

システム思考による研究開発事例 有・無線統合エミュレータの研究

Agenda

- 研究背景と目的
- 無線エミュレータの研究開発事例
- エミュレータによる実装評価の事例

研究背景と目的

テストベッドの定義からスタート

- テストベッドの在り方
 - 繰り返し利用できる
 - 特定の固有技術に限定されない
- 無線テストベッドの現状
 - 既存の無線装置を用いた環境の提供
 - 新しい無線方式は、生まれない
- 目指すべきテストベッド
 - 有・無線システムを構成する新しい要素技術をシステムレベルで検証する土台となる環境の提供

国際標準化とテストベッド

- 国際標準化の現状
 - 新しい提案の多くは、机上評価からスタート
 - 提案者は、各々の独自条件で提案を実施
 - 基準となる**共通の物差し(原器)がない**
 - **通信システム業界のニュルブルクリンクが欲しい**
 - **誰もが目指す場所**

IEEE802.11において紹介 2014/05

- **Presentation:** Wireless Emulation for system evaluation (11-14-0588-00-0wng-wireless-emulation-for-system-evaluation) – Hiroshi Mano
 - Q: What is emulated vs simulated?
 - A: Simulation does not need a modem.
 - Q: How widely can this be used? It is shown with Wi-Fi.
 - A: It can be used with any wireless technology.
- Straw poll: Do you want to try the presented emulation system?
 - Yes: 14
 - No: 0
 - Need more information: 34
- Straw poll: Do you support the formation of an Interest Group or SC to study common evaluation test bed methods?
 - Yes: 16
 - No: 13
 - Need more information: 25

IEEE802.11において紹介

- **Presentation:** Wireless Emulation for system evaluation (11-14-0588-00-0wng-wireless-emulation-for-system-evaluation) – Hiroshi Mano
 - Q: What is emulated vs simulated?
 - A: Simulation does not need a modem.
 - Q: How widely can this be used? It is shown with Wi-Fi.
 - A: It can be used with any wireless technology.
- Straw poll: Do you want to try the presented emulation system?
 - Yes: 14
 - No: 0
 - Need more information: 34
- Straw poll: Do you support the formation of an Interest Group or SC to study common evaluation test bed methods?
 - Yes: 16
 - No: 13
 - Need more information: 25

ワイヤレステストベッドの現状

- 無線ネットワークの変化
 - 専用(電話、業務、画像)用途から、汎用デジタル通信に変化
 - 移動透過性、認証、鍵交換等のネットワーク外部構成要素との連携が増加
 - パケット交換では、上位層での再送等、下位層とのトレードオフが増加
- 既存テストベッドの問題
 - 無線の特性を意識した、リンク層以上のプロトコル研究が盛んなのに....
 - 実際は、無線LANやWi-Fiなどの既存無線システムしか使えない
 - 下位層の新技術の評価は、計算機シミュレータに依存
- 既存総合評価
 - 総合的な評価をするには、実験局の取得などの法的規制をクリアする必要がある
 - 実験手法は、環境条件、物理条件などが制約される

目的

- 実電波を輻射しない(免許不要)
- 外部システムとリアルタイムに連動して総合的にシステム運用できる
- 無線環境、無線方式を任意に交換、プログラミングできる



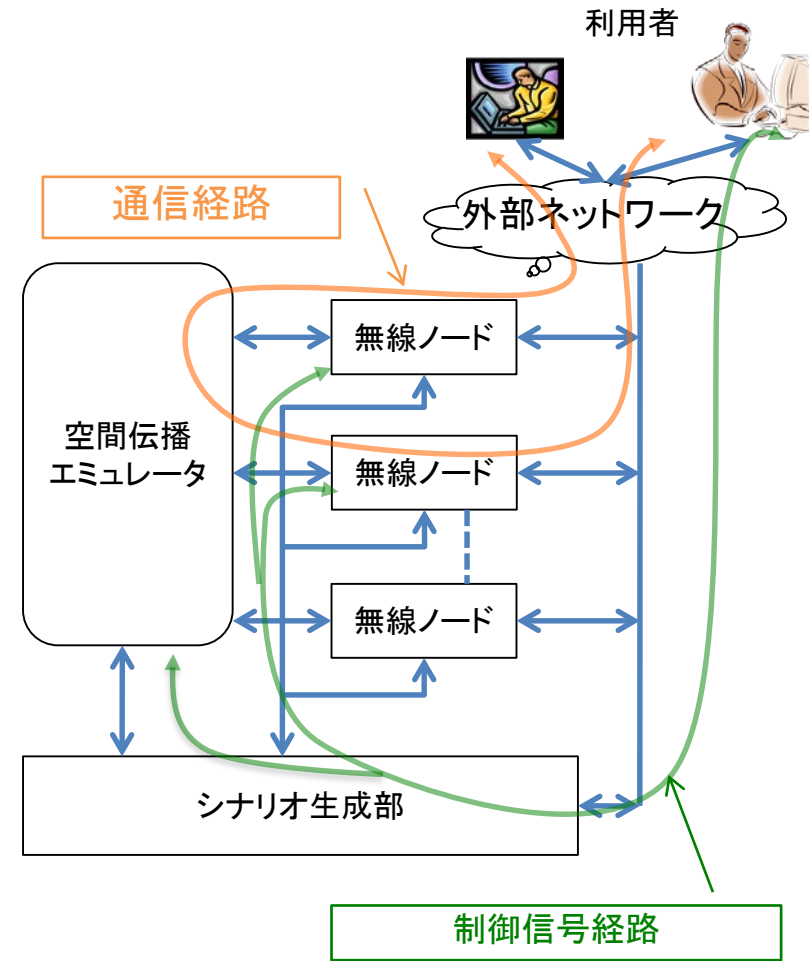
テストベッドの教育効果

- 本質的な技術、研究開発者の育成の礎となり以下の課題を打破することが期待できる
 - 現状の課題
 - 無線システムの開発者ではなく、ただの利用者
 - 全ての新規無線システムは、諸外国がリード
 - 日本は、フォロワーでしかない
 - 無線システムを設計できるエンジニアが圧倒的に不足

