



コグニティブ無線技術による
周波数有効利用に向けた
研究開発と実証実験

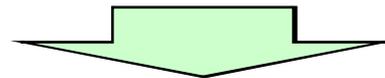
九州工業大学
電気通信大学
株式会社トヨタIT開発センター

はじめに — 成長を続ける無線需要



- ◆ 現在、世界中で使用されている無線機器は30億台超
 - 無線機器の密度は、10～100台/km²
 - 大半は携帯電話とモバイル・コンピュータ
- ◆ 無線機器およびアプリケーションの指数関数的成長
 - 2025年までに、約1,000億台(1,000～10,000台/km²)に増加すると予測
 - 特に、6 GHz以下の無線通信に好適な周波数帯域の確保が極めて困難

NSF Workshop on Cognitive Radio Networks, March 2009, Virginia, USA



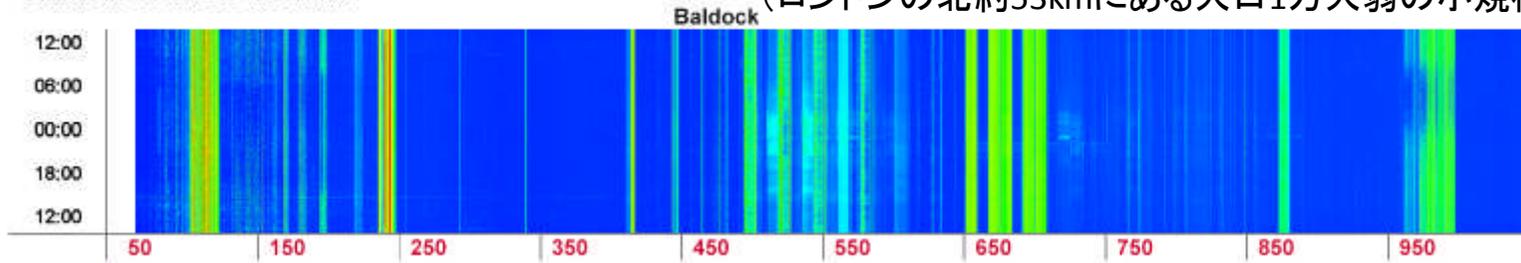
- 2～3桁の需要の増加に対応できる無線能力、技術革新が必要
- 電波の有効利用を実現する上での「中長期的な検討を要する課題」

「ホワイトスペース」: 英国の例

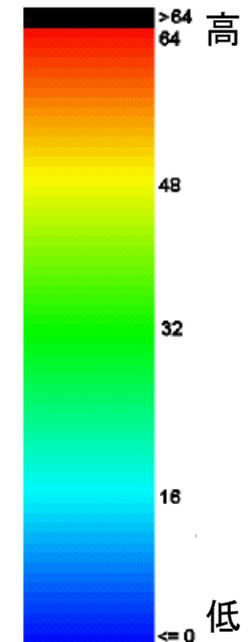


Overview: 50 MHz to 1000 MHz

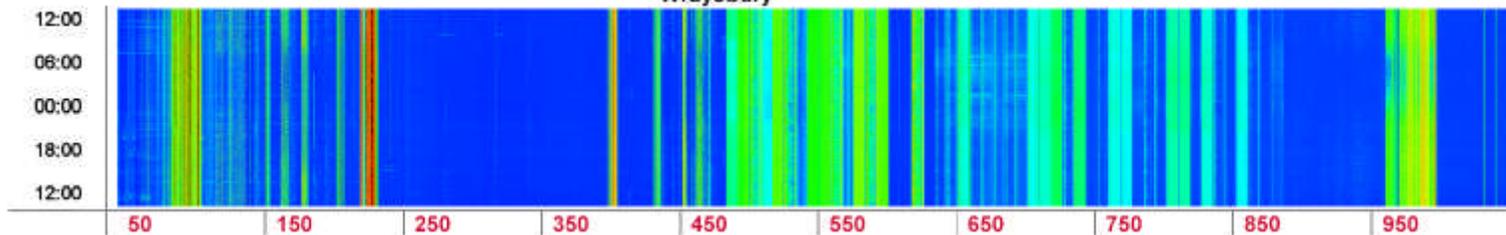
(ロンドンの北約53kmにある人口1万人弱の小規模都市)



