスネットワーク、そしてエンドツーエンドのネットワークを柔軟に再構成できるアーキテクチャ

2. ユーザーからの電波の利用環境情報、現在の周波数割り当て等を勘案し、使用すべきネットワークと通信ポリシーを決定

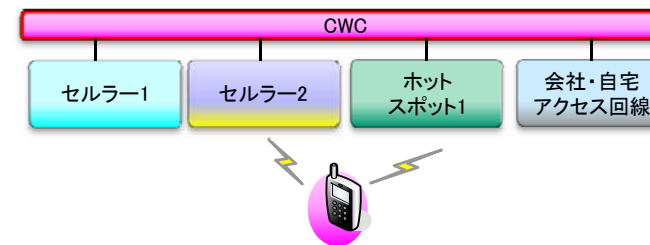


CWN実現に向けたシームレスネットワーク連携技術の研究開発 必要とされる技術

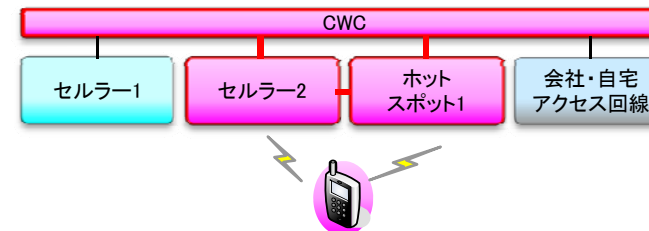
- ユーザセントリックなオペレーション
 - ユーザがアクセスネットワークをカスタマイズできる
 - 非常に複雑な最適化問題を解くこととなるため、スケーラビリティのある最適な手法を開発する必要性がある
- キャリア独立ネットワークキング
 - キャリアをまたいだハンドオーバ
 - 複数キャリアを含むリンクアグリゲーション
- スケーラビリティを有する自律分散型ネットワーク構成
 - 集中制御ではなく分散処理を、そして自律分散へ

CWN実現に向けたシームレスネットワーク連携技術の研究開発 システムの導入方法

- 基本部分: 既存ネットワーク(例えばセルラー)の上に覆いかぶせる構成
 - 既存のネットワークに手を加えるのではなく、その外側に機能を追加することで動作が可能である
 - ただし、QoS保証、課金・認証などでは難しい面も多々ある