無線エミュレータの研究開発事例

提案手法

- 無線ノード(SDR)
 - 任意のPHY, MAC, RF特性に再構築可能
- 無線空間(直交演算回路)
 - ノード間の伝送路を任意のモデルでエミュレート
- シナリオ(伝播計算)
 - 無線ノードの移動や伝送路変化をシナリオ記述



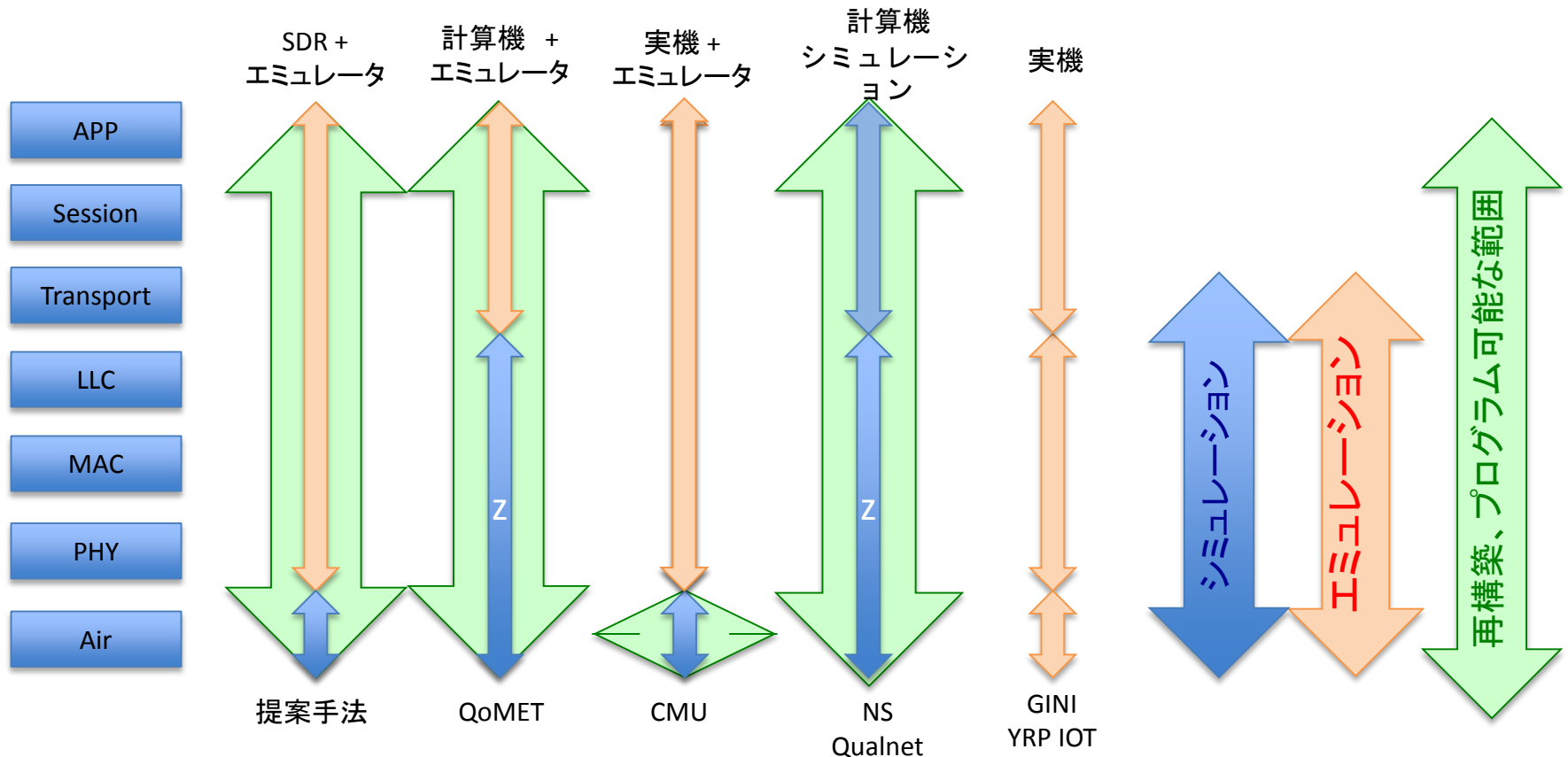
世界のテストベッドとの比較

- 他国がやっているものを目指すのではなく、他国にないものを目指す
- 一番ではなくて駄目
- 80点主義ではなく、コンセプトualmenteに100点を目指す

Layer	condition	SFDR based	Wi-Fi based	DSP based	FPGA+SFDR
Geometric	Propagation model	Fixed	Fixed	Programmable	Programmable
	Environment model	Fixed	Fixed	Programmable	Programmable
Physical	Frontend characteristics	Fixed	Fixed	Fixed	Programmable
	Modulation	Reconfigurable	Selectable	Fixed	Re-configurable
MAC	Duplex	Reconfigurable	Fixed	Fixed	Re-configurable
	Multiple Access	Programmable	Fixed	Fixed	Re-configurable
Link Layer	Topology	Programmable	Selectable	Fixed	Re-configurable
Real-time		Yes	Yes	Yes	Yes
Sharing		no	Yes	Yes	Yes
Existing Model		GNU radio	Orbit	CMU wireless emulator	Proposed system

