

最先端無線通信技術による 防災減災への取組み

独立行政法人 情報通信研究機構

スマートワイヤレス研究室 室長

原田 博司

E-mail: harada@nict.go.jp

九州ICT広域連携シンポジウムinふくおか
2012年1月27日

- 阪神淡路大震災での被災
 - ▶ 祖母宅:全焼
 - ▶ 親戚宅:ほぼ半壊、もしくは半壊
 - ▶ 自宅:一部損壊、断水、停電...
- 被災時の経験(16年後なにかがかわったか)
 - ▶ 避難所間の情報の共有が十分されていない
 - ▷ どこに支援物資があるのか
 - ▷ だれがどこにいるのか
 - ▷
 - ▶ 劣悪な仮設住宅の環境
 - ▷ 情報を得る回線が十分でない
 - ▶ 震災経験の風化
 - ▷ 1年も経つとすぐに忘れてしまう(当事者以外)、本当は1年以降からが重要
- 自身の経験
 - ▶ ICTが十分利活用されていない
 - ▶ あんたでんきやってるけどいっこもやくにたたんね(母親)
 - ▶ 次こそはなんとか



阪神淡路大震災 1995年1月17日午前5時46分 死者6,434人
(写真 神戸市長田区)

写真 <http://blogs.yahoo.co.jp/namiki21kamiida/20159793.html>

- 震災により多くの携帯電話基地局が被災し、使用不可になった
- 携帯電話キャリアの復旧に対する時間の差が大きかった
 - 復旧に時間のかかるキャリアの端末を持っているユーザはいつまでたっても電話をかけることができない
- どの携帯電話キャリアがつかえるのか情報が十分伝わっていない
- つかえない(つながらない)携帯電話キャリアの携帯電話もっていてもただの鉄の塊をもっているに過ぎない

災害時において、どの携帯電話キャリアが復旧しても、どの携帯電話会社の端末を使っても通信ができる無線通信ネットワークシステムを構築する必要がある



遠野市より大槌町への道

- 本講演では、

- ▶ 東日本大震災後に構築した最先端無線通信技術(具体的には高度電波監理技術)を利用した「災害支援通信ネットワーク」の紹介
- ▶ 紹介のポイント
 - ▷ なぜ構築をしないといけなかったのか？(通信インフラ会社でやればいいのか？)
 - ▷ 通信インフラ会社でもない我々がどのように展開、構築していったのか
 - ▷ 構築の上ででてきた様々なジレンマ、社会的(構造)問題を紹介し、皆さんと共有し、今後の災害支援を行う上での参考としていただきたい

- ネットワークの復旧は、災害対策本部等の官庁系のネットワーク復旧が最初で避難所等(特に大規模被災をした場所)のネットワーク復旧はあと
 - ▶ しかし本当に必要なのは大規模被災した場所の避難者の方々⇒早急に対処を
- 神戸の震災の経験よりできるだけ避難所等へ共有の(フリーの)インターネット接続網を構築したかった
 - ▶ インターネットさえつながれば、被災地外に情報発信、被災地外からの情報収集ができる
 - ▶ 避難所間の情報共有も可能
 - ▶ 情報をえることによる心の安定
 - ▷ 被災すると復旧まで長期戦、数年は覚悟しないといけないので、まずは心の平穏さをとりもどすことが重要
- 税金を使わせていただいている研究所(これも国立大学にもいえることだが)が、研究成果をこのような有事に結果をだせなくて本当によいのか

なぜ我々なのか？

(通信インフラ会社にまかせればよいのでは)

- 被災地において通信会社A社のネットワークの復旧が早くつながり、別の通信会社B社のネットワークの復旧は遅くつながるまでに時間がかかる
- では通信会社B社の端末で通信会社A社のネットワークにつなぐことができればいいのでは
 - ▶ 現実的にはむり
 - ▶ 通信インフラ会社は自分のことで精一杯、他の通信インフラ会社の面倒までみてられない
 - ▶ 本音は “でも有事ですよね” なんとかならないのですか？
本日のキーワード
 - ▶ だれかがやらないといけない

被災時のネットワークの状況

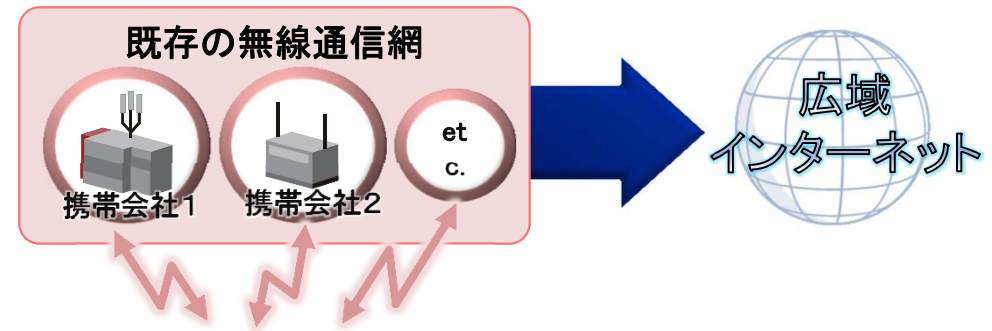
- 被災時、全く電波が入らない！！電波があるかどうかもわからない！！
- 有線のネットワークの復旧はかなり時間がかかる！！
- 皆さんがアクセスするためできるだけブロードバンド(広帯域)回線が必要！！



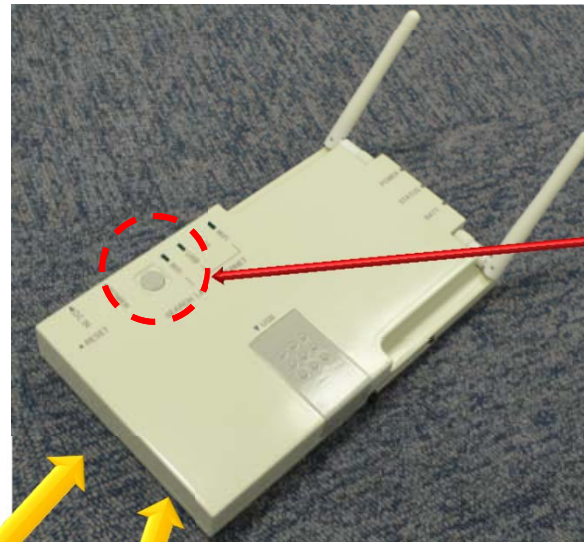
必要となる通信システム

- 使える通信システムをかってにさがしだして自動的にインターネットに接続できる無線機
- 空いている周波数を勝手に探しだして通信を初めて自動的にインターネット接続できる無線機
- 携帯電話の機種にかかわらず、接続可能な無線機(A社でもB社でもつながる)
- がれきの下に入ってしまった場合で、死にそうになったときに、最後に1秒でも“私はここにいる”と叫んでくれる無線機

- どの携帯電話会社の端末もつながるように可搬可能な、設定の容易な無線基地局を作る
- この無線基地局自身が自分で利用可能な電波を探しだして自動的に通信し、なんとか無線だけでインターネットに接続する
- この無線基地局は一般利用者に対して、どのような端末(携帯、ゲーム機、パソコン)でもできるだけつなぐことができるようにする
- たくさんこのような無線機をばらまくと、どんな電波をつかっているかわからないし、余震等で故障した場合も把握できない⇒なんらかの無線機の管理機能も必要



- ユーザーとの間は無線LAN (WiFi) で通信
- Skype等による音声通信からデータ通信が可能
- つながる端末もWiFi接続ができればよい。携帯電話(スマートフォン)、PC、ゲーム機(NITENDO DS等)等接続可能



- このボタンをおすことにより、既存の無線通信網を自動で認識、どの回線が生き残っているかを調べる(コグニティブ無線技術)
- 生き残った回線に接続し、自動的にインターネットに無線のみで接続

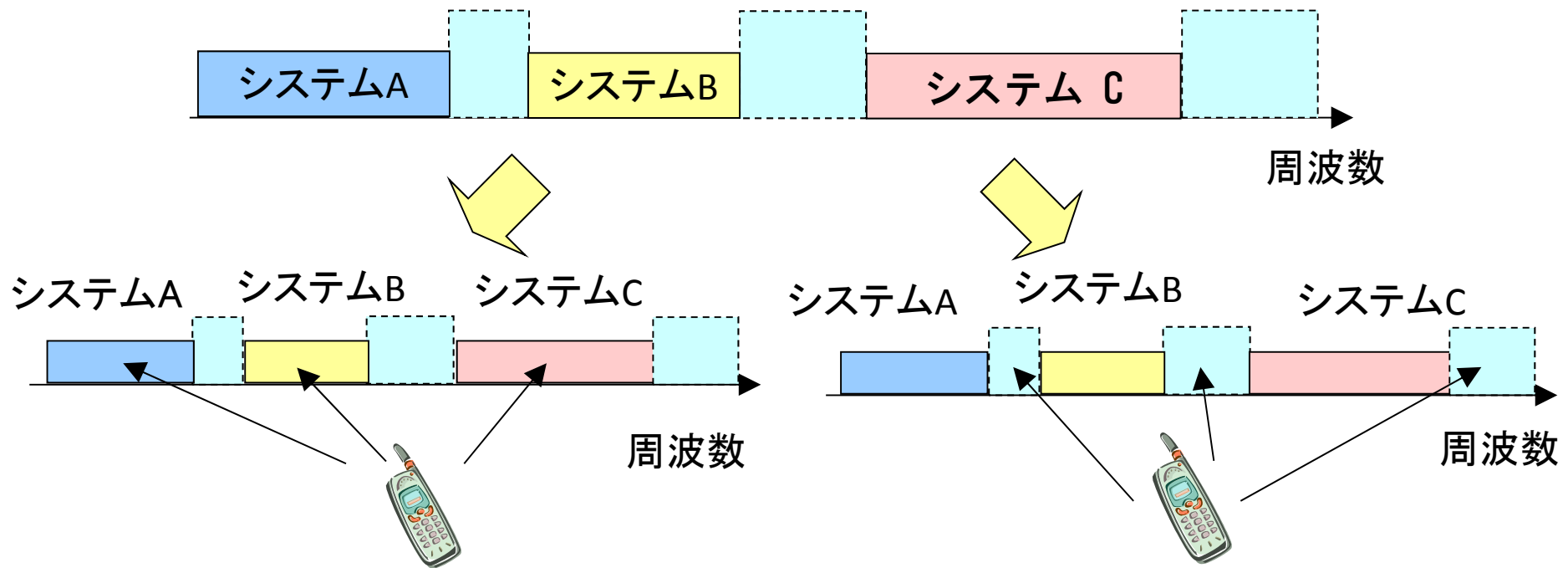
- 電源なしでも数時間動作可能なバッテリーを搭載
- 電源さえあればどこでもインターネット接続環境を構築することができる(有線接続いらず)