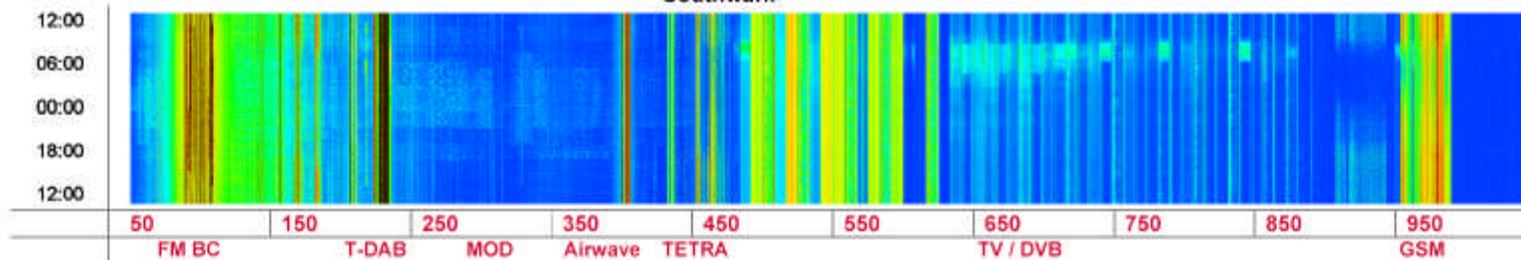
電波の使用状況



Wraybury (ヒースロー空港の近郊)



Southwark (ロンドン市街の中心地)



出典: Ofcom, "Cognitive Radio Technology", 2007年2月

(http://www.ofcom.org.uk/research/technology/research/emer_tech/cograd/cograd_main.pdf)

「ホワイトスペース」: トヨタIT開発センター及び Worcester Polytechnic Instituteによる米国での実測例



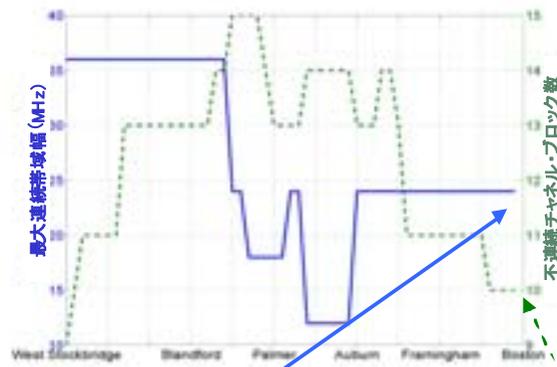
- ◆ 米国マサチューセッツ州の主要幹線道路(I-90)で利用可能なTVホワイトスペースを測定(150マイルの範囲にわたる55カ所の各箇所)
- ◆ 指定範囲内における二次利用可能なチャンネル数やその帯域幅を把握
- ◆ チャンネルを使用する上での制約を把握
- ◆ 都市部と農村部における利用可能な周波数帯の違いを把握