テストベッドにおける適応性比較

- エミュレーション(実機動作)
- シミュレーション(モデル化による模倣)
- 再構築、プログラム可能な範囲とエミュレーション範囲を→最大化する



エミュレータによる実装評価の事例

シミュレーターとエミュレーター

シミュレーター

- モデル化による模倣
- 計算機時間で実行

エミュレーター

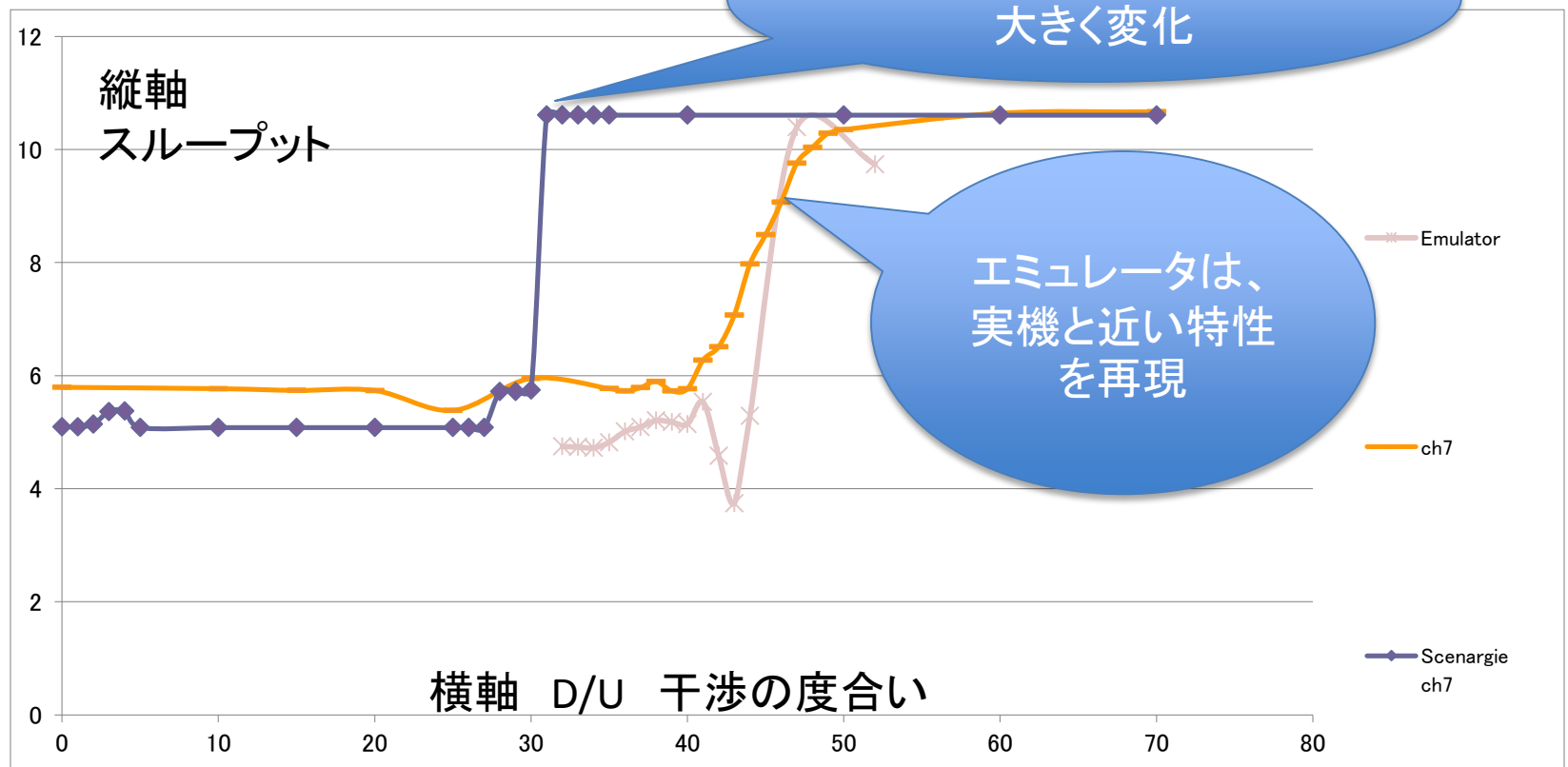
- 実装による模倣
- 実時間で実行

課題

- 2.4GHz 対の無線LAN は、22MHzの周波数離隔をとれば干渉しない
- 22MHzの周波数離隔をとっても、4chが使える。
- 本当ですか？