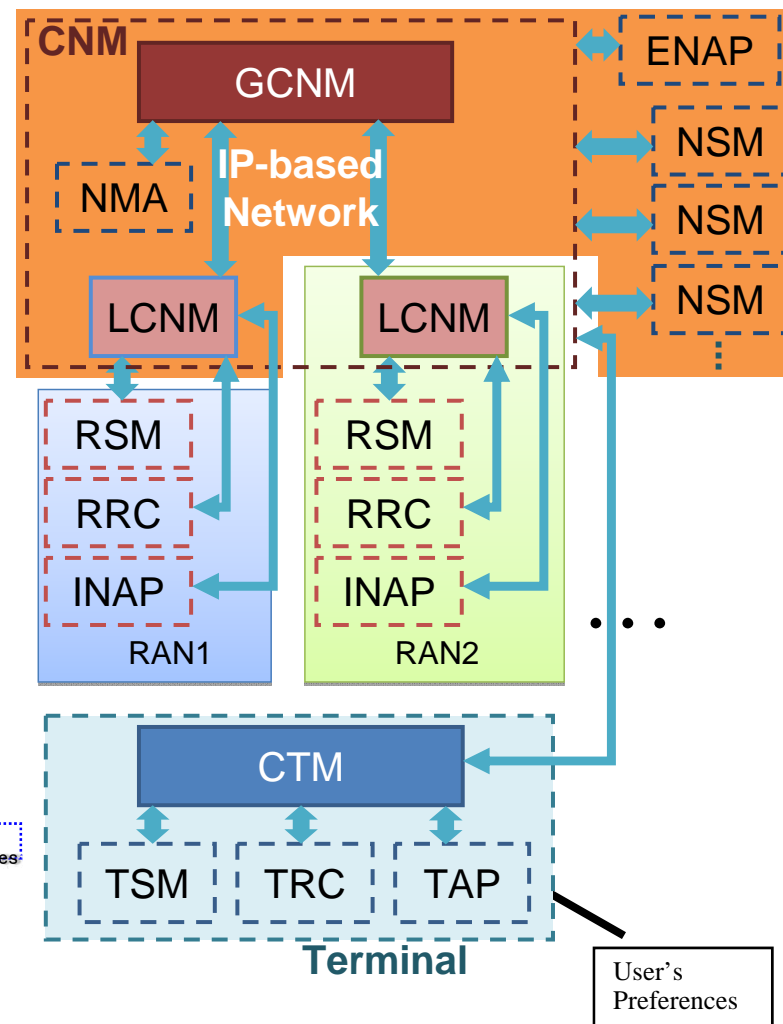
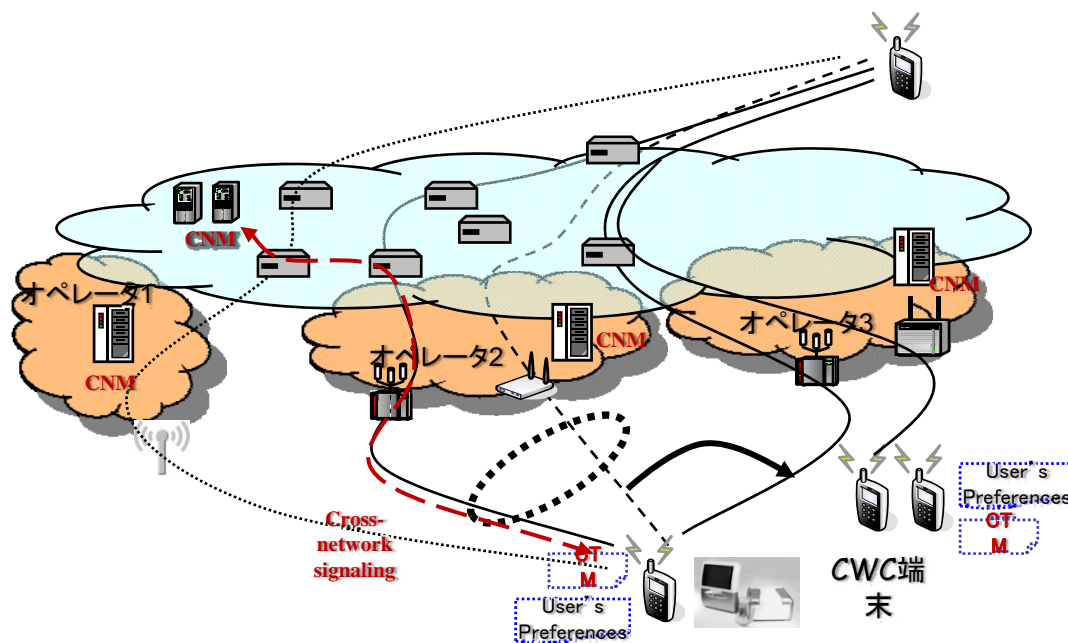
- 追加構成: さらに、既存ネットワーク中に追加の機能を入れることで、より高度な機能を実現
 - CWC導入ネットワーク内ではQoS保証、課金・認証なども提供可能となる