マサチューセッツ州内のI-90で、約2マイルおきに55カ所を選定

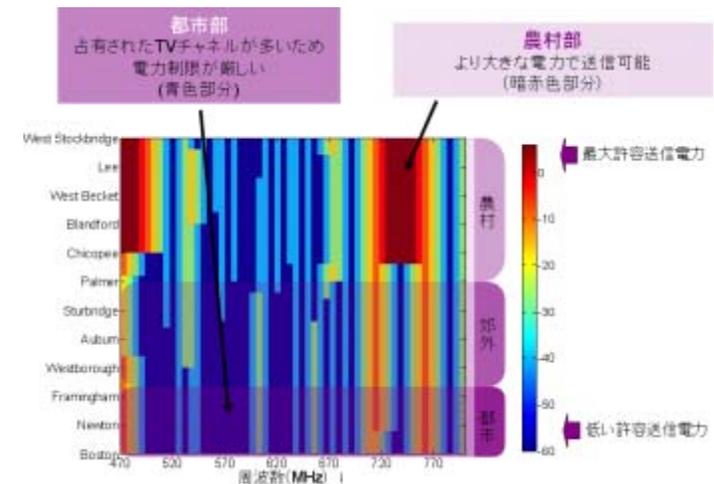


測定装置



ボストンで利用可能な最大連続帯域幅は24 MHz

ボストンで利用可能な不連続周波数帯ブロックの数は10個



2次利用における電力制限

コグニティブ無線技術による周波数の有効利用

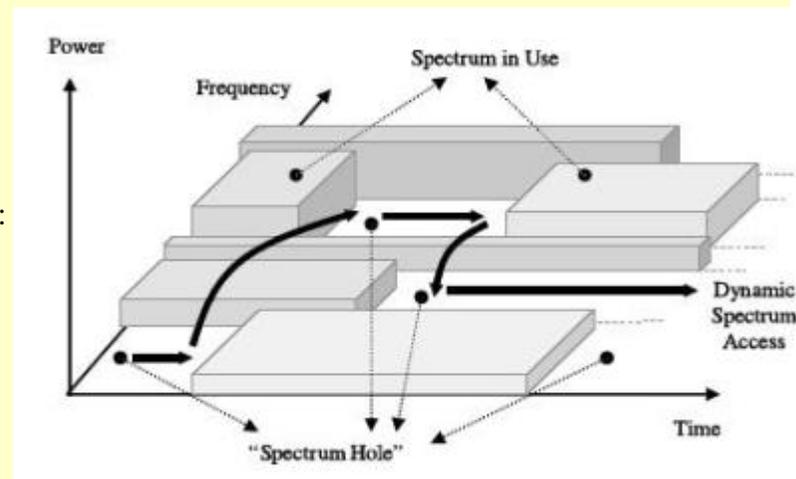


無線周波数資源を動的に再利用 ⇒ より多くの無線利用者に周波数提供

- ◆ 時間的・地理的に使用されていない周波数帯を活用
 - 必要な時に必要な分(帯域)だけを臨機応変に再利用
 - 固定的な無線周波数割当よりも実効的利用効率が向上
 - ✓ 任意の用途や無線通信方式に対応できる技術

出典

I. F. Akyildiz, W. Y. Lee, M. C. Vuran, and S. Mohanty. Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: a survey. Elsevier Computer Networks, 50(5):2127-2750, Aug. 2006.



◆ 本技術の効果的活用シーン

- 常時接続の必要性がない場合
- 必要とする通信帯域が状況・時間・空間によって大きく変化する場合
- 多種多様な多くのトラフィックが混在する場合
- 緊急時等における重要な通信を優先して確保する場合