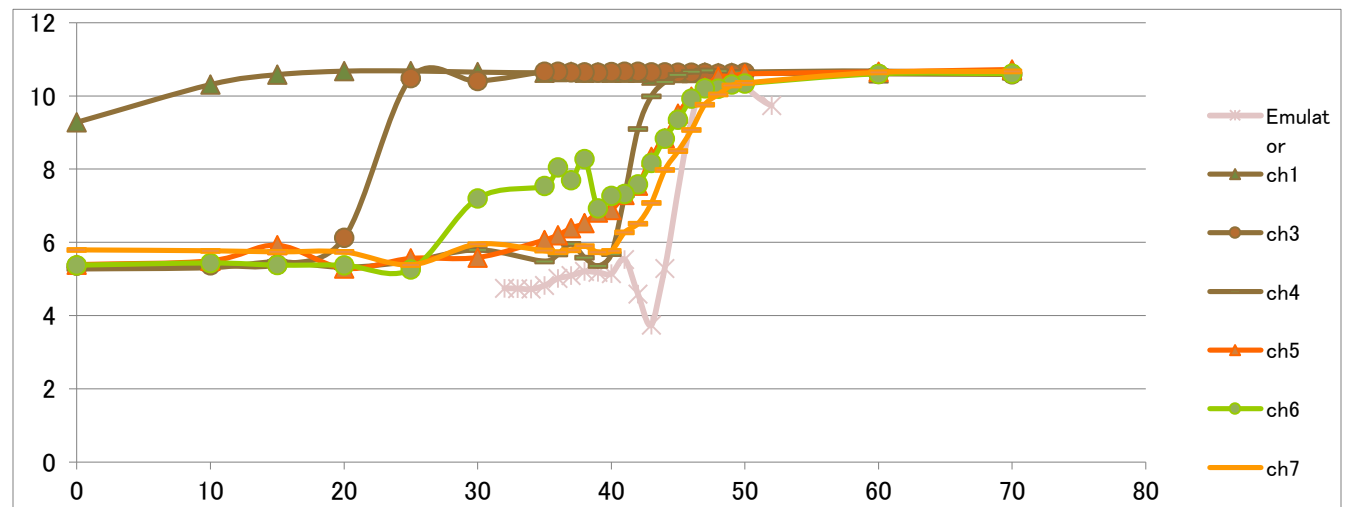
同一周波数での干渉

- 実機、エミュレータ
 - 閾値前後で、緩やかにCSMAが働きだす
- 計算機シミュレータ
 - 閾値でCSMAが働く



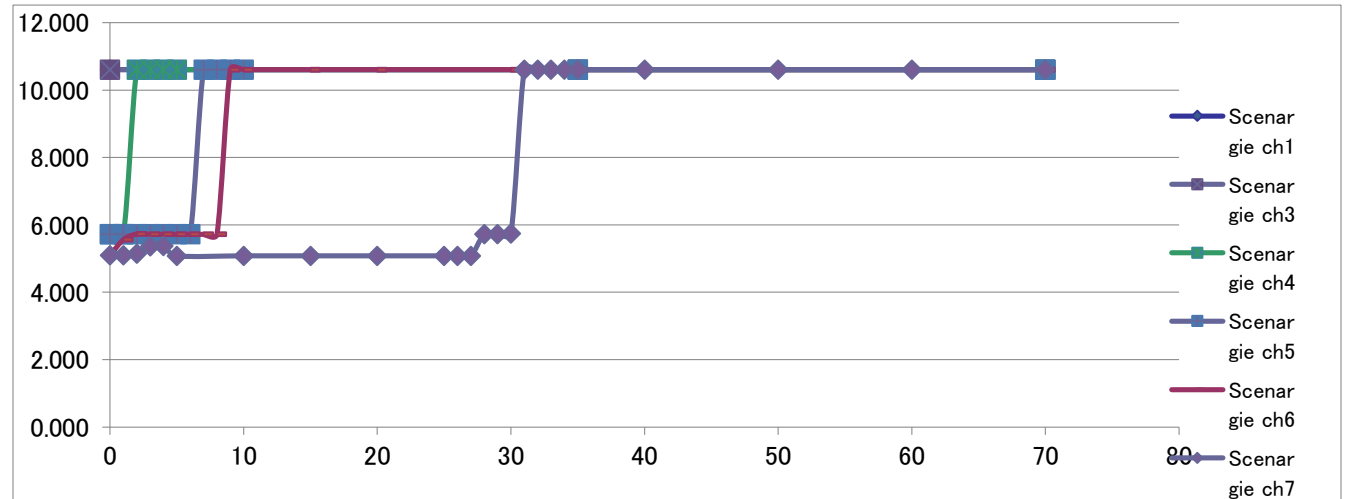
隣接干渉

計算機と実機は違う



- **実機**

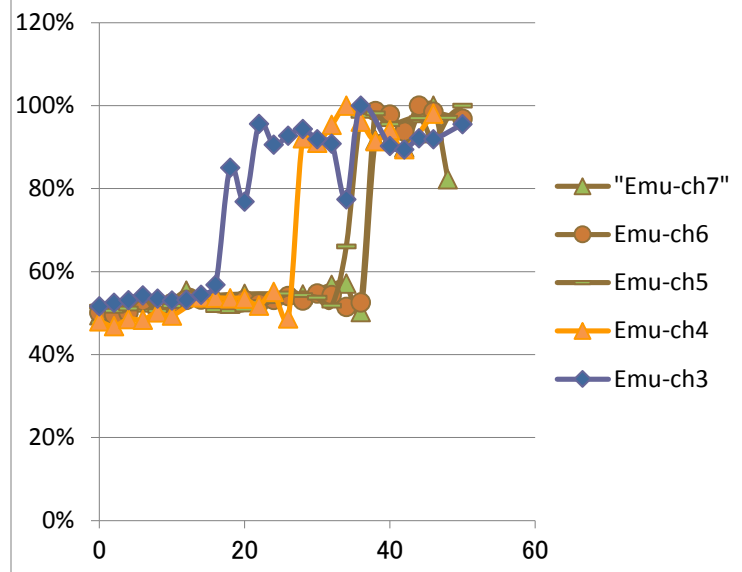
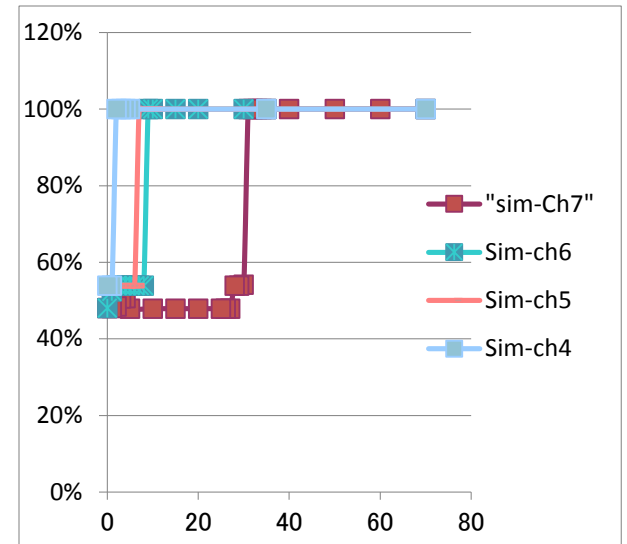
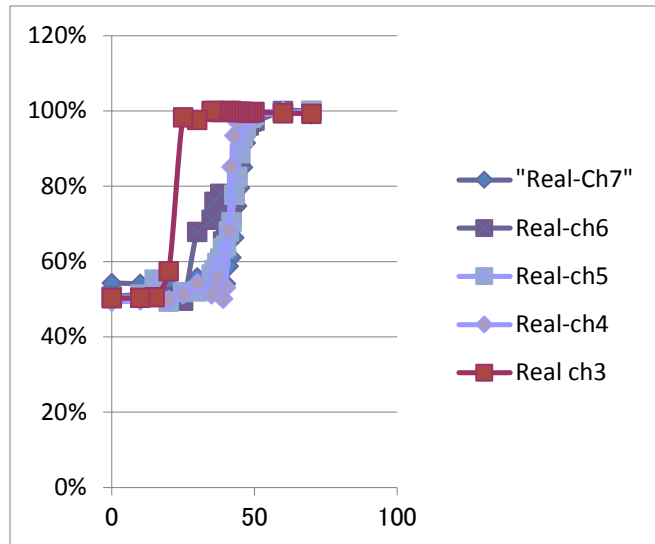
- 4ch離れても、近距離では干渉してCSMAが働く