無線LAN



無線機が周囲の電波環境を認識し、その状況に応じて、他のシステムに干渉を与えることなく、周波数帯域、タイムスロット等の無線リソースを適宜利用することにより、利用者が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

未割り当てもしくは未使用のため空いている周波数



(a) ヘテロジニアス型コグニティブ無線技術

(b) 周波数共用型(ホワイトスペース型)コグニティブ無線技術

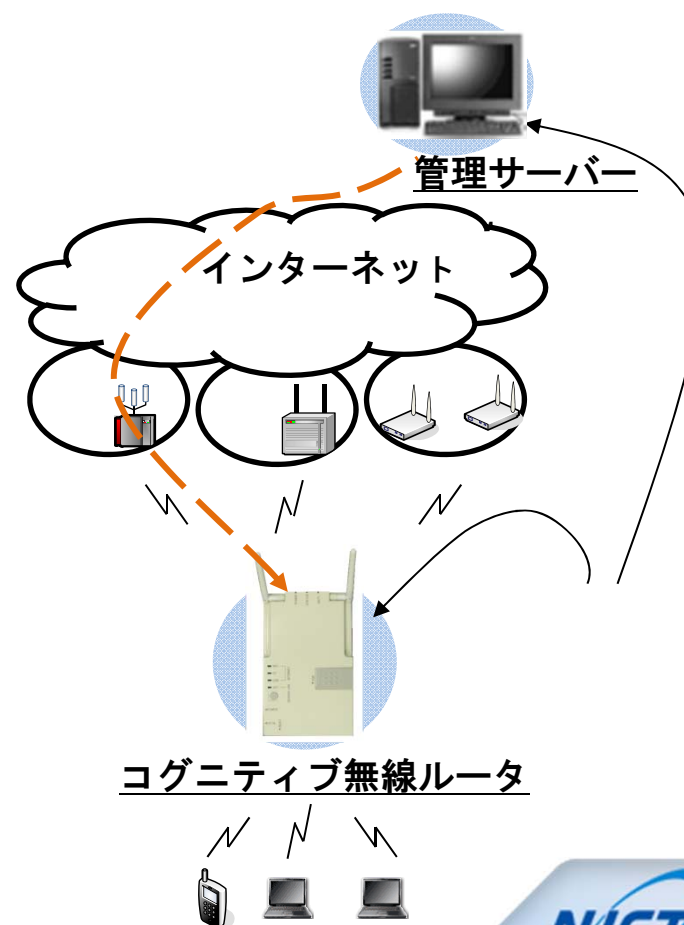
無線機が既存の通信システムを認識し、その結果に基づき利用者の必要とする帯域幅を既存システムで確保し、通信を行う

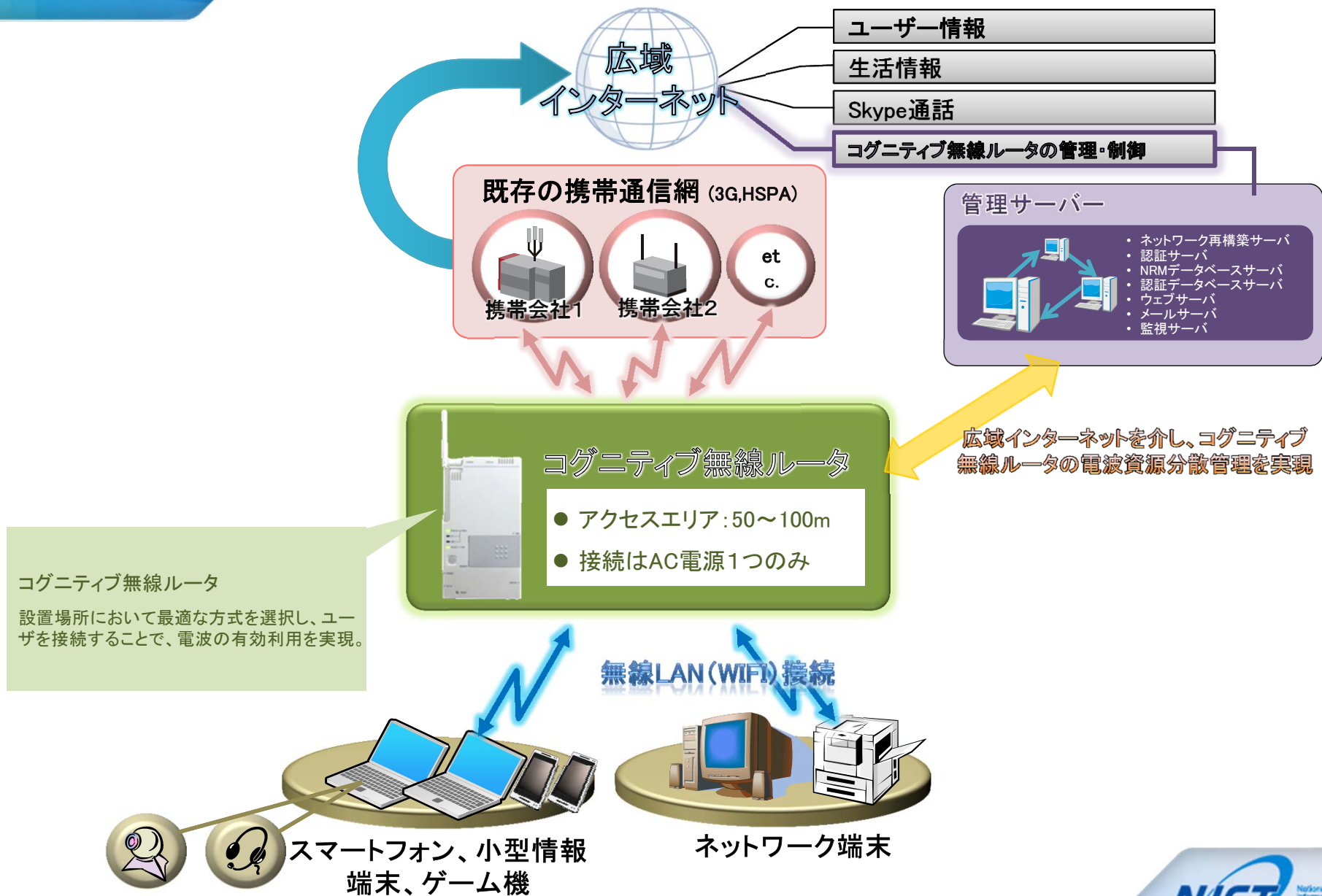
無線機が空き周波数、時間帯を認識し、その空き周波数/時間を使って、必要な帯域を確保し通信を行う

- 各コグニティブ無線ルータは利用すべき通信システムを自分で決定
⇒場合によっては他の通信システムに影響、干渉を与えているかもしれない
⇒各コグニティブ無線ルータで接続可能な無線通信システムをすべて管理しておきたい
- 各コグニティブ無線ルータがどれくらいの通信量の伝送を行なっているかわからない、場合によっては、もっと適切な無線通信システムが、“各無線ルータからはみえないかもしれない”があるかもしれない
 - ▶ 通信量が小さい⇒無理してブロードバンド回線を使う必要性はない
 - ▶ 通信量が多い⇒もっとブロードバンド回線を

各コグニティブ無線ルータを管理するサーバ(管理者)を用意して、そのサーバ(管理者)に各コグニティブ無線ルータの情報をレポートさせる。管理者はそのレポートから各コグニティブ無線ルータが使用すべき通信システムを決定

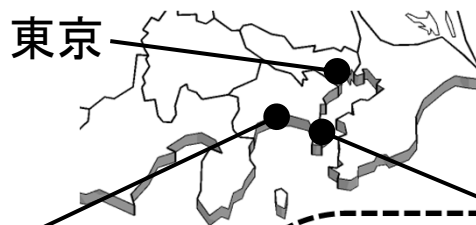
コグニティブ無線ルータの周波数センシング情報、通信トラヒック情報はネットワーク側のサーバに伝送。その情報をもとにコグニティブ無線ルータで利用する無線通信システムを遠隔操作で変更可能。(方式は米国で標準化済、IEEE1900.4)