コグニティブ無線技術に特有の課題



◆ 多種多様な無線周波数を切り替えて共用する



一次・二次利用等のための精密な優先度・競合制御が必要

◆ 従来の無線通信システムとは異なり、通信の途中で電波の到達範囲及び伝送レートが変化する

- 電波の到達範囲は、送信電力及び符号化方式が同じであれば、低い周波数では広くなり、高い周波数では狭くなる



ネットワークのトポロジの変化を引き起こす

- より低い周波数に切り替えた場合、類似した周波数特性を持つ帯域幅が狭くなるため、広い帯域幅を確保、活用しづらくなり、伝送レートが変化する



通信品質の変化を引き起こす

コグニティブ無線技術の実現に向けて 解決すべき技術課題



◆ 下位レイヤ

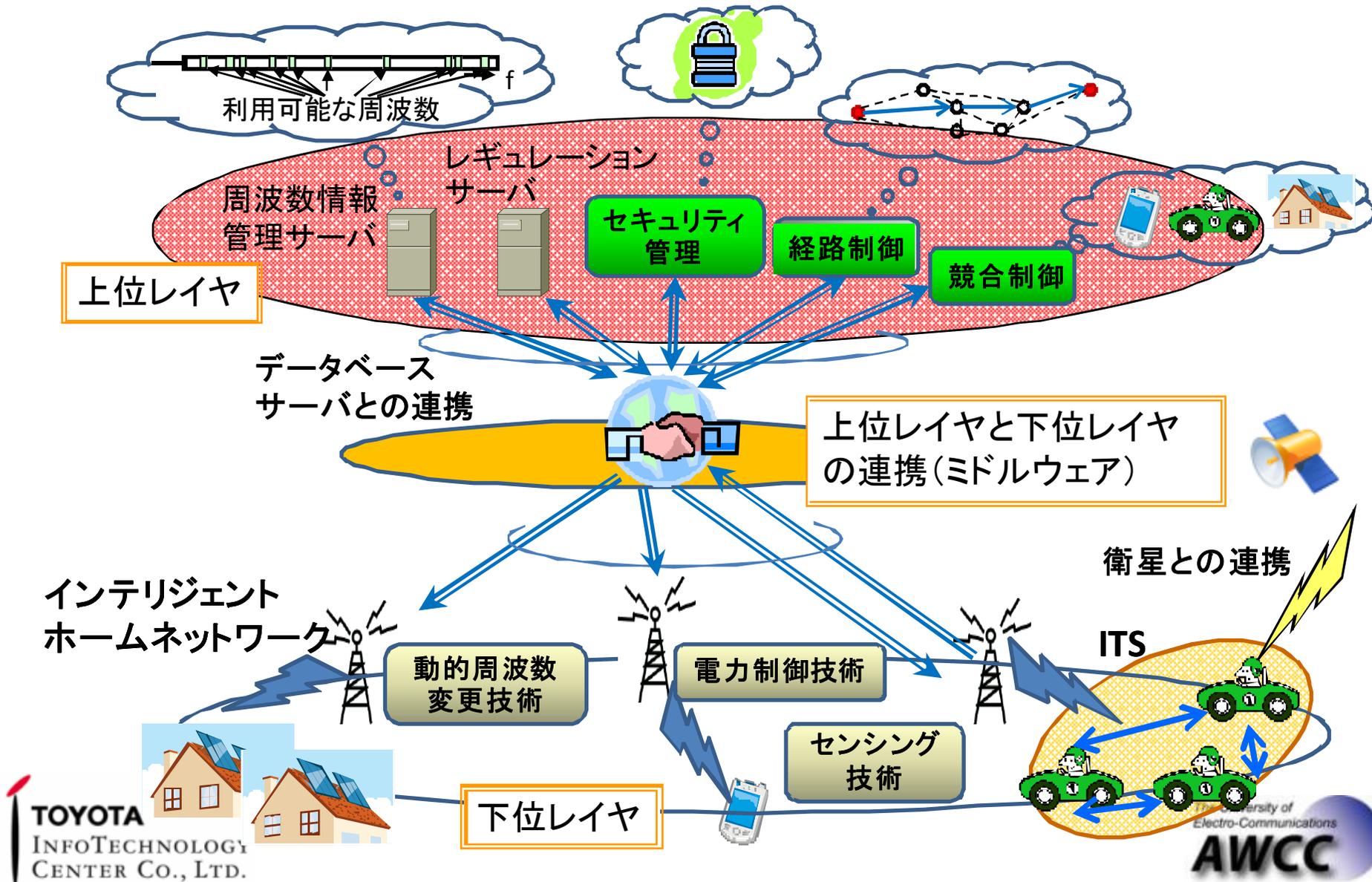
- 動的周波数変更技術
- 周波数共用無線システムに応じた送信タイミング制御技術
- データベースとリアルタイムセンシング複合利用技術
(一次利用等の確認及び保護)

