

CyReal

20 Years of Experience and Beyond
in StarBED Technology

北陸先端科学技術大学院大学
情報社会基盤研究センター
篠田陽一

CyReal パラダイム

CyReal v.s. デジタルツイン

CyReal パラダイムの深化

StarBED 大規模ネットワークエミュレータ

- Overview
 - ぱっと見にはクラスタコンピュータ
 - 250+ 物理ノード
 - 14K+ x86 CPU コア
 - 大規模相互接続スイッチポート
- 運用システム: *SpringOS* 後継
 - コアサービス: 資源管理
 - Unixに似た、緩い連携を行うツール群
- さまざまな実験をサポートするミドルウェア的サブシステム群
 - 無線エミュレータ: *QOMET*
 - 背景トラフィック生成: *Xburner*
 - ユビキタスネットワークエミュレーション支援: *RUNE*
 - etc.



CyReal パラダイム

Cyber + Real

サイバー空間と実空間の対象物が混在するシミュレーション

Cyber \rightleftharpoons Real

サイバー空間と実空間の対象物がインタラクションするシミュレーション

Cyber \rightarrow Real

サイバー空間に構築されたシミュレーションの実システムへの移行

シミュレーションの規模 v.s. 忠実度

シミュレーションにおける抽象度(モデル化の度合い)を調整することで、規模と忠実度のトレードオフを得る

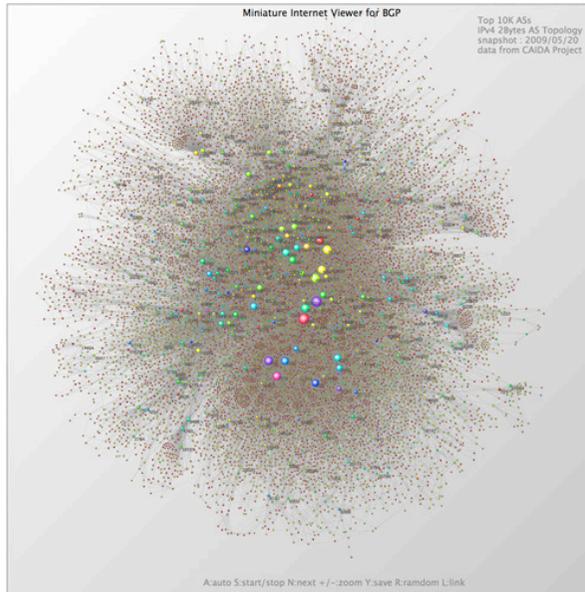
- メガセンサトリアル (2005頃 – StarBED1)
 - 1センサー1プロセスの抽象化で512物理ノードを使用して100万センサーをシミュレート
- インターネット経路制御シミュレーション (2009 – StarBED2)
 - 1ASを1ルータ、1ルータを1bgpプロセスで抽象化、合計33,000ASをシミュレート
- OpenStack Neutron ユースケース (2014 – StarBED3)
 - 100+物理ノードで構成されたOpenStackクラスタ

StarBED capability: The scale

Global Internet Routing Emulation

- **Target**

- Reproduction of inter-domain routing system as large as the current Internet (35K ~ 40K AS)



- **Technical Highlights**

- 10K AS (providers) scale Internet was emulated, 50K AS is within our current capacity.
- Facilitated with Massive VM multiplexing (XENebula), AS topology generator (AnyBED) and other tools.
- Platform for experimenting wide variety of technologies including:
 - Routing systems for next/new generation networks
 - Route hijacking detection, mitigation

- **Demonstration at SIGCOMM2009**

StarBED Capability: Large Scale Cloud Systems Analysis and Improvements

Target

- OpenStack Neutron on 100 Physical Servers, pre-service in performance evaluation.