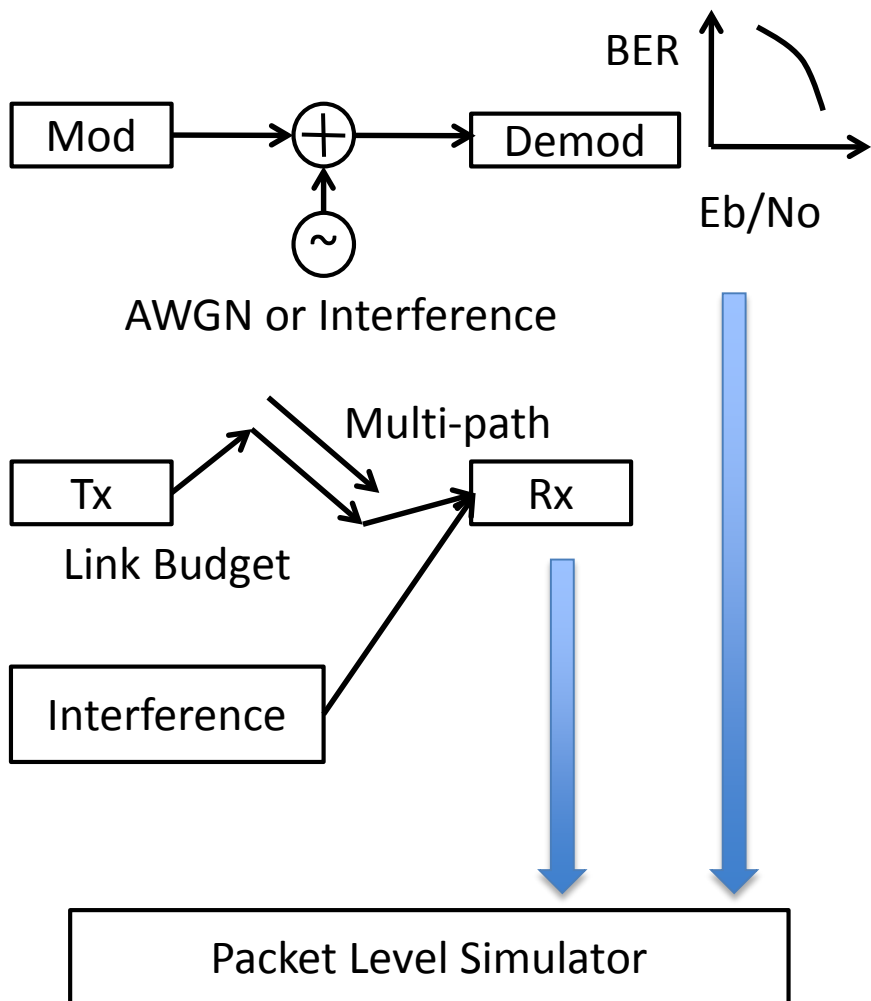
- **計算機**

- 4ch離れたら干渉しない

エミュレータは実機特性を再現



リンク／パケットレベルシミュレーションの評価手法

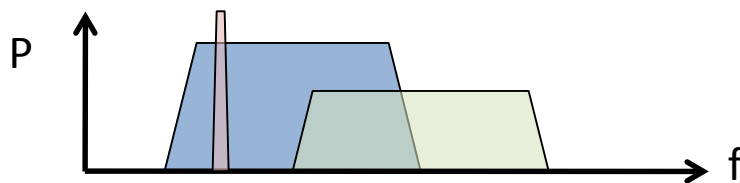


- 伝達モデル(BER/SINR)の算出
 - MATLABなどを利用
 - BERは、AWGNが一般
 - SINRは、Interferenceの種類を規定
- リンクシミュレーション
 - 送信電力、アンテナ利得からリンクバジェットを計算し、受信電力を算出
- パケットレベルシミュレーション
 - リンクシミュレーションにより得た、所要信号と干渉信号、雑音の E_b/N_0 、SINRから伝達モデルからバケット到達性を判定