テストベッドによる評価

藤沢市市内全域に約500個のコグニティブ無線ルータを配備、ユーザは無線LAN接続端末さえ持てば、自由にインターネットにアクセス可能



コグニティブ無線ルータからの情報はすべて管理するとともに、無線ルータが使用する無線通信システムを自由にコントロール

藤沢市

横須賀市



大学、博物館、学校、レストラン、病院、スポーツ施設、ショッピングモール、等

NICTが考案した電波資源分散管理方式により、コグニティブ無線ルータの無線システム選択を制御



500個のコグニティブ無線ルータ

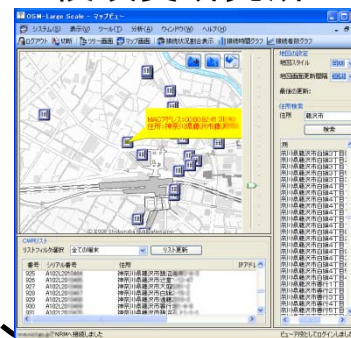


一般から募集する実験参加者が、自らのモバイル端末を使用してインターネットに接続。



管理システム

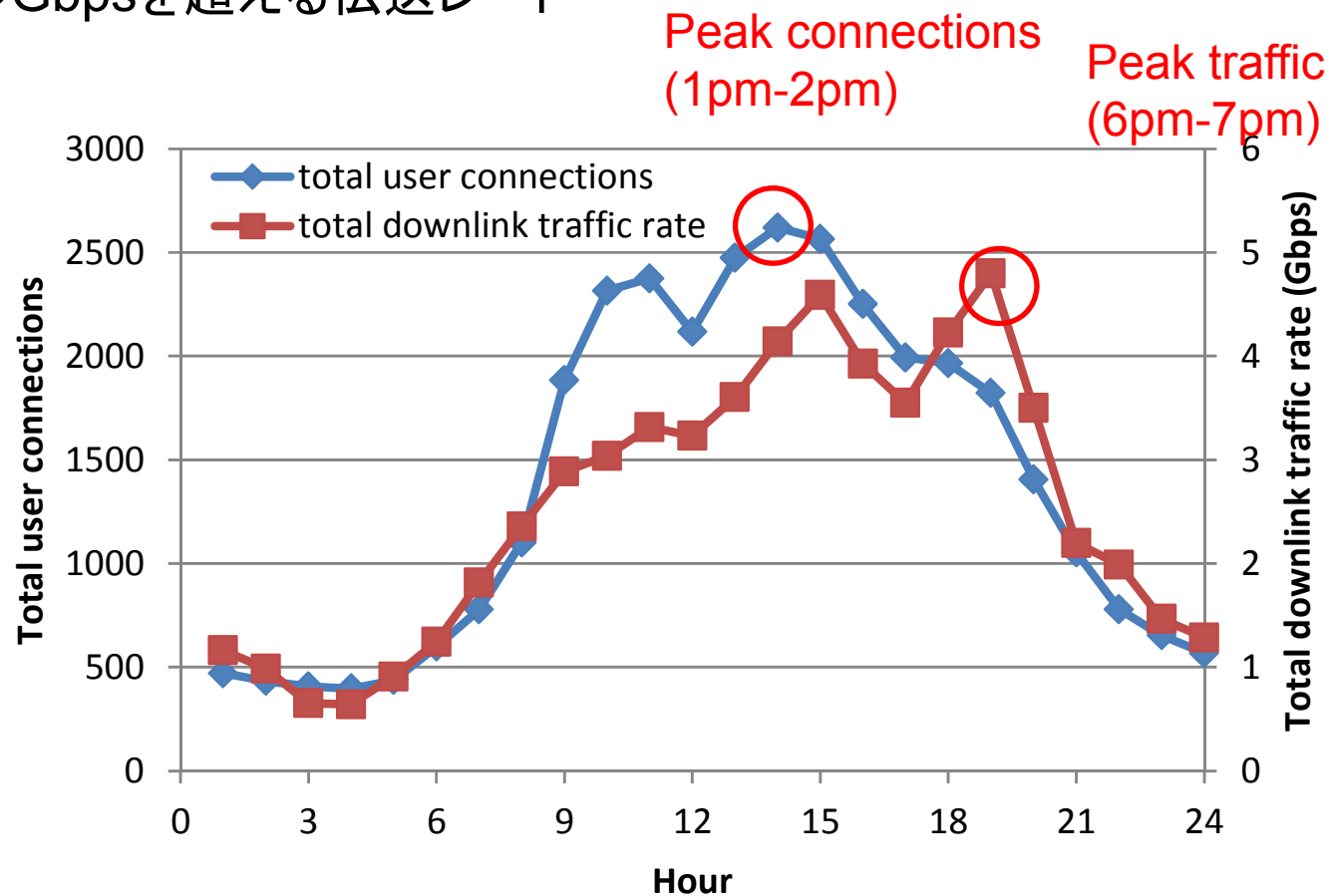
独立行政法人情報通信研究機構
横須賀研究所



ネットワーク再構築サーバ
 認証サーバ
 NRMデータベースサーバ
 認証データベースサーバ
 ウェブサーバ
 メールサーバ
 監視サーバ

一日あたりのユーザー接続数、平均総トラフィック量の例 時間平均

- 1800人以上の利用者を収容(2011年4月時点)
- 最大で一日あたり最大2500接続
- トータルGbpsを超える伝送レート



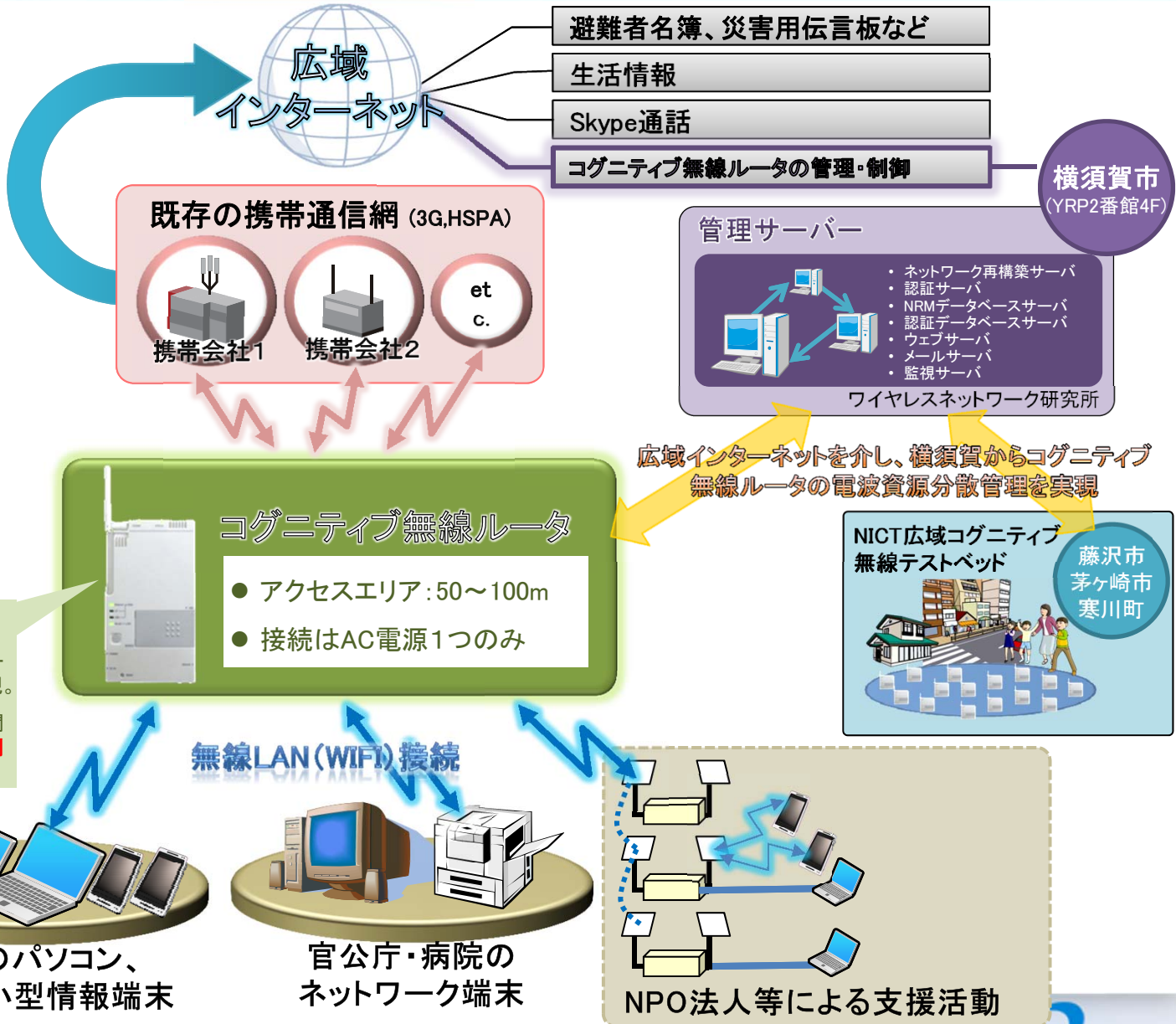
4月におけるユーザーの接続数及びダウンリンクのトラフィックの伝送量

東日本大震災での取り組み

ヘテロジニアス型コグニティブ無線基地局 (コグニティブ無線ルータ): 震災地への展開

展開先の決定方法

- 岩手県、福島県、宮城県、NPO法人からの情報に基づき、自治体の選定
- 当該自治体災害対策本部で避難所情報入手
- 選定候補の避難場所にて代表者と交渉し、設置
- * 避難場所でのニーズ、他機関の支援との重複に配慮



コグニティブ無線ルータ
設置場所において最適な方式を選択し、ユーザを接続することで、電波の有効利用を実現。
昨夏より、500台のルータを藤沢市内に展開し、実証実験を実施中。**横須賀からの遠隔制御、実利用に問題がないことを確認済み。**

コグニティブ無線ルータ

- アクセスエリア: 50~100m
- 接続はAC電源1つのみ

広域インターネットを介し、横須賀からコグニティブ無線ルータの電波資源分散管理を実現

NICT広域コグニティブ無線テストベッド
藤沢市 茅ヶ崎市 寒川町

無線LAN (WIFI) 接続

- 避難所のパソコン、被災者の小型情報端末
- 官公庁・病院のネットワーク端末
- NPO法人等による支援活動

震災対応の経過(初動時)(1/2)