◆ 上位レイヤ

- 周波数の切り替えによるトポロジの変化に対応可能な経路制御技術
- 周波数の切り替えによる伝送レートの変化に対応可能な通信品質制御技術

移動する端末との通信 (例えば、走行車両との通信)
においては、解決すべき問題がさらに複雑になる

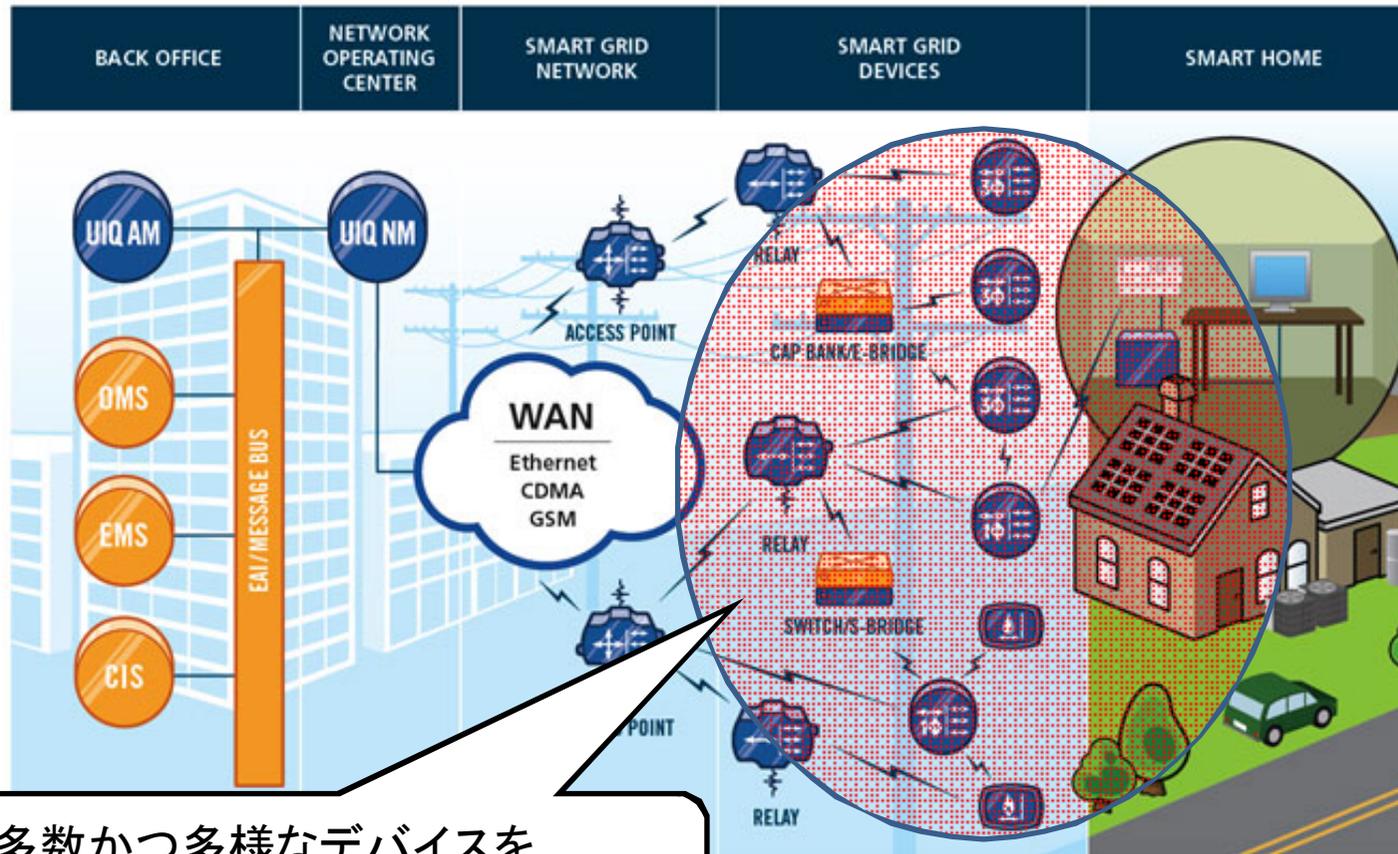
コグニティブ無線技術による システム構成イメージ



コグニティブ無線技術による 新たなサービスアプリケーション(1)