Technical Highlights

- Found performance bottlenecks, improved them.
- 6x communication speed achieved (16Gbps/server, 1.6Tbps total).
- HA (High Availability) modules tested under realistic work load.
- Reported in OpenStack Summit 2013@Paris.
“Design and Operation of OpenStack Cloud on 100 Physical Servers”



Design and Operation of OpenStack Cloud on 100 Physical Servers

NTT DOCOMO Inc.

Ken Igarashi

Virtualtech Japan Inc.

Hiromichi Ito

NEC

Akihiro Motoki



異なる抽象度を持つ部品の混在で 実現したターゲットのシミュレーション

あるターゲットの部品を異なる抽象度で実現して同時に動作させることで、忠実度を維持しつつ規模も確保する

- 大規模分散ネットワーク監視システム (2005頃 – StarBED2)
 - 200実ノード + 1000VMノードの混在平行動作
- AirBED(水平垂直・有無線連続エミュレータ) (2014-2015頃)

実無線ノードの役割

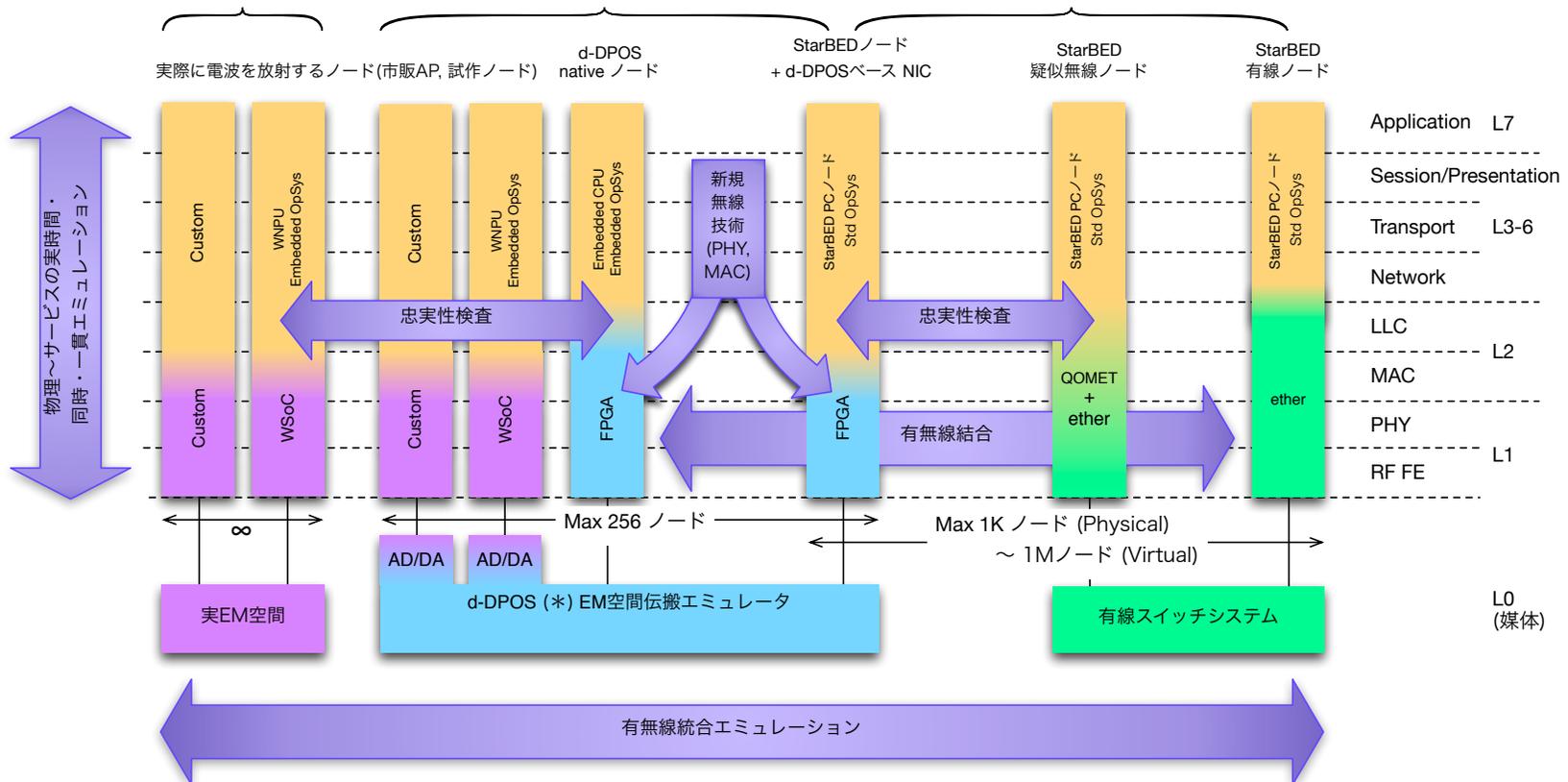
- ・参照パラメータの取得・提供
- ・現実・模擬統合実験

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.

Cyber \Leftrightarrow Real インタラクシヨソ

Cyber空間内に構築された部品と実世界の部品をシミュレーション内でインタラクシヨソさせる

- すれ違イ通信を行うアクティブタグによる個人位置推定 (2005頃 - StarBED2)
 - プロセッサエミュレーションによるアクティブタグ500個 + ITサービスとしての位置推定エンジン

StarBED技術の事例:

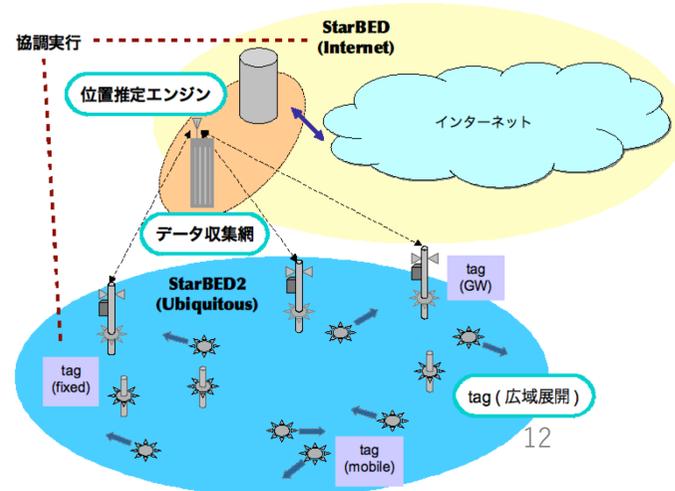
ターゲット: アクティブタグの大規模エミュレーション

ターゲットシステム

- アクティブタグ (RFID) : 居場所の推定
- タグの種類: 移動・固定・ゲートウェイ
- すれ違い通信による、すれ違いの記憶と伝達 (誰といつすれ違ったか)
- 位置推定計算とサービス提供

シミュレーション技術ハイライト

- CPUエミュレーションによる、バスサイクルレベルの正確さで、タグおよびプロトコルの動作を検証。
- CPUレベルから、インターネット上でのサービスまでを、単一のフレームワークで一気通貫で大規模に検証。
- タイミング問題のようなマイクロな問題から、システム全体の規模拡張性などのマクロな問題まで幅広く検証し、製品にフィードバックした。