3 月	3/11(金)	震災発生.
	3/15(火)	● スマートワイヤレス研会議で無線ルータの供出を決定し、藤沢市で実用化実験中の機材回収に着手.
	3/16(水)	● 10台のコグニティブ無線ルータを回収.
	3/29(火)	● 追加の50台のコグニティブ無線ルータ回収
4 月	4/1(金)	● 遠野市やNPO法人より支援要請. ● 岩手県立大 吉本教授に現地でのNICT職員への支援を要請.
	4/2(土)~4/3(日)	● ルータ(20台)について調整及び動作確認.
	4/4(月)	● ルータ(13台)などを携行し、NICT職員研の2名が岩手県遠野市に移動. ● 翌日以降の機材展開について遠野市その他の関係者と調整. ルータの仮設置および動作試験実施.
	4/5(火)	● 大槌町安渡小 にルータ設置. 避難者への情報提供等に使用.
	4/5(火) ~4/7(木)	● 大槌町、宮古市等の災害対策本部と避難所を巡回し、情報収集.
	4/7(木)	● 岩手県庁およびその関係者と今後の活動について打ち合わせ. ● 大船渡病院 にルータを設置し、通信回線提供.
4/8(金)	● 前日夜の余震に伴い被災地支援拠点である遠野市健康福祉の里のインターネットが停止. ● コグニティブ無線ルータ2台にて、 市役所 と 災害対策本部 のインターネット機能を維持. ● 藤沢市から追加でコグニティブ無線ルータの回収を完了. 合計76台のルータを確保. ● さらなる設置作業に備えて支援業者を選定、調整.	

- コグニティブ無線ルータをどこにもっていいのかわからない
 - ▶ 宮城、福島、岩手???
- 災害対策本部に聞いても避難所の状況がわからない
 - ▶ 災害対策本部も被災、安定化していない
 - ▶ 現調査するにも被災地が400kmにわたり被害が大きく、かつ交通網が整っていないため、車で移動してすぐ調査とはいかない
- 設置の許可をえるのが難しい
 - ▶ コグニティブ、あやしい!! ⇒技術の説明が必要
- 活動資金が十分えられない ⇒「有事だから手放しで支援を」は通じない
 - ▶ 普段からの研究内容の十分な説明不足

大規模展開できないことへの大きなジレンマ

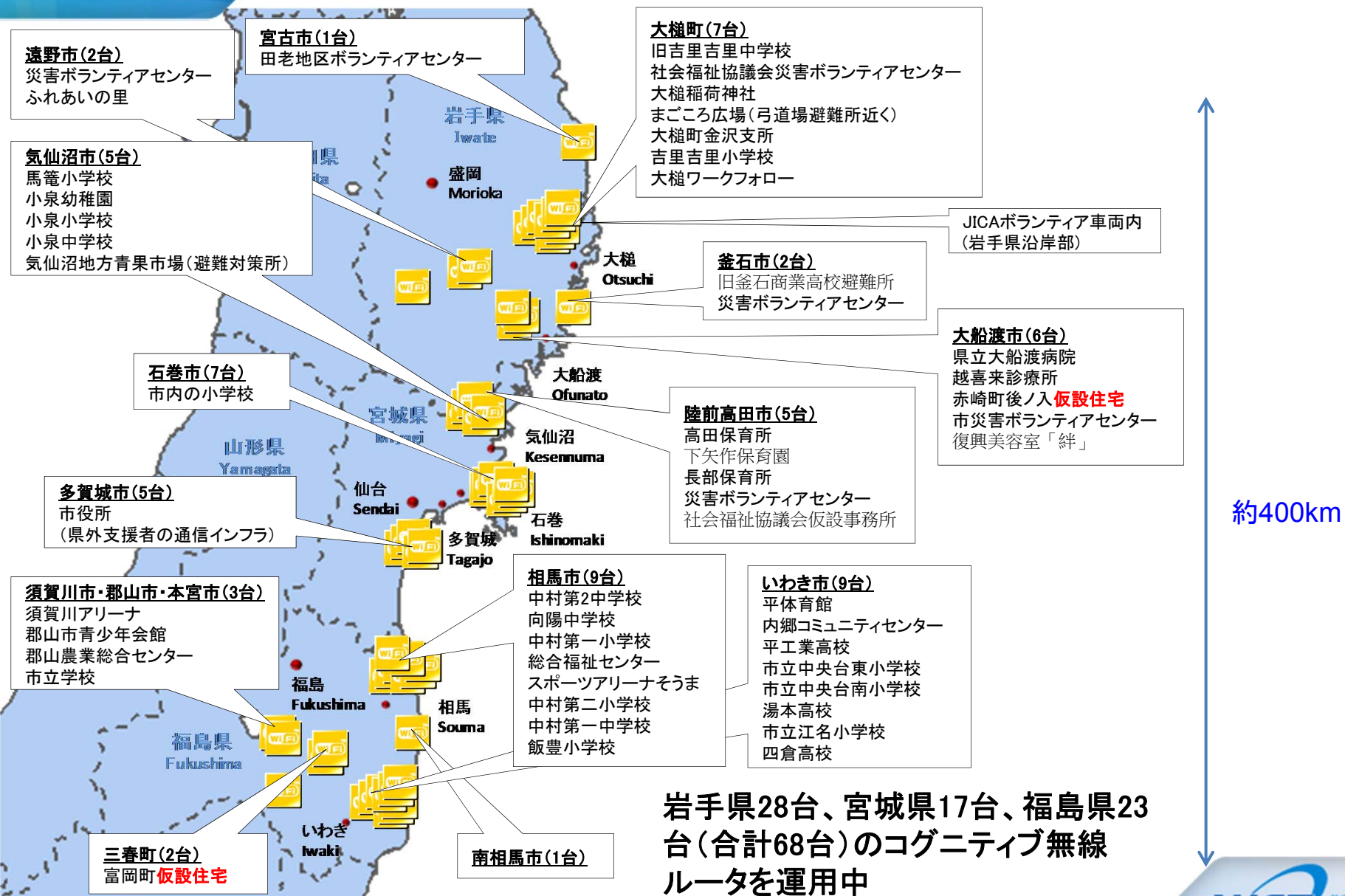
震災対応の経過(初動時)(2/2)

4 月	4/11(月)	岩手県より支援要請。大船渡市リアスホール事務室と釜石市旧釜石第一中にルータを各1台設置。
	4/12(火)	陸前高田市長部小・広田小、大槌町寺野弓道場、山田町山田北小にルータを各1台設置。
	4/13(水)	報道発表。ルータ(20台)追加発送決定。陸前高田市下矢作小学校にルータ設置。
	4/14(木)	大船渡市綾里地区コミュニティ施設と越喜来診療所にルータを各1台設置。
	4/15(金)	遠野市健康福祉の里にルータを1台設置。
	4/16(土)	遠野市ふれあいの里(北大医療団拠点)と災害ボランティアセンターにルータを各1台設置。
	4/17(日)	遠野市日赤救援本部(福祉の里内)と大槌町社会福祉協議会ボランティアセンターにルータを各1台設置。
	4/19(火)	福島県より支援要請
5- 6 月	4/25(月)-26(火)	福島県相馬市、須賀川市、郡山市にルータを計11台設置
	5/3(火)-4(水)	福島県いわき市にルータを計10台設置
	6/8(水)-9(木)	宮城県多賀城市、気仙沼にルータを計13台設置

- 報道発表に対するわれわれのジレンマ
 - ▶ もともと売名行為で報道発表をおこなったのではなく（国立の研究所なら当然）展開先がわからないのでしかたがない
 - ▶ でもわかってもらえるだろうか
- 震災から時がたつことによるジレンマ
 - ▶ 被災者は、時がたつにつれ忘れ去られ、現状復帰できるものとできないものがでてくる。とくに復帰できない人は、わすれられることによりますます過酷な状況に陥る（仮設住宅対策等）
 - ▶ 実は震災後6ヶ月後以降数年にわたる支援がかなり重要
 - ▶ 携帯電話復旧してもみんな携帯料金すぐにはらえるの？
 - ▶

神戸の震災の教訓はまるっきりいかされていない

コグニティブ無線ルータ設置状況(岩手県、宮城県、福島県) (平成23年9月7日現在)