例えば、スマートグリッド、インテリジェント・ホームネットワーク



多数かつ多様なデバイスを
コグニティブ無線により柔軟に接続

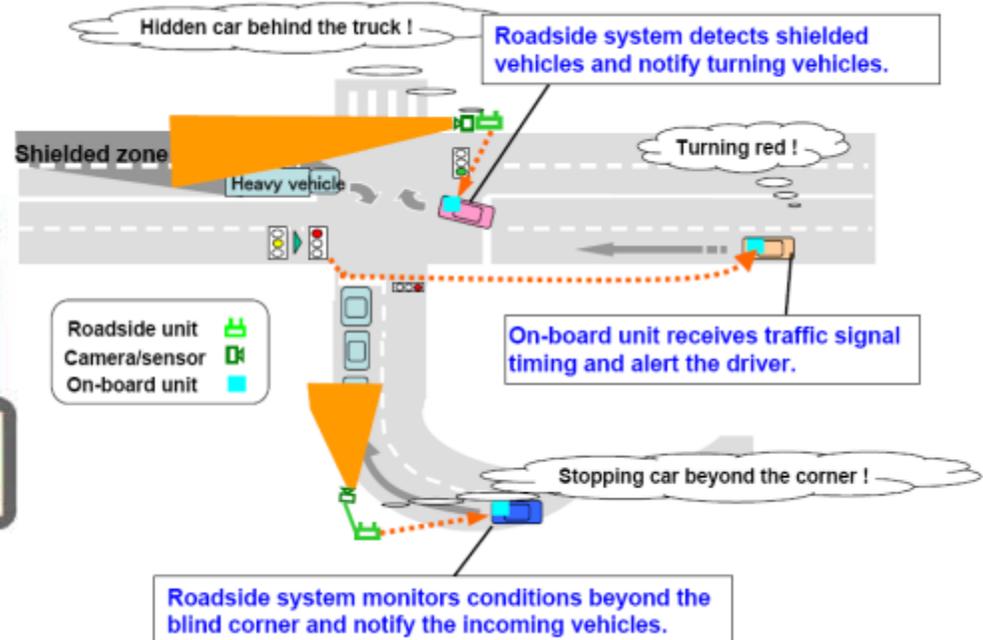
出典: earth2tech
(<http://earth2tech.files.wordpress.com/2008/04/silver-demo.jpg>)

コグニティブ無線技術による 新たなサービスアプリケーション(2)



例えば、次世代ITS

コグニティブ無線により
動的に変化する
路車間、車車間を
柔軟に接続



制御サーバ

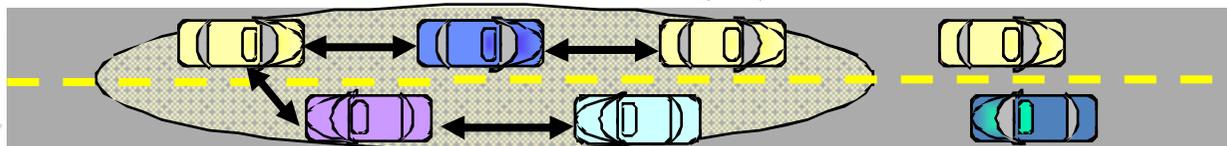


制御チャネルの
自律作成



位置情報取得

走行車両相互間でのマルチホップ



九工大、電通大、トヨタIT開発センター による共同研究



◆「次世代ITS」へのコグニティブ無線技術の適用に着目

1. 自律分散型共通制御チャンネル調整・確立手法
 - 隣接ノードと制御情報を確実かつ迅速に交換
2. マルチホップ環境における経路制御/データチャンネル割り当て手法
 - 適切な経路/通信チャンネルを状況変化に応じて選択