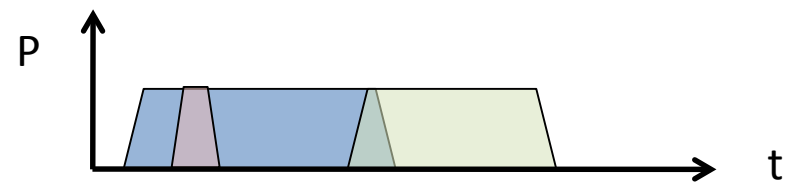
既存シミュレーション手法の課題

- 干渉の複雑さにたいする適応性がない
 - 空間、時間、周波数の部分的な干渉の組み合わせ
 - 異なる方式同士の干渉
- 予め干渉波、雑音が既知であることを前提としている。
 - 新たな与干渉源との評価には、伝達モデルの算出が都度必要
- 複雑さの適応には、実時間評価が困難

計算機シミュレーションで実時間評価が困難な事例



異方式、異チャンネル間の干渉



パケットの部分的干渉等

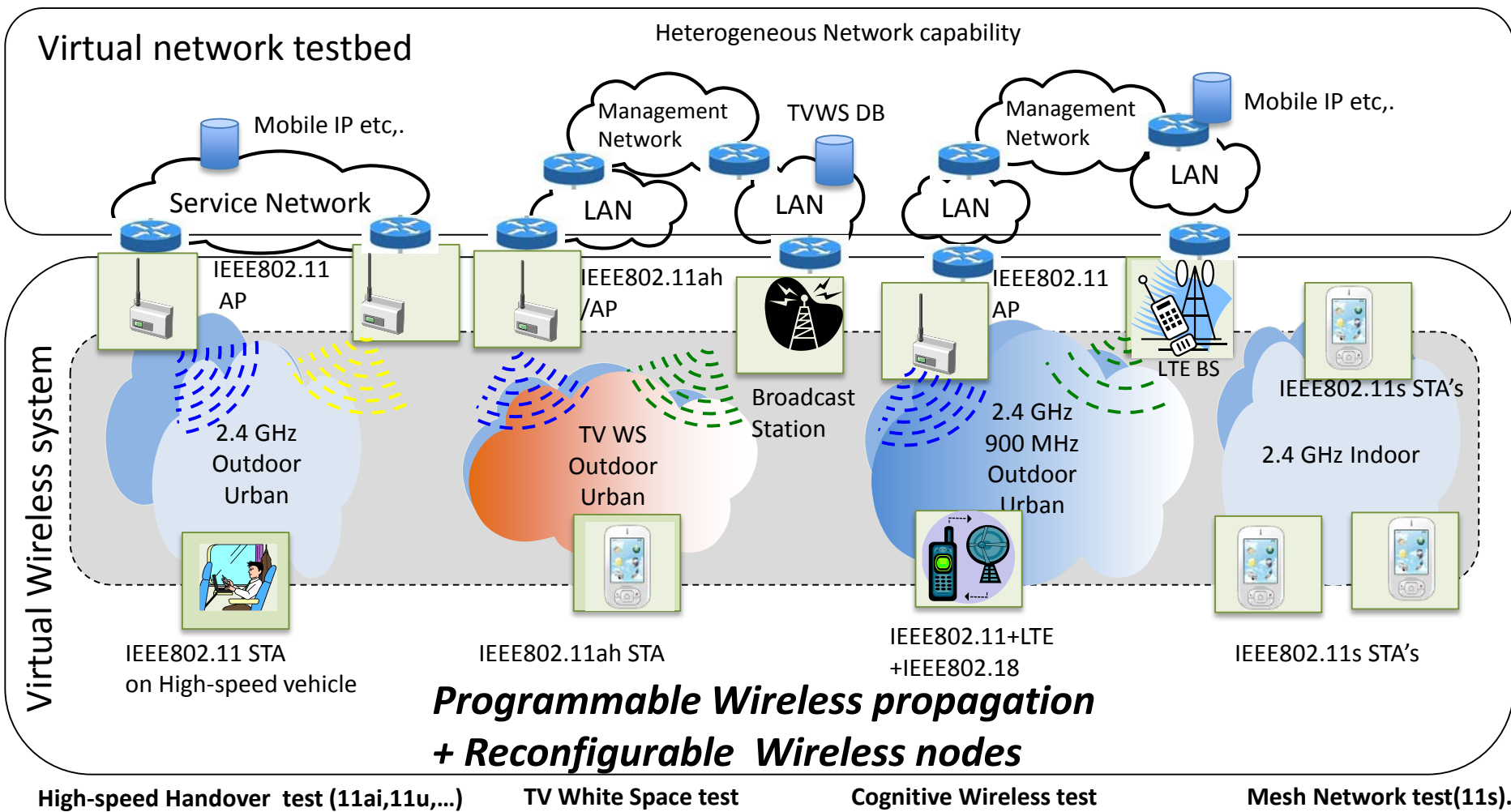
評価手法としての違い

- 従来テスト手法
 - 異なる条件、異なる実験結果の評価から設計にフィードバック
 - 帰納法的アプローチ
- 提案手法
 - コンセプチュアルな設計データから評価
 - 演繹法的アプローチ

エミュレーターの位置付け

ネットワークとの連携

- 仮想化スライス上に、任意の無線ネットワークシステムをマッピング



無線機器の研究開発・製品開発フェーズにおけるテストベッドの活用

新技術の研究開発

新技術・システムのエミュレーション評価

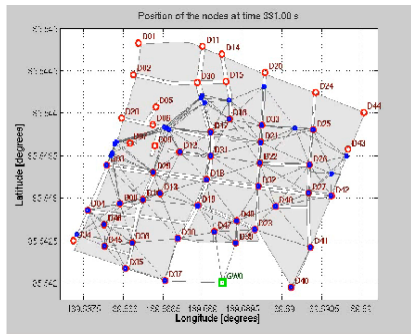
製品・実機の開発

製品・実機での評価試験

製品化

StarBED

新要素技術(部品特性や変復調、プロトコル、上流アプリ)の評価・検証
システム全体の評価・検証



真野 浩 (コーディネータ)