岩手県28台、宮城県17台、福島県23台(合計68台)のコグニティブ無線ルータを運用中

被災地展開の様子



インターネット接続に用いたコグニティブ無線ルータ



ワイヤレスクラウドサーバで見える情報

表示項目
・接続オペレータ名
・トラヒック（赤：非常に混雑、黄色：ノーマル、灰色：使用頻度が低い）



赤色表示の場合は、他のオペレータの状況もコグニティブルータからレポートさせ必要に応じてネットワーク側からルータに変更要請/もしくは強制変更

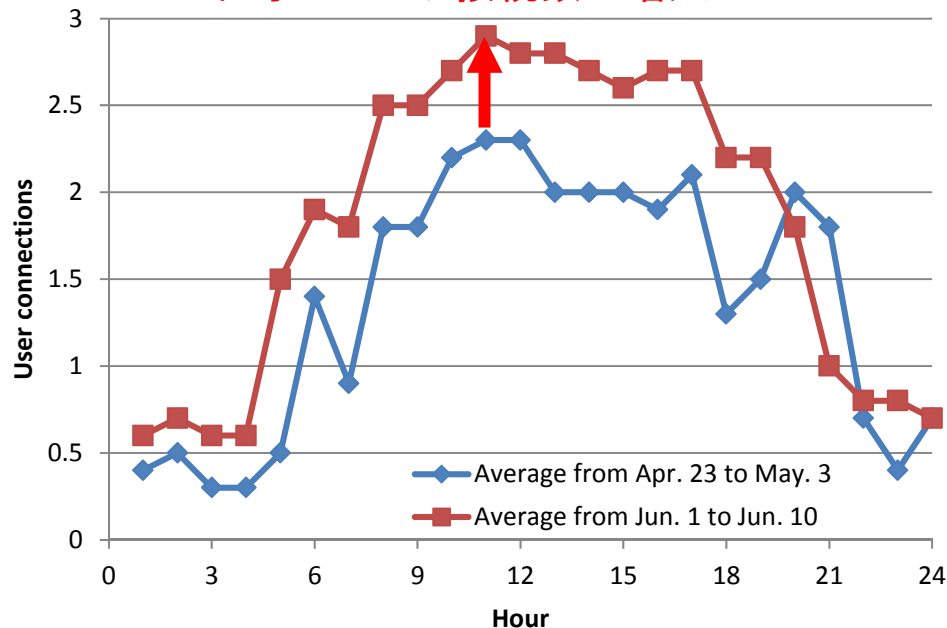


端末を操作して様々な情報を求める被災者の方々

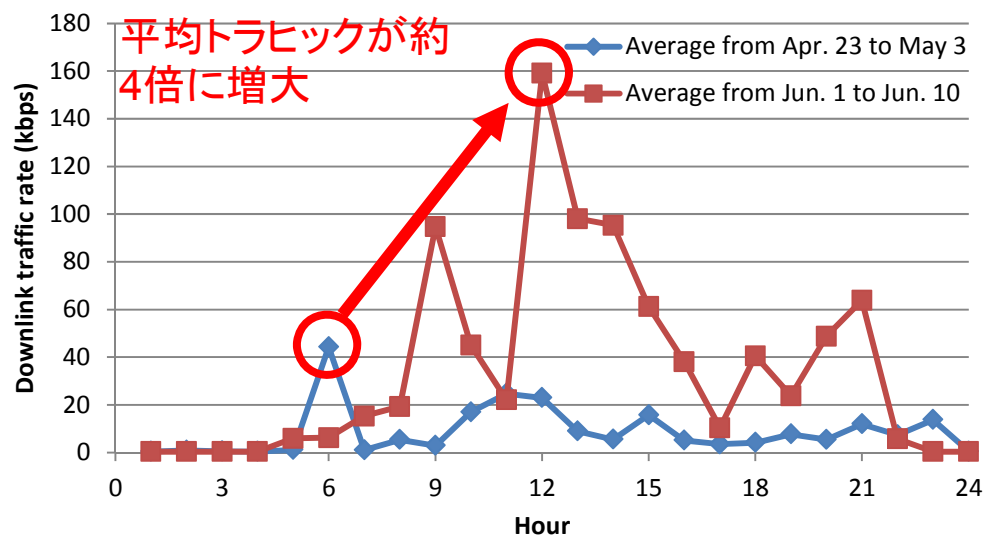
- こんなに早くインターネットが復旧するとは
- こんな津波がきていたんだ
- 近親者に連絡がとれました
- B社の携帯電話をもっているけど、復旧はまだ復旧されていなく、この基地局につなげるとインターネットに繋がる
- 小型なので、この地域のネットワークが復旧が終わるとどんどん他の地域に容易に展開できる
- ポケモンがとれる(ゲーム機も簡単につながるので)
- ここに来るとネットワークにつながるので学校帰りによる
- お金がなく、一家の携帯電話代を払う余裕がない。でもここにすれば無料でインターネットにつながるのよ(注:利用者からはお金をいっさいとっておりません。なぜなら“有事”ですから)

平均ユーザー接続数、平均トラフィック量の例 時間平均

平均のユーザ接続数は増大

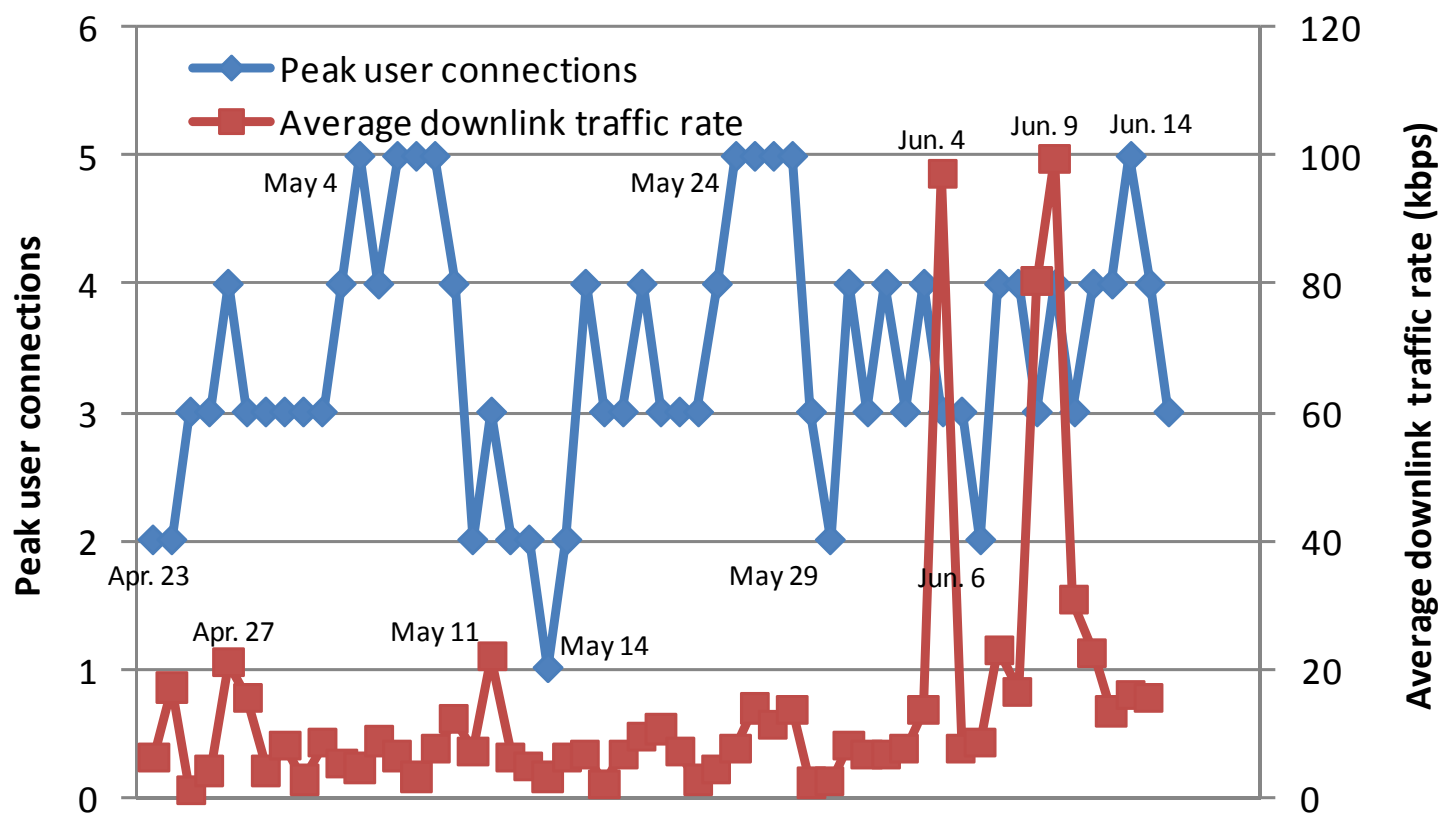


平均トラフィックが約
4倍に増大



- 60名の被災者のかたを収容している避難所(体育館)の例
- 以下の期間において、平均のユーザ接続数と平均トラフィック量を測定
 - ▶ Apr. 23 to May 3, 2011
 - ▶ Jun. 1 to Jun. 10, 2011
- ユーザ接続数、平均トラフィック共に増大
 - ▶ インターネットアクセスに対する要求が時間が経つに連れ増大
 - ▶ 震災後時間がたつにつれ必要性は増大
- 統計量を解析することにより生活パターンがわかり、そのパターンに応じた決めの細かい復旧支援ができる可能性