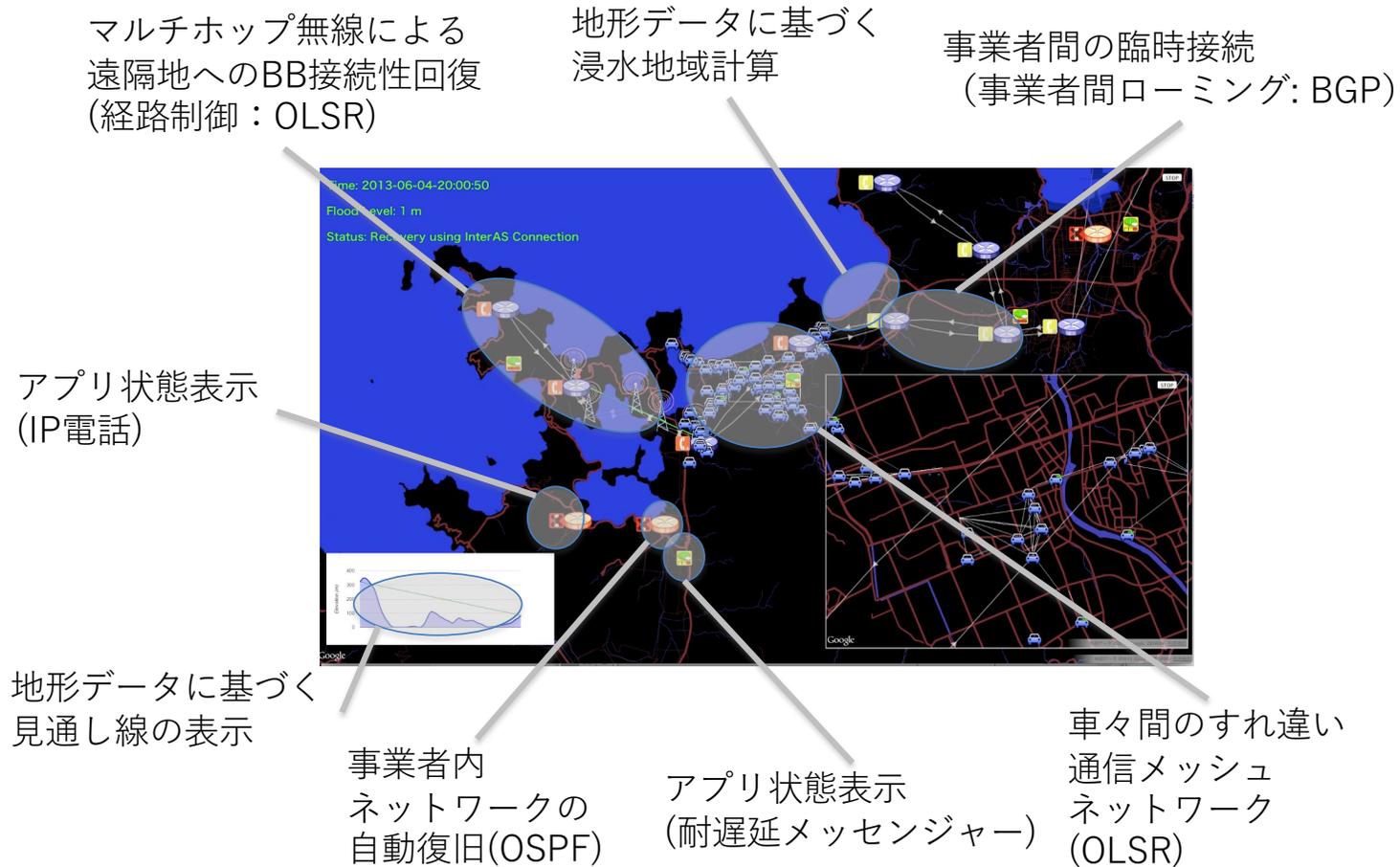


IT × マルチドメイン

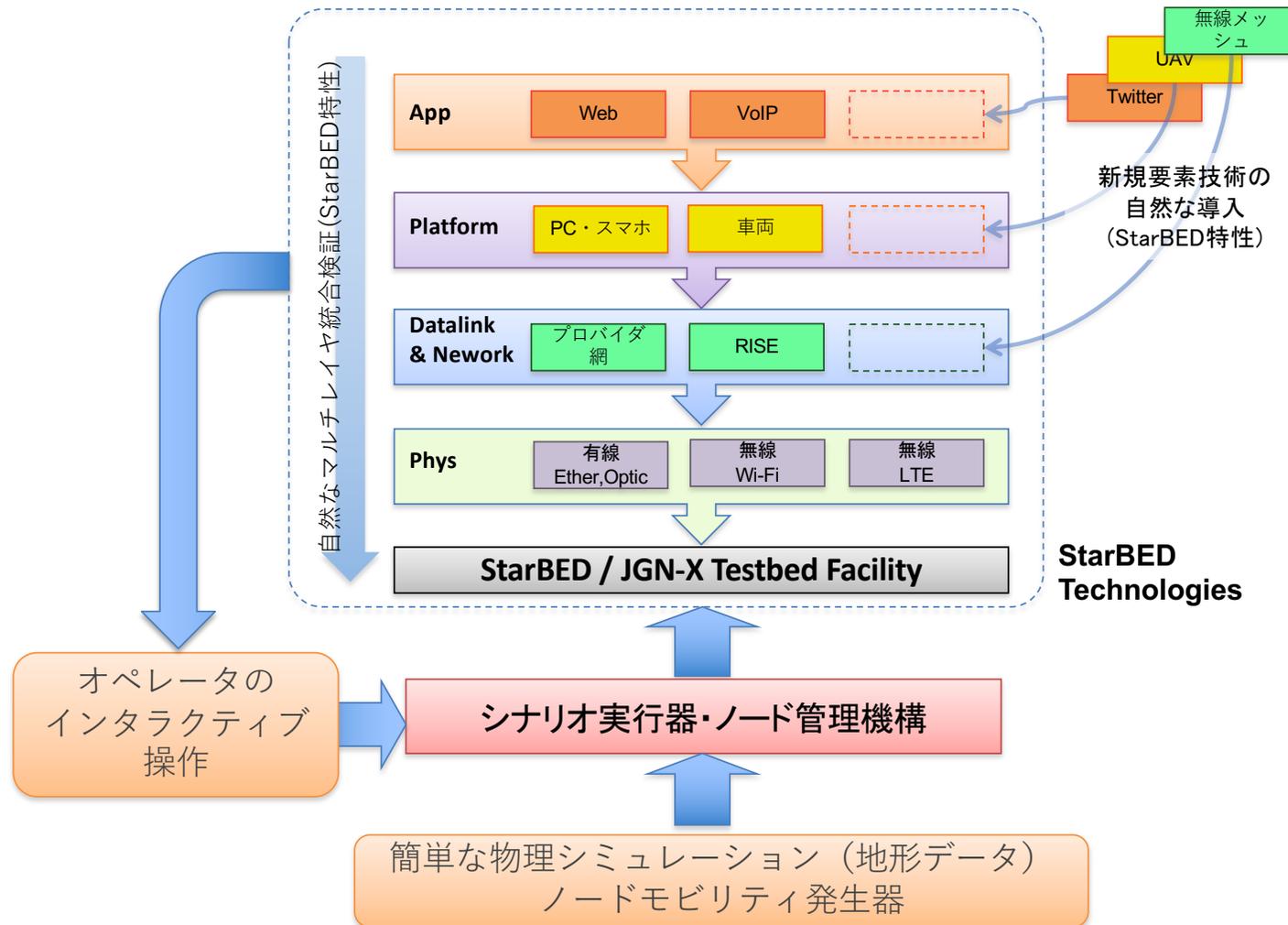
ITシステムを取り巻く環境のシミュレーションによる実現

- SHIVA/Zero(2012), SHIVA/One(2013), NERVF (2014)
 - ITシステムの対災害性検証PoC
- Plan m3ie (2015) → Smithsonian CPS検証プラットフォームへ