※ 2018/7/13 エミュレーションのために開発中の設計資料により検証 /EverySense, Inc)

YRPワイヤレステストベッド

特定システムの端末・基地局・コアネットワーク機器の相互接続性試験
(対象: FD-LTE、TD-LTE、TD-SCDMAなど)



※ 製品開発中の無線機器を持ち込んで検証

実無線ノードの役割

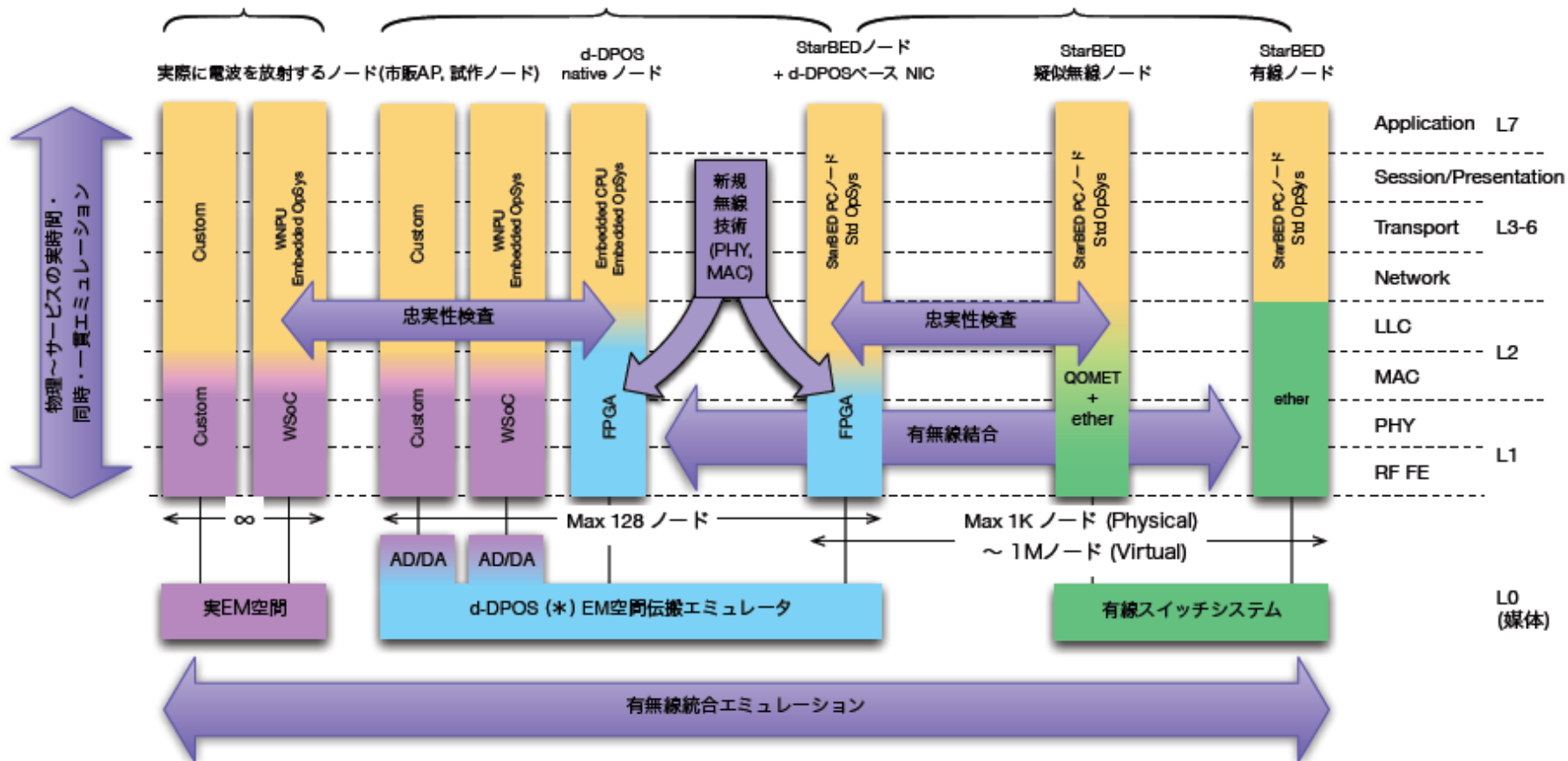
- ・参照パラメータの取得・提供
- ・現実・模擬統合実験

d-DPOSノードの利点

- ・d-DPOS空間伝搬エミュレータによる高精度無線エミュレーション
- ・新規無線プロトコルの迅速な実装と試験
- ・Embedded CPUによる高度なプロトコル処理

StarBEDノードの利点

- ・スケールアウト
- ・強力な処理能力による高度なサービスの実行



(*) d-DPOS : Direct Digital Propagation of Orthogonal Signals (直交信号の直接デジタル伝搬)

cf. "Environment-Independent Virtual Wireless Testbed" Hiroshi Mano (University of Yamanashi),

In proceedings of the Tridentcom 2012, Tesseloniki, Greece, June 2012.