- 60人程度の避難所では平均ユーザー接続数が5名程度で、極めて安定な品質で情報の供給が行われている

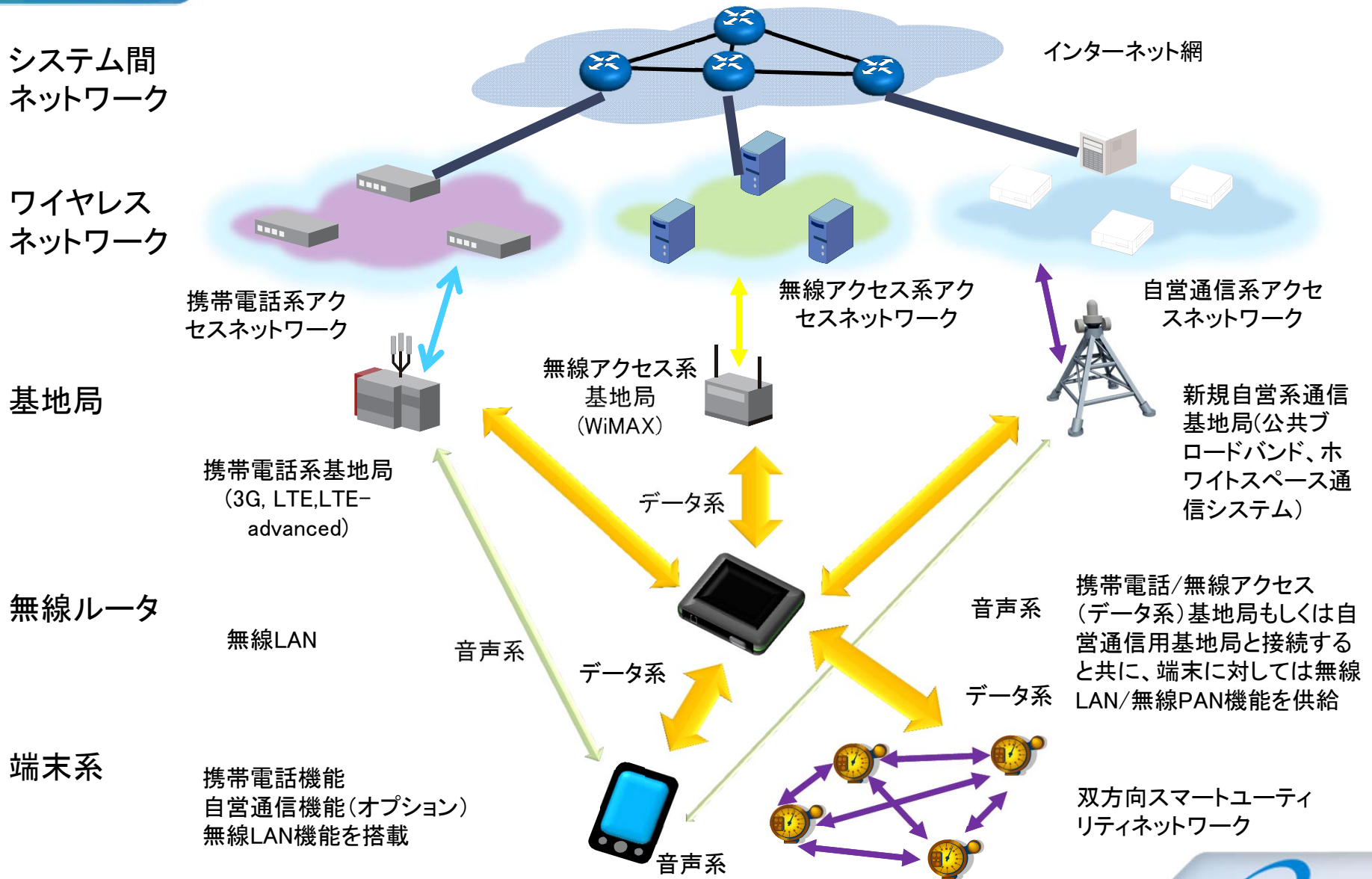


- 簡単な操作方法、お手軽な値段
 - 使用方法はボタンをおすだけ
 - 学者がつくるものはこむずかしいを払拭
 - プロが設定する必要性がない⇒じつはこれが重要！！今回は被災地域が400kmとわたり、プロが400kmも設定のためにごげない
- 簡単な設置
 - 有線ネットワーク不要。電源だけあれば良い。場所選ばず
- 十分な準備
 - 藤沢ですでに500台設置し、1800人以上のかたへの1年間の利用実績、ネットワークの運用実績
 - オペレータの力をかりなくても運用できる自身
 - テストベッドを運用することに対して予算を割り当てていただいた関係者への感謝⇒特にその先見の明にたいして⇒ただしい資金の利用方法

研究ファンドの適切な利用が最大の効果を出す

今後の展開

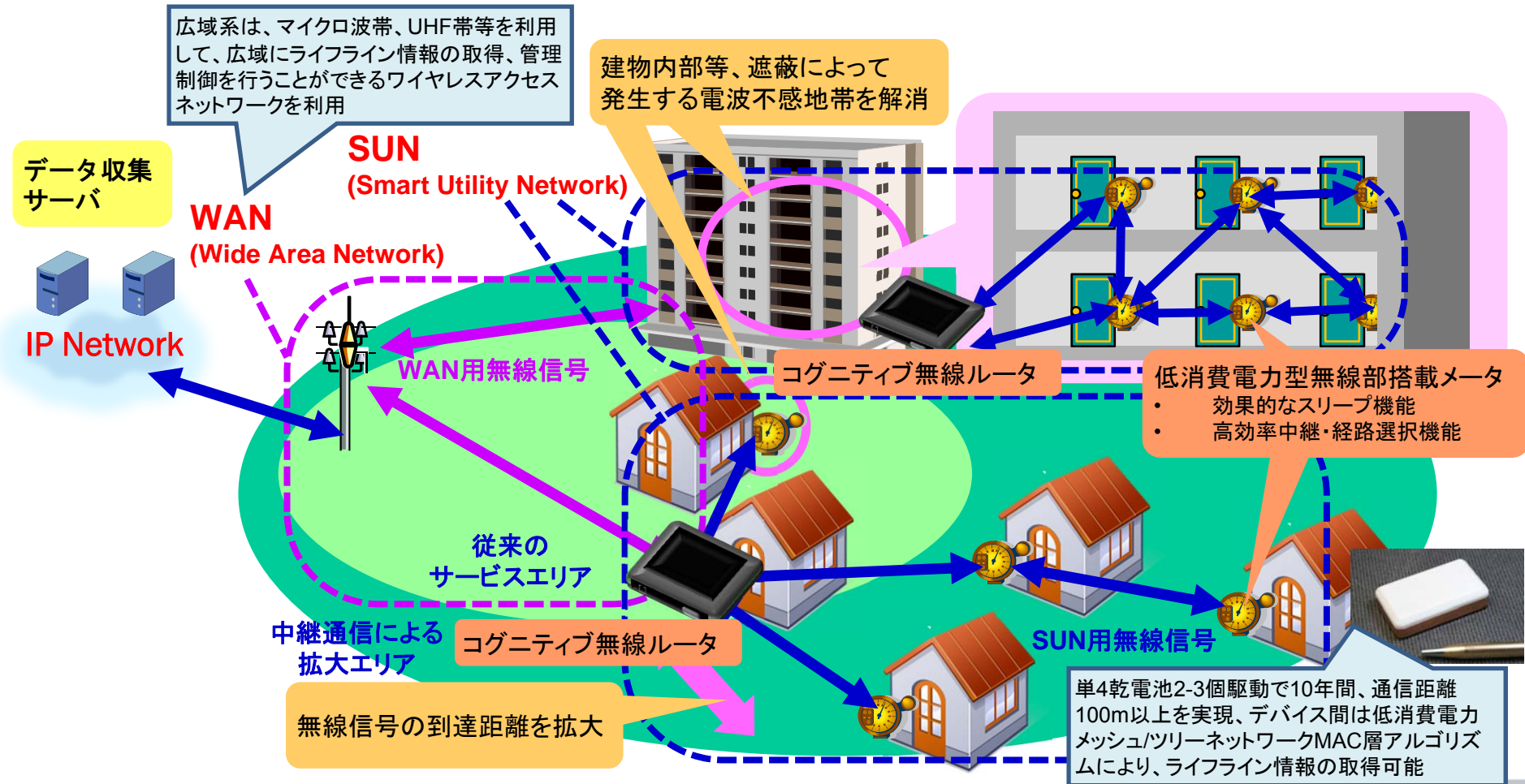
コグニティブ無線ルータを利用した次世代ネットワーク 概要(1/2)



- 人が携帯する端末に関しては, 新規システムはあまり搭載されず, 現在, 音声通話可能な携帯電話の機能と無線LANの機能だけが搭載
- 新規ワイヤレスアクセスシステムはコグニティブ無線ルータ等に積極的に搭載
- ユーザは新規システムを直接使うのではなく, コグニティブ無線ルータ等を通して間接的に利用
- ユーザーには新規システムは見えない
- 音声は既存システムか, 無線LAN, 新規システムを通したIP電話で通信
- データは, 普段はコグニティブ無線ルータ経由で, エリア外では, 携帯電話系を用いて通信