SHIVA/One (2013)の構成要素

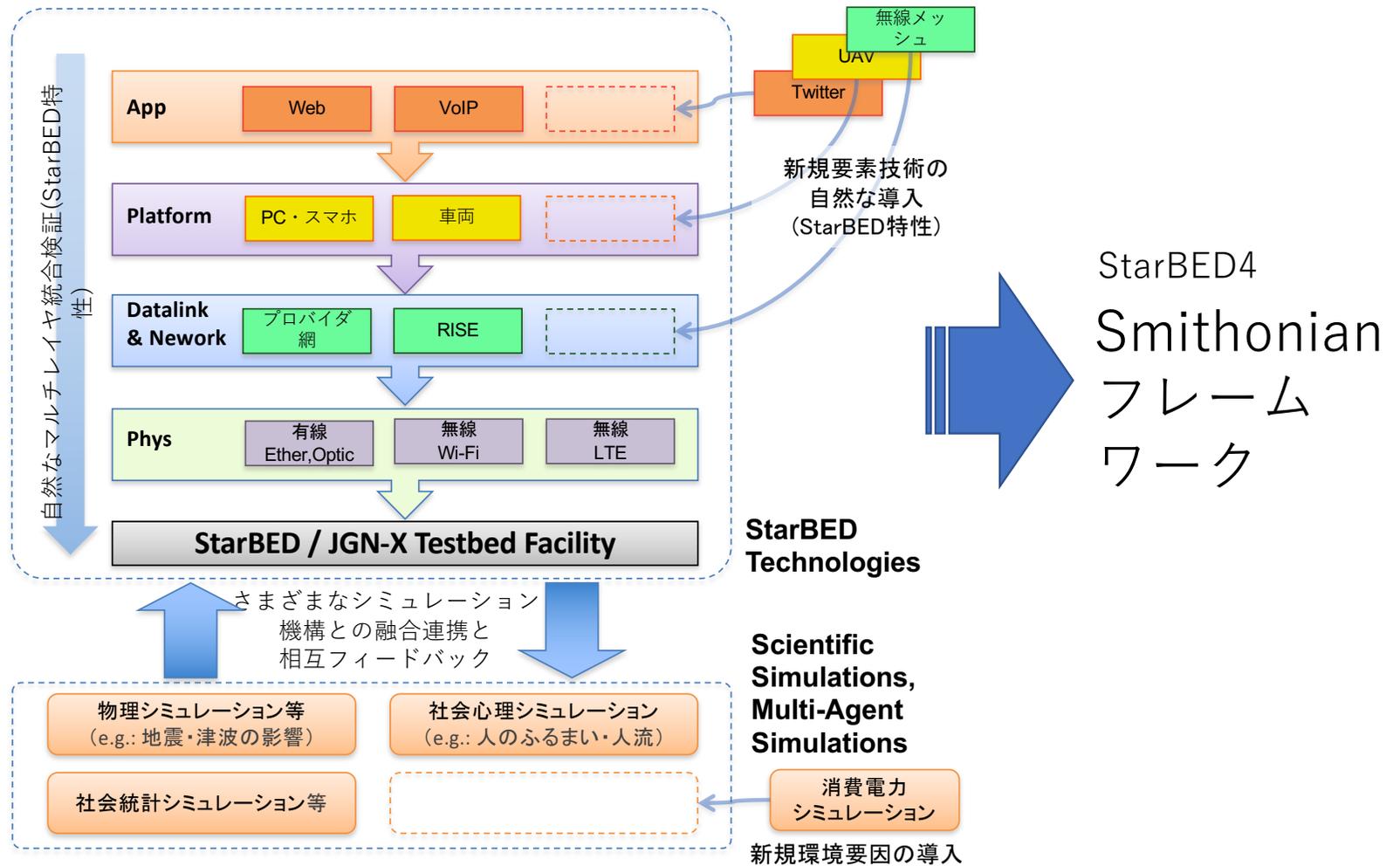


NERVF概念実証(PoC)実装の構造



StarBEDが目指す m³ie (2015年度の構想)

(Massive Multi-layer Multi-agent Integrated Emulation)