CWN実現に向けたシームレスネットワーク連携技術の研究開発アーキテクチャ

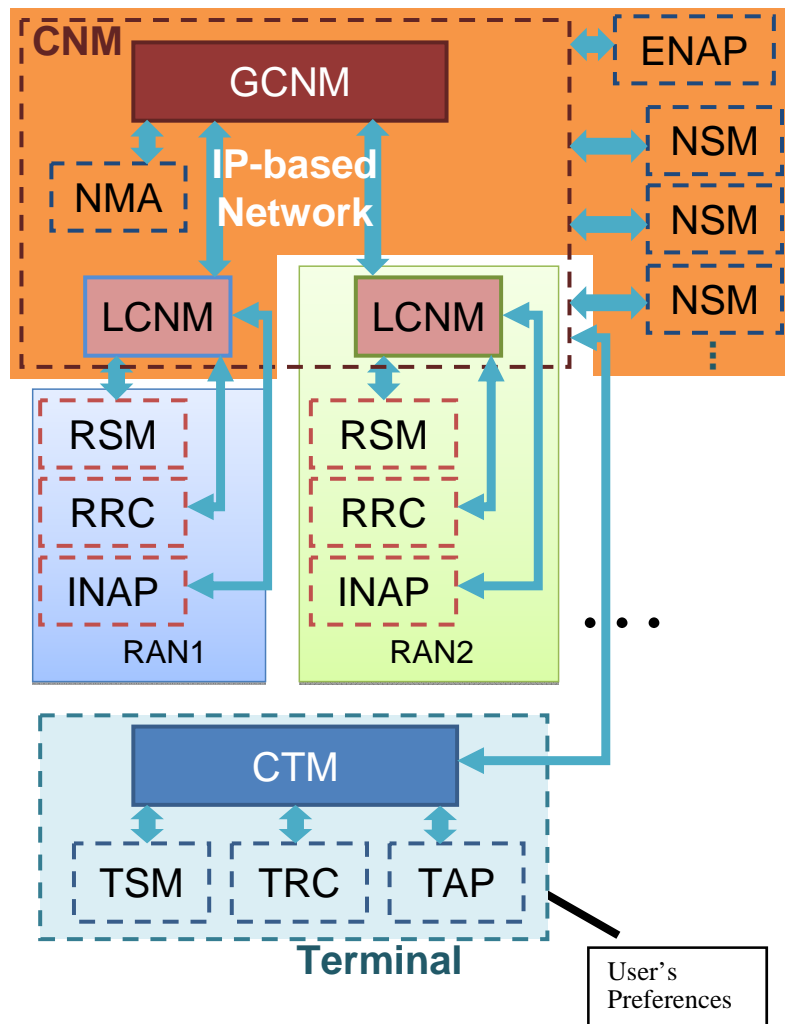
CWCで、“Always Optimally Connected”な環境を実現するには、Optimalであるかどうか判断できるだけの情報が提供される必要がある。そのため、

- Cognitive Network Manager (CNM)
 - Cognitive Terminal Manager (CTM)
- が複数ネットワークの情報を収集し、
- Cross-network signaling
- を使って情報交換する。



CWN実現に向けたシームレスネットワーク連携技術の研究開発

アーキテクチャ: 詳細



- **CNM (Cognitive Network Manager)**
無線再設定に関して、ネットワーク側の処理を行う
- **CTM (Cognitive Terminal Manager)**
無線再設定に関して、端末側の処理を行う
- **NSM (Network Statistic Manager)**
IP-based Network において、QoS情報の測定や統計値の取得を行い、CNMとCTMに提供する
- **RSM (RAN Statistic Manager)**
RAN (Radio Access Network) において、無線干渉、端末接続数、通信中の帯域等に関する測定や統計値の取得を行い、CNMとCTMに提供する
- **TSM (Terminal Statistic Manager)**
端末内において、接続先のアクセスポイントの電波強度、利用可能なアクセスポイントのスキャン結果、アプリケーションの要求やユーザプリファレンスに関して、測定、統計値の取得や情報集約を行い、CTMに提供する
- **ENAP (Exterior Network Aggregation Point)**
サブネット間のアグリゲーションを担当
- **INAP (Interior Network Aggregation Point)**
サブネット内のアグリゲーションを担当
- **TAP (Terminal Aggregation Point)**
アグリゲーションに関する端末内の処理を担当