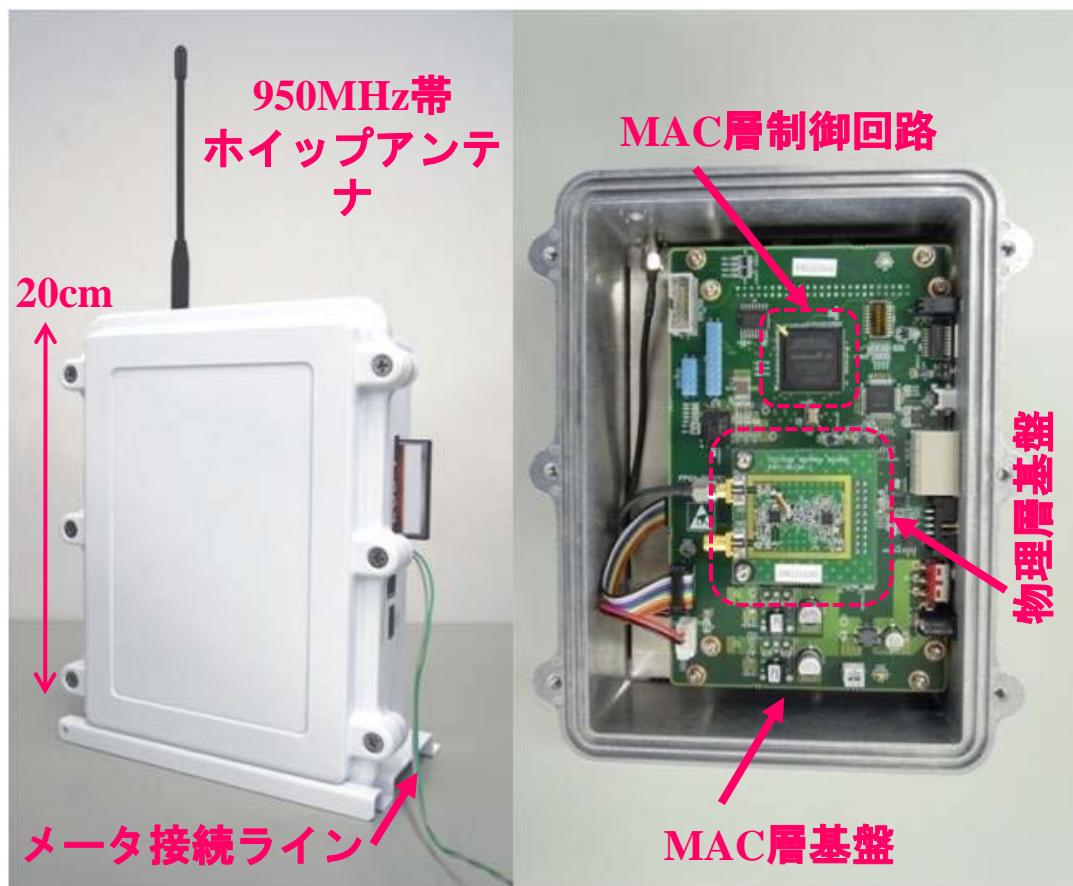
コグニティブ無線ルータを利用した次世代ネットワーク スマートメータへの応用例

電気/ガス/水道等の各種メータにSUN (Smart Utility Network)デバイスをつけ、電気が十分利用できない場所でも各種メータが取得した情報をメッシュネットワークと広域ネットワーク(WAN)を利用して収集するとともに、収集した結果をもとに、地図データ等との連携を行うことにより、データの整理、および、各種メータのコントロールをネットワーク側から行う。SUNデバイスは、単三乾電池2-3個程度(年間2000オペレーション程度)で10年動作するロングライフ設計



ガスメータとの接続・動作の実証試験

- IEEE802.15.4g/4e ドラフト準拠のPHY/MAC仕様実装



装置諸元	
Frequency	953MHz
Transmission power	10dBm
Modulation scheme	2GFSK
Data rate	50/100/200kbps
Payload length	~1500octet
MAC scheme	IEEE 802.15.4e
Routing scheme	TREE routing