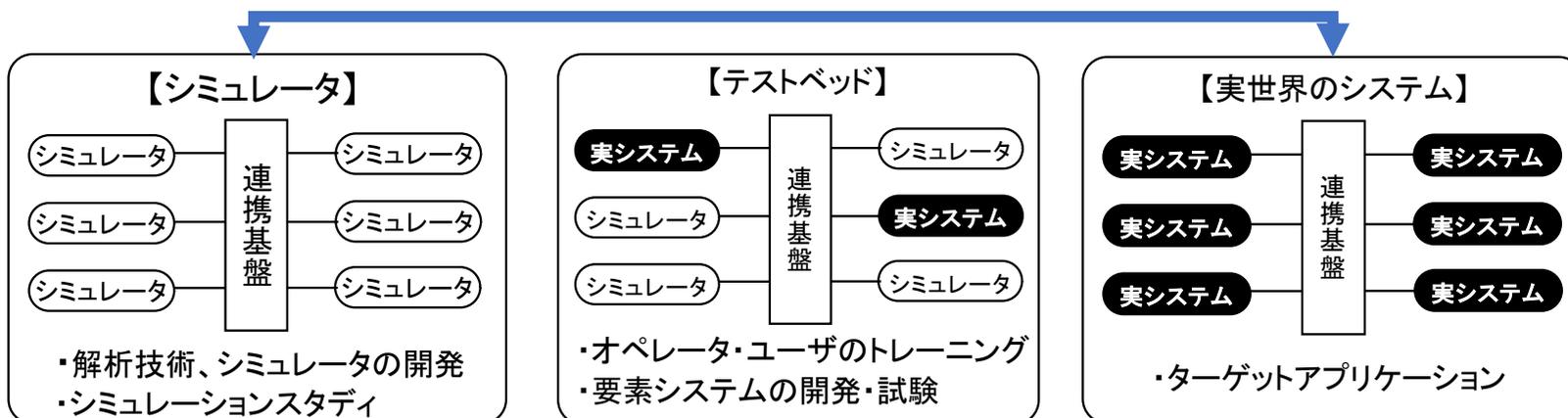


CyReal パラダイム

StarBED5
CyReal
実証環境



デジタルツイン

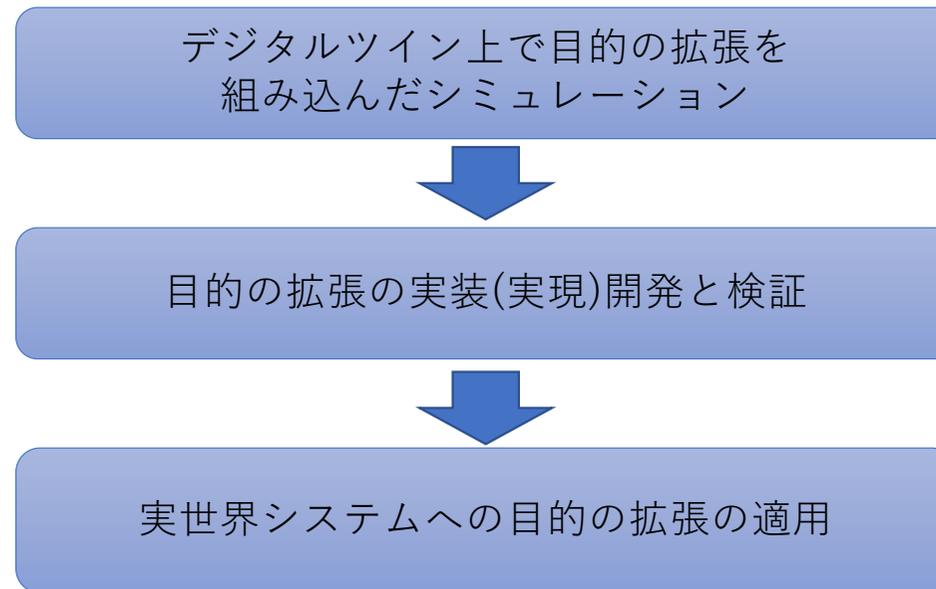


構成システムの差し替えにより無数の異なる動作モードを実現

CyReal v.s. Digital Twin

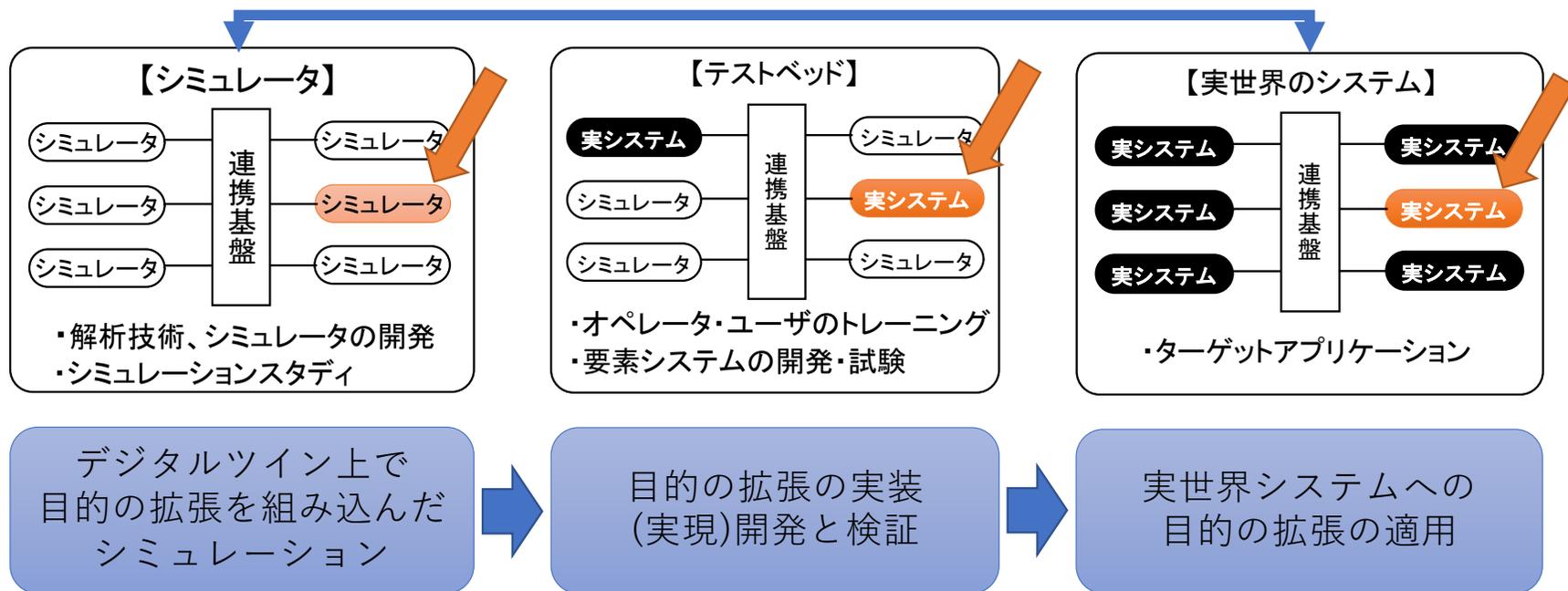
CyRealはデジタルツインの現実的な 実現パラダイムである

- 既存の実世界システムと対応するデジタルツインで可能になる応用は限られている。
- 実世界システムに何らかの拡張を施すことを考えれば明らか。



CyReal パラダイム for デジタルツイン

デジタルツイン



CyReal パラダイムの深化

CyReal連続体に必要な技術

- 既存のHILS, SILS, MILS技術の精査と拡張・導入
- CyReal志向のデザインパラダイム
- クロックの考え方と管理方法
- スケーラブルシミュレーションの技術
- 社会システムへの適用を通じた経験のフィードバック