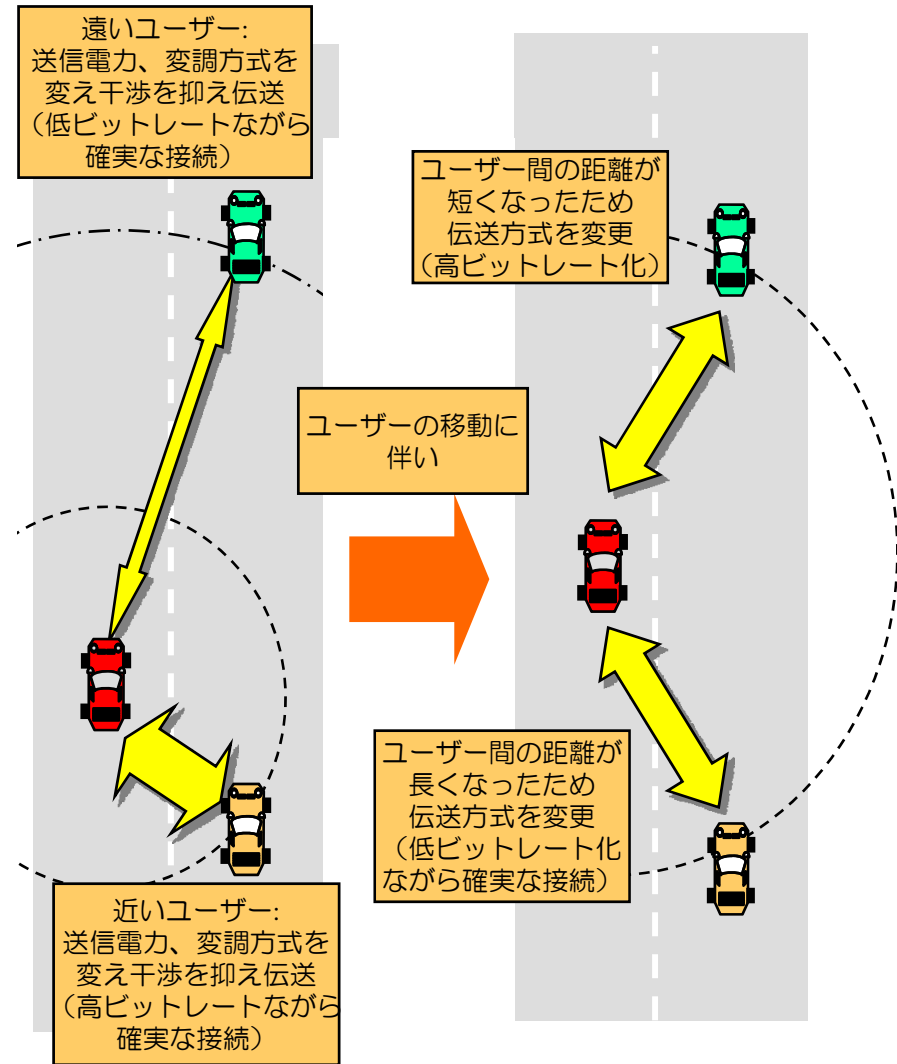
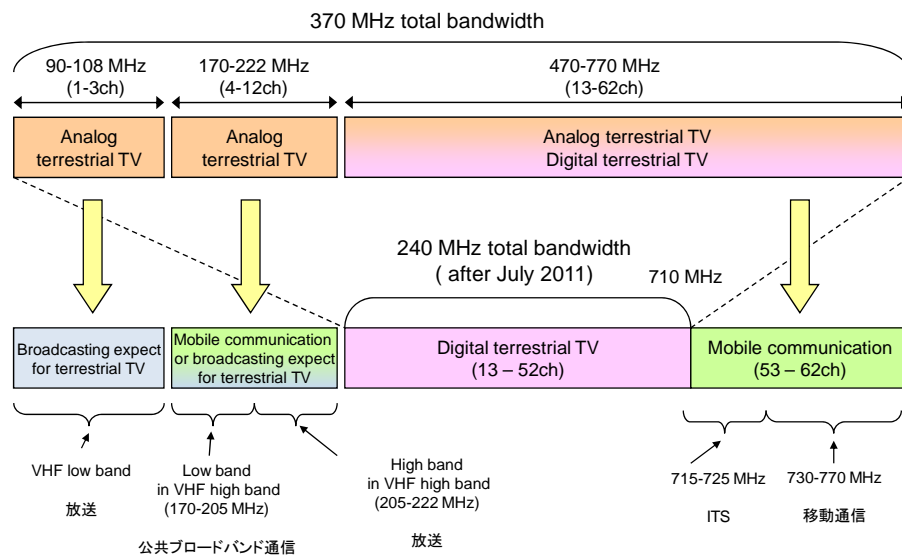
講演の概要