「競合制御」「経路制御」の要素技術

3. リアルタイムセンシングとデータベースの複合利用手法
 - プライマリ保護を確実にを行う

「センシング」及び「電力制御」の要素技術

4. GNU Radio/USRPを用いたセンシング/動的周波数決定手法の実装
 - 状況変化の迅速なセンシングとそれに応じた適切な周波数決定

「センシング」及び「動的周波数変更」の要素技術



コグニティブ無線技術の導入に向けた 研究開発と実証実験の必要性



◆ 従来の無線通信システム

- 定められた通信方式、固定的に割り当てられた周波数
- 主に低位レイヤ(物理層、MAC層)についての物理的条件を規定することで、混信、干渉を防ぐための技術基準を定めることが可能

◆ 周波数共用型コグニティブ無線技術による無線通信システム

- リアルタイムで周波数利用状況を把握した上で周波数を共用
- 上位レイヤ(周辺の周波数使用状況の把握、使用すべき周波数の決定、通信経路の制御等)と下位レイヤ(実際の電波の送受信)との連携運用



- 実証実験を通じて、上位レイヤの機能、下位レイヤの機能及びその両者の連携が適正であることを確認すべき
- 不要な混信、干渉を防ぐためには、実証実験の結果を受けて、適正な技術基準、運用ルール等を明確化すべき

九州情報通信連携推進協議会（KIAI）概要

【KIAIロゴ】



<http://www.kiai.gr.jp>



<p>設立：平成19年10月（設立3年目） *母体組織は平成11年度から活動</p>	<p>設立趣旨 組織、地域の垣根を越えた広域的な産学官連携事業の推進を図り、九州地域における高度情報化促進を目指す。 [次世代高度ネットワーク（JGN）九州地区推進協議会を母体組織とし、会員自らが地域情報化活動を実施していきける組織として発足。]</p>
<p>組織形態：任意協議会 会長：尾家祐二（九州工業大学 理事・副学長）</p>	

◆組織構成（産学官等36団体）
 [産] 九州経済連合会、情報通信関連企業<7>
 [学] 九州各県国立大学法人等<10>
 [官] 九州総合通信局、各県政令市等<11>
 [他] 情報通信関係団体（公益法人、NPO等）<8>

◆運営体制

総会 ← 副会長（九州経済連合会、九州総合通信局、各県CIO代表、(財)九州ヒューマンメディア創造センター）

↑ ← **アドバイザー** ← 九州内外有識者

--- **事業実施主体** ---

↑ ← **コーディネーター** ← 九州各県内12名

↑ ← **事務局**

連携、協力

KIAI母体組織で地域情報化活動を牽引していたメンバーをコーディネーターとして選任。事務局と一体となり具体的活動を展開。

- 九州電力（電子通信部ICT地域・国際連携グループ）
- 九州総合通信局（情報通信部情報通信連携推進課）
- (社)九州テレコム振興センター（広域連携推進室）
- (財)九州ヒューマンメディア創造センター（地域ICTプロジェクト推進課）

◆事業概要

「調査研究事業」
九州広域ICTプラットフォーム調査研究

- 九州広域防災ポータルサイトの開発
- 各県接続テレビ会議システムの実証実験
- 地理的条件不利地域における通信インフラ網構築実験
- 地域コンテンツ広域利活用調査研究





「人材育成事業」
九州内大学生等を対象とした人材育成事業を中心に展開

- 九州ICTオープンスクール
- 調査研究事業への学生参加機会の提供




「普及啓発事業」
九州地域情報化研究会
九州JGNシンポジウム

[予算規模（平成21年度）] 1,980千円
（収入）協賛金等2,105千円（繰越金655千円含）

*事業実施に必要なリソースを各会員が別途無償提供

まとめ



- ◆ 時間的・空間的に使用されていない周波数を活用する技術の導入は必須
- ◆ 技術的に解決すべき課題は依然残されている
- ◆ 実証実験を通じて、技術的な実現性を検証するとともに、適正な技術基準、運用ルール等を明確化することが必要