ガスメータ接続イメージ

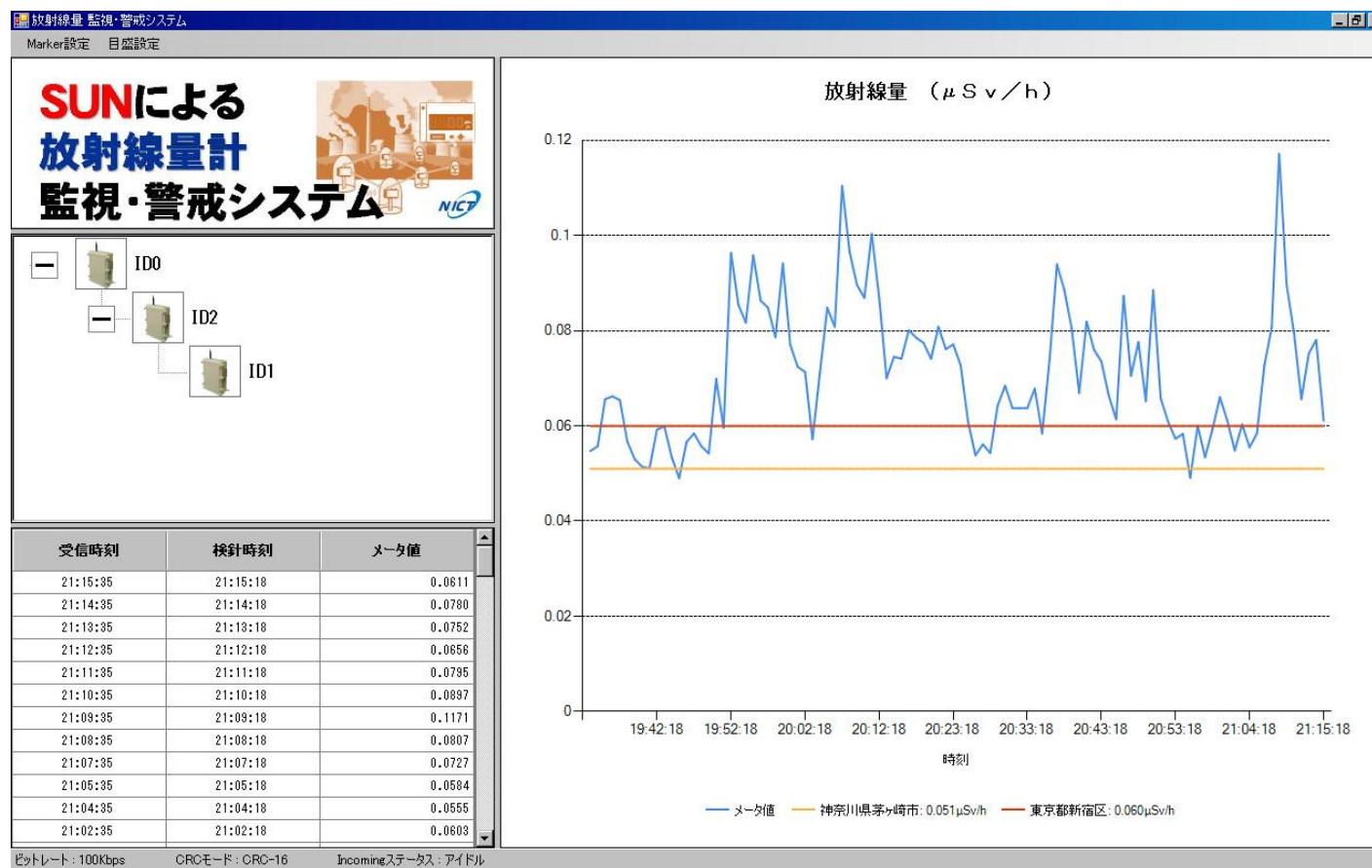


● 線量計との接続動作を実証

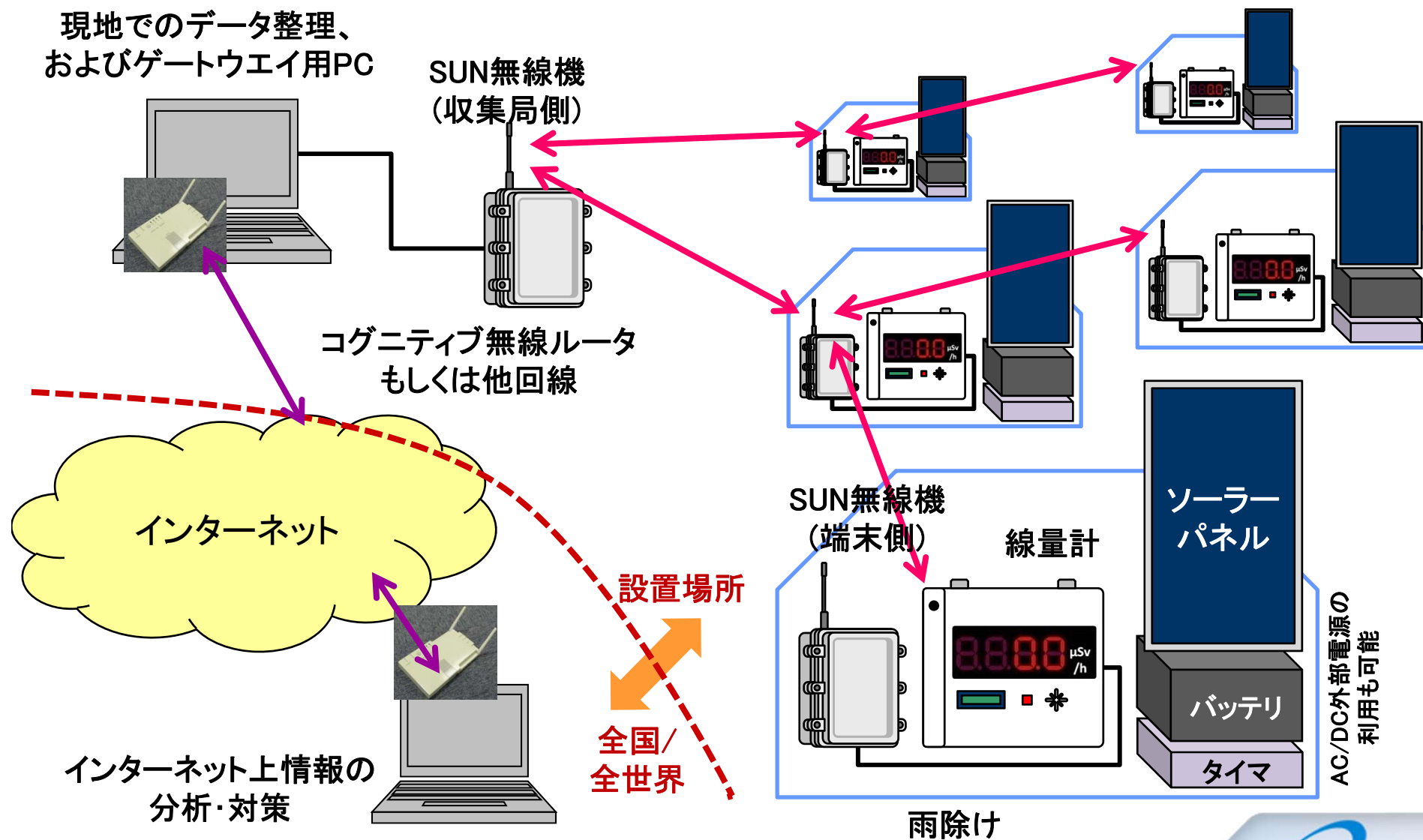


線量計

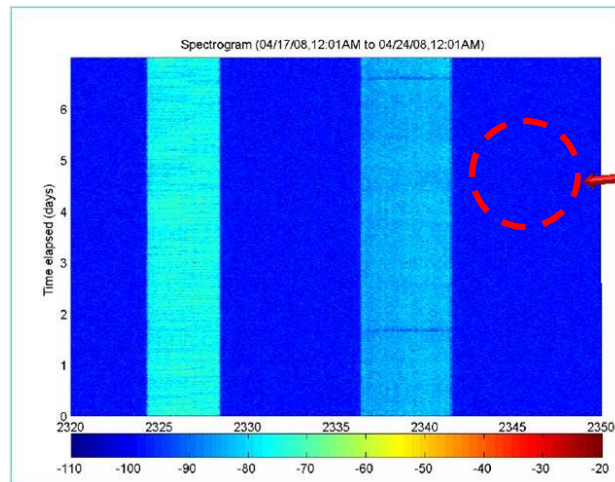
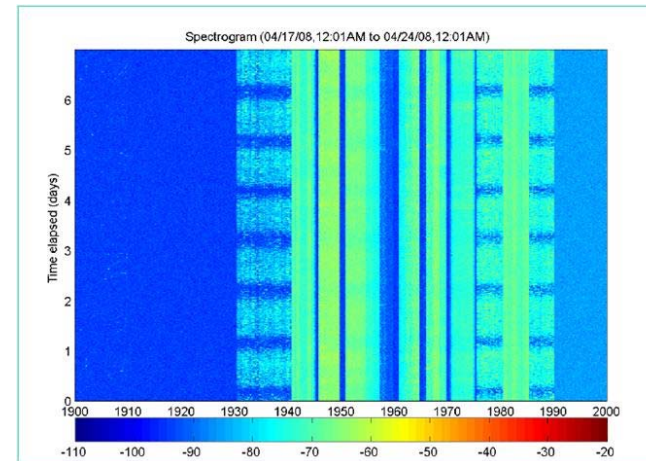
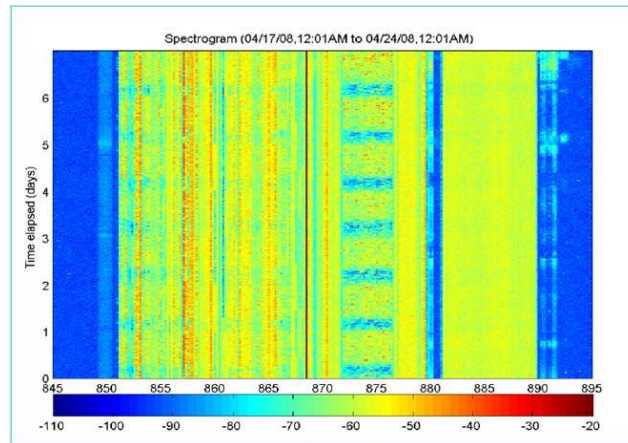
SUN無線機



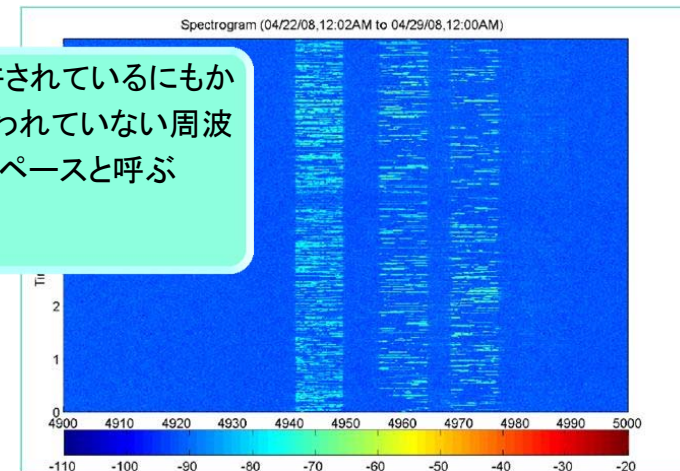
コグニティブルータと線量計との接続例



周波数がシステムに割り当てられているといっても必ずしもすべてのシステムがいつも使用されているわけではない
→ 周波数が割り当てられているが有効に利用されていない周波数をうまく利活用したい



このように免許されているにもかかわらずつかわれていない周波数をホワイトスペースと呼ぶ



R. B. Bacchus et. Al. "Long-term, wide-band spectral monitoring in support of dynamic spectrum access networks at the IT Spectrum Observatory," IEEE Dyspan 2008, Oct. 2008.

周波数共用(ホワイトスペース)型コグニティブ無線技術 利用モデル

周波数共用
型コグニ
ティブ無線
基地局



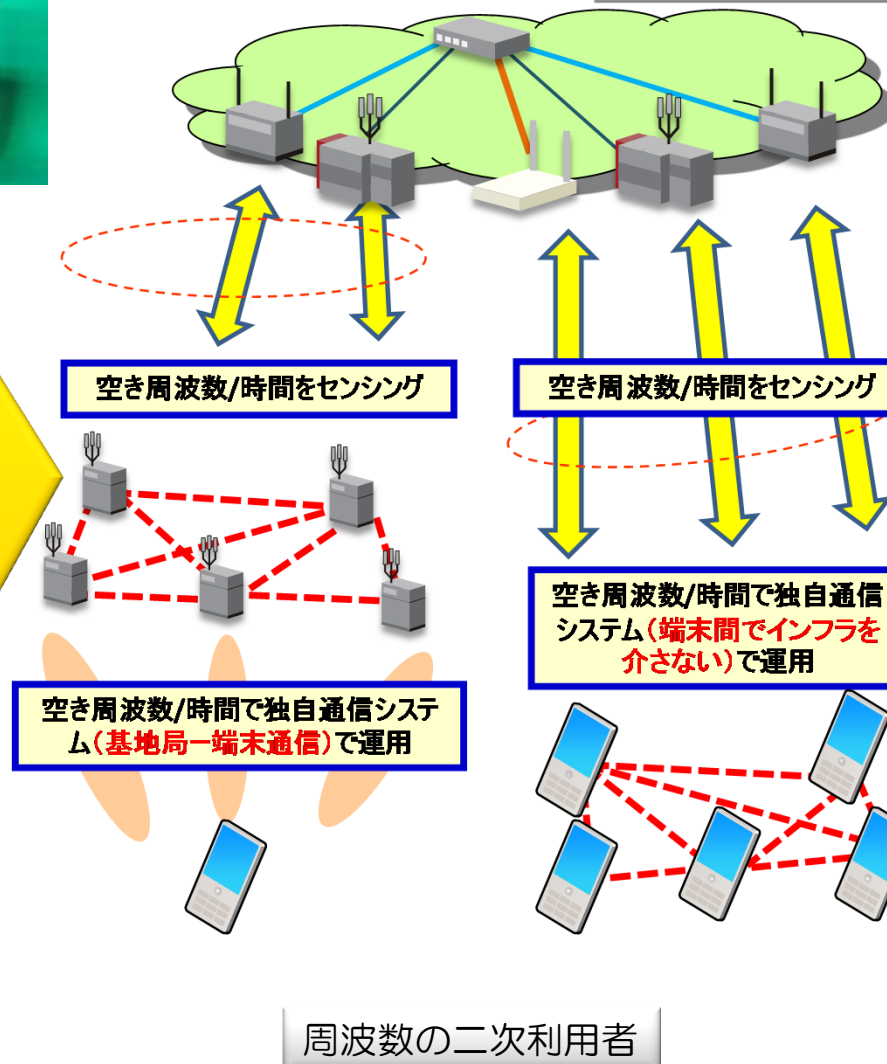
周波数の一次利用者

周波数共用型コグニ
ティブ無線端末

□各基地局は他のオペレータ/ユーザが使用していない、周波数、時間(これをホワイトスペースと呼ぶ)をセンシングし、空き周波数が見つかった場合は、その周波数をつかって**独自通信システム(基地局-端末通信)**を実現

□利点
 ・広帯域・高出力な中継回線が構築可能
 ・広帯域なアクセス系も構築可能

□問題点
 ・各無線機のセンシング
 ・データベースとの接続方式



□各端末は他のオペレータ/ユーザが使用していない、周波数、時間(これをホワイトスペースと呼ぶ)をセンシングし、空き周波数が見つかった場合は、その周波数をつかって**端末間でインフラを介さない通信システム**を実現

□利点
 ・家庭内等に低出力/遠距離伝送可能なブロードバンドなPAN等が容易に構築可能

□問題点
 ・各無線機のセンシング
 ・データベースとの接続方式

周波数の二次利用者

- 以下の内容について講演を行った
 - ▶ 東日本大震災後に構築した最先端無線通信技術(具体的には高度電波監理技術)を利用した「災害支援通信ネットワーク」の紹介
 - ▶ 紹介のポイント
 - ▷ なぜ構築をしないといけなかったのか？
 - ▷ 通信インフラ会社でもない我々がどのように展開、構築していったのか
 - ▷ 構築の上ででてきた様々なジレンマ、社会的(構造)問題の照会
 - ▶ 重要な点
 - ▷ “有事”という意味を正確に捉える⇒手放しの対応も必要
 - ▷ 研究ファンドの有効な活用⇒“研究”だけ“実用化は他の人がやる”という他人任せはだめ⇒普段から準備が必要
 - ▷ 常に“次のアクション”を考える
 - インターネットall無線化⇒震災対応、センサーネットワークへの展開等々、次のアプローチを常に考える。

- 本案件を遂行する上で以下の方に感謝を致します。
 - ▶ 岩手県立大学 総合政策学部 吉本繁壽教授
 - ▶ BHNテレコム支援協議会
- 東日本大震災において被災された皆様に心からお見舞い申し上げますと共に、一日も早く復興されますことをお祈り申し上げます。NICTにおきましてもこの復旧に役立つ研究開発成果を一早く提供していきたいと考えています。
- 本案件に関する連絡先
 - ▶ cognitive-rescue@wireless.nict.go.jp