- 背景
- 概念
- 適用領域
- 検討課題
- ITU、IEEEの標準化動向
- NICTにおける研究開発動向/結果
- コグニティブ無線とITS
- まとめ

コグニティブ無線技術とITS アダプティブ車車間通信技術

- 状況予測を含め、高速かつ適応的に伝送方式等を変化させる技術
- 高速移動時における回線品質の補償技術
- 携帯電話等の他システムに対する干渉軽減技術

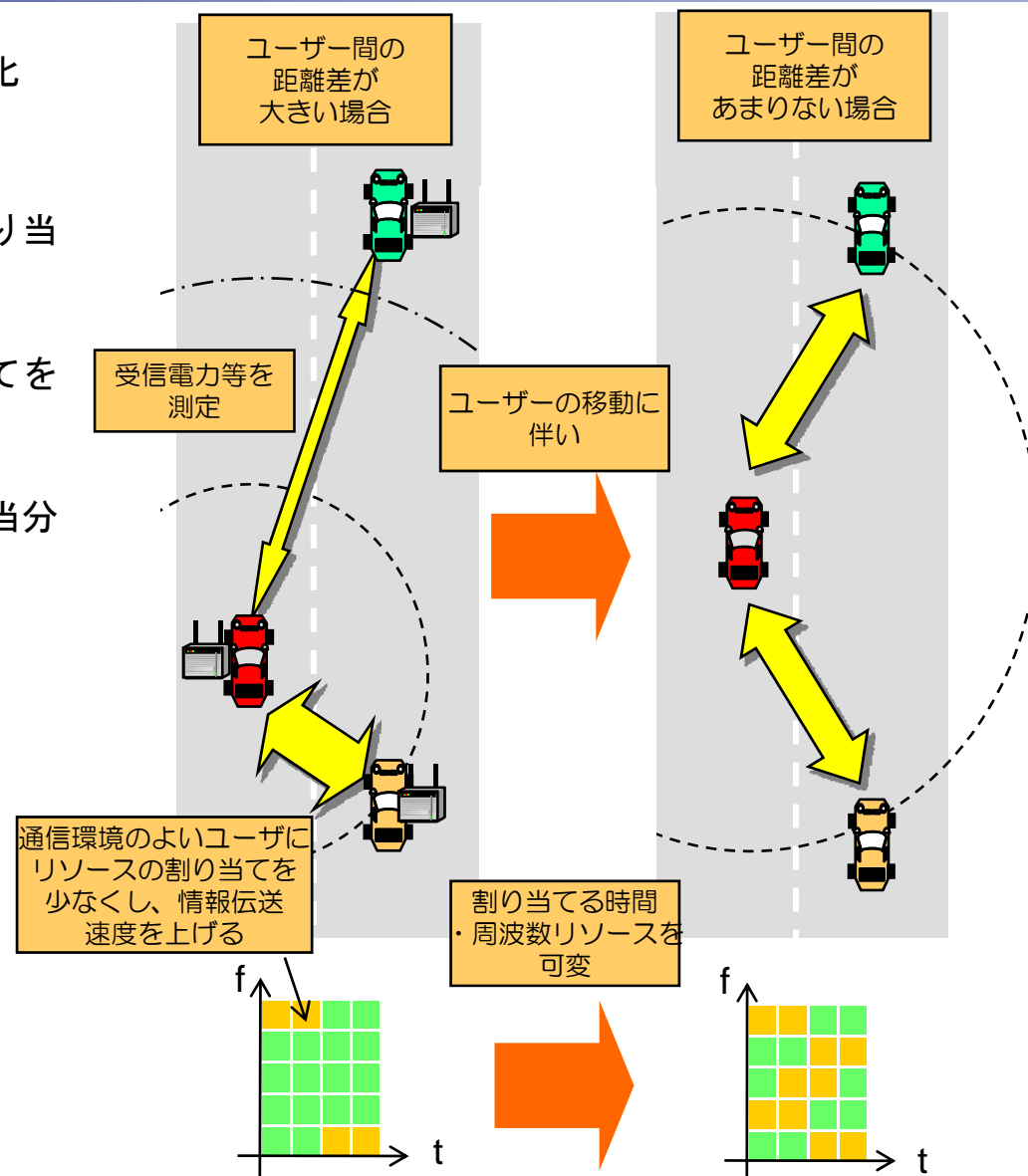
- ・対象周波数帯：UHF帯
- ・通信セル：数100m程度
- ・モビリティ：時速180km程度
- ・想定伝送レート：最大数Mbps程度