すべてのレイヤーでナレッジを蓄積

設計データ

部品開発者
(アンテナ、フィルタ、RFチップ)

•アンテナ、フィルタ、RFチップの設計、特性

無線機開発者
(PHY、MAC)

•新方式のRTL(設計データ)

プロトコル開発者
(LLC、IP)

•新プロトコルの実装

ネットワーク要素

•認証、鍵交換、モバイルIP等の実装

アプリケーション

•カーナビ、SNS等の実装

エミュレータ実行

リアルタイム運用

評価

アプリケーション、システム総合評価

まとめ

研究テーマの価値

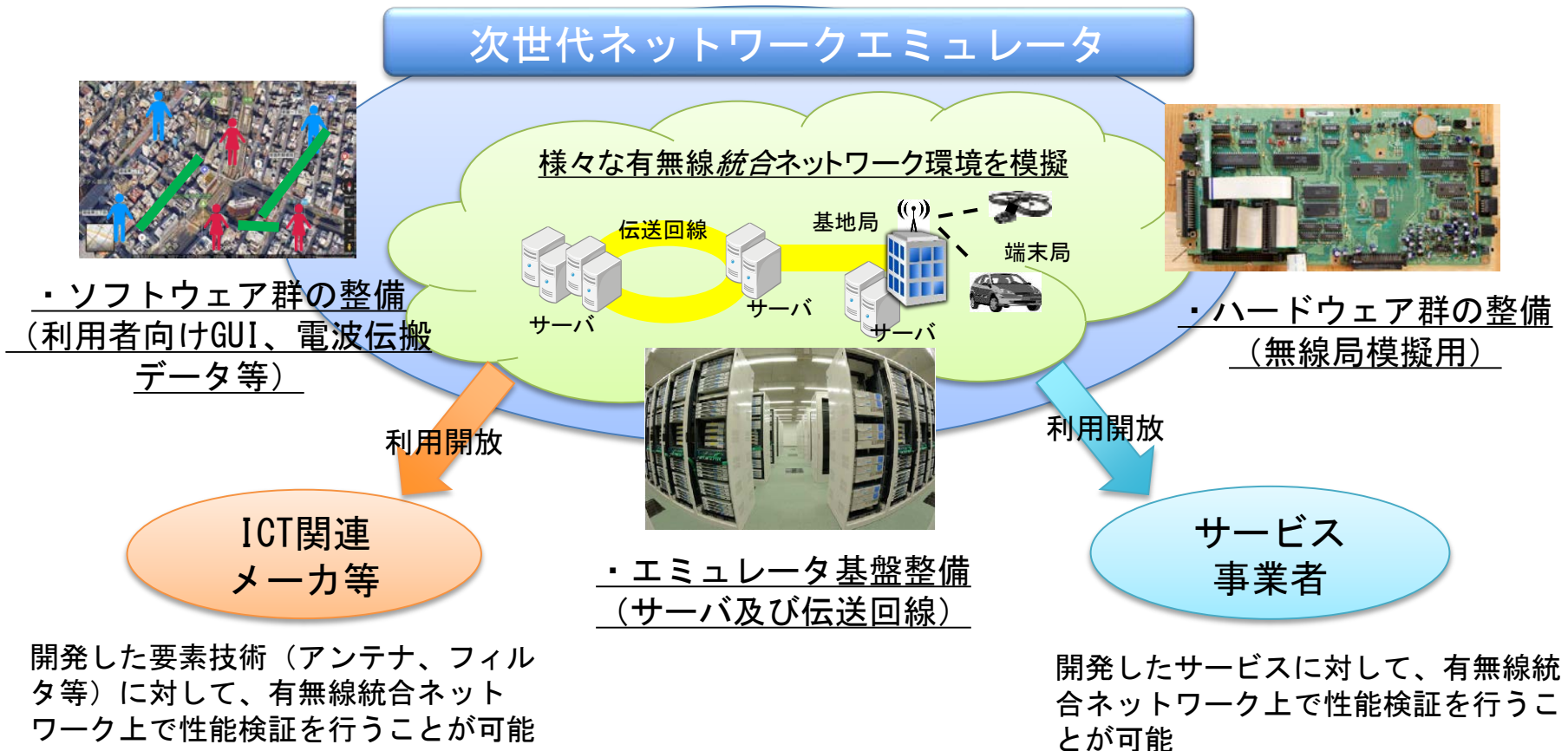
- アーキテクチャ・グラウンドデザインがある
 - テストベッドとは、繰り返し利用でき特定の形態にバインドしない
- 欧米と同じを目指さない
 - 独自性・先進性を追求
- ダイナミックレンジの広い研究
 - 電波伝搬からアプリケーションまでをカバー
 - 通信モデルの全レイヤが対象
- 社会基盤としての価値
 - 部品メーカーからアプリケーション開発者までが利用可能
- 集合智
 - 異なるレイヤの利用者が参加し、その知見を共有化可能

今後の展開に対する期待

- **大規模化**
 - 規模の大型化により生まれる知見も重要
 - カミオカンデやスーパーコンピュータ、地球シミュレータがあつてこそ
- **多拠点連携**
 - 分散協調による多拠点連携により、多様な研究者の確保
- **国際標準化**
 - 標準化におけるオリジナリティとリーダーシップ展開が可能

次世代ネットワークエミュレータの構築(イメージ)

次世代（スマートIoT時代や5G時代）には、イノベーション創出に向けた多種多様なサービス要件を必要とする有無線統合ネットワークの構築が必要になる。サービスの検証やネットワーク構築に必要な要素技術の検証を短期間で行うためには、ネットワーク全体の技術に関する知識・知見が乏しい事業者等であっても、有無線統合ネットワークの性能検証を簡易かつ精緻に行える環境が必要になる。これを実現するために、次世代ネットワーク環境を模倣し、だれでも性能検証が行える「次世代ネットワークエミュレータ」の構築に取り組む。



ご清聴ありがとうございました。