コグニティブ無線技術とITS

アダプティブ車車間通信技術にコグニティブ無線を適用した例

- 通信環境認識技術を具備した無線機を車載化
- 電波の利用環境をセンシング
- センシング結果をもとに、時間周波数の割り当てを行う
- 環境のよいユーザに時間・周波数の割り当てを少なくしそのかわり情報伝送速度を上げる
- ユーザー間で通信環境の差がない場合は、当分にリソースの割り当てを行う



まとめ

□ 背景

- コグニティブ無線: 2015年度頃をめぐりに割り当てが難しくなる周波数帯において既存システムを大きく変化させることなく、周波数有効利用を図りつつ新しく標準化されるシステムに対して周波数を割り当てるための手段

□ 概念

- 無線機が周囲の電波利用環境を認識し、その状況に応じて無線機が適宜学習等を取り入れつつ、ネットワーク側の協力を得ながらシステム内、システム間問わず複数の周波数帯域、タイムスロット、等の無線リソースならびに通信方式を適宜使い分け、ユーザの所望の通信容量を所望の通信品質で周波数の有効利用をはかりつつ伝送を行う無線通信技術

□ 適用領域

- 単一の事業者内だけでなく複数の事業者間においてもユーザもしくはオペレータ側のQoSをできるだけ高めることができるようダイナミックに周波数を割り当て、かつ出力レベルをコントロールし、干渉レベルを考慮しつつ周波数利用効率を高める必要がある適用領域に使用可能

□ IEEE、ITUの標準化動向

- ITU-WP5A, IEEE1900に関して説明を行った

□ 国内外/NICTにおける研究開発動向/結果

- UHF-マイクロ波帯で動作可能なコグニティブ無線機に必要な基礎技術は開発されつつある
- 無線機、ネットワーク側それぞれ検討が進められつつある

□ コグニティブ無線技術とITS

- 電波の利用環境の認識とリソース割り当てを加えることにより、少ない帯域でより高いスループットを実現することが期待される

連絡先

独立行政法人 情報通信研究機構
新世代ワイヤレス研究センター
ユビキタスマバイルグループ
原田 博司

E-mail: harada@nict.go.jp