



高精密農業を可能とする マルチベンダセンサグリッドの提案

科研費 若手研究 (A)「高精密農業を可能とするマルチベンダセンサグリッドの実証的研究」
(H21~23)の助成を受けて

2009.11.13(金) INFSOCワークショップ

峰野博史
静岡大学情報学部
mineno@inf.shizuoka.ac.jp

0



これまでの研究テーマの推移

Advanced Infrastructure Management

Mobile Computing

- ブロードバンド, モバイル通信環境の普及
 - ブロードバンド回線契約数3011万超, ワンセグ, デュアル化, iPhone, FMC
- デジタル情報家電とそのネットワーク化
 - IEEE 802.11, ZigBee, PLC, UWB等のNo New Wire技術, ECHONET, DLNA



<制御機構の水平統合>

- ・アプリケーション
- ・通信制御 (PUC)
- ・トランスポート (IP)

Heterogeneous Network Convergence



異種混在ネットワークを意識しない
モバイル連携サービスの実現

より安全・安心・快適で持続可能なライフサポートを...

Advanced Infrastructure Management

1

無線センサネットワーク(WSN)とは？



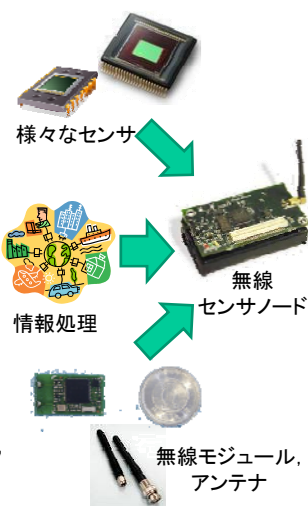
- 「無線ネットワーク」につながった「センサ」？
- 無線センサネットワークの魅力
 - インターネットは過去に作成された情報へのアクセスを可能とするネットワーク
 - 無線センサネットワークはリアルタイム情報へのアクセスを可能とするネットワーク
- 事象を見逃さないように、モニタリング、データ収集、解析をして現状を把握可能に！

2

様々なテクノロジーの結晶



- センサ
 - 小型化, 微細加工, 低コスト生産技術により, 小型・低消費電力・低コストのセンサが開発(オゾン, ニオイ, 味なども)
- 情報処理
 - 小型, 高性能, 低コストでコンピューティングパワーを気軽に利用可能
- 無線/アンテナ
 - 様々な無線モジュール(BT, WiFi, ZigBee, 3G等)の小型・軽量化, 省電力, 高性能化, 低コストチップが開発され組込可能に



3

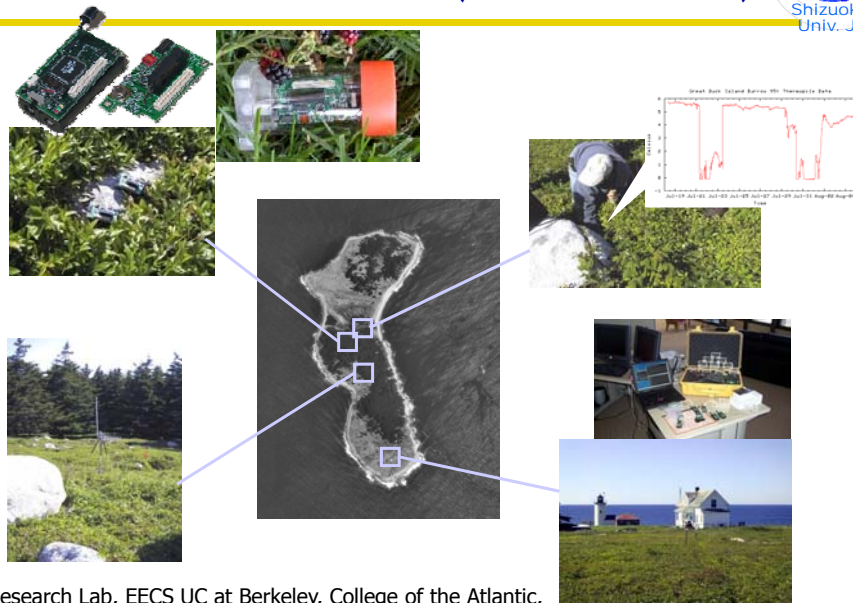
無線センサネットワークの応用分野



- 防犯・セキュリティ
 - 不侵者検知・威嚇, 異常検知方向録画, 危険物監視
- 環境モニタリング
 - 生態系調査, 環境汚染, 防災(水害, 液状化, 土砂崩壊, 森林火災, 火山観測)
- 農業生産支援
 - 精密農業, 植物工場, 生産・流通・保管状況監視
- 構造物劣化監視
 - 橋梁・ビル(振動, ホルト緩み, ワイヤ緩み, 亀裂, 歪み)
- 医療, 健康, ヘルスケア支援
 - ライフログ収集による疾患予防, 自立型介護支援
- その他(教育支援, ビジネス支援, 貨物管理支援, ..)

4




Great Duck Island (2002-2004)



Intel Research Lab, EECS UC at Berkeley, College of the Atlantic, "Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring," 2002.

5


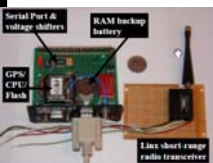
TurtleNet, ZebraNet(DTN)

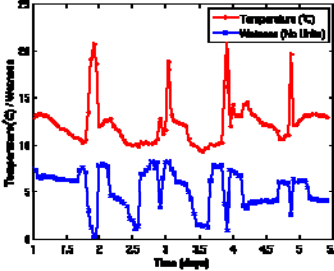




<http://prisms.cs.umass.edu/dome/index.php?page=turtlenet>

ZebraNet: The Big Picture

- Biologists want to track animals
- Current trackers: surprisingly primitive
- ZebraNet: Wireless ad hoc network of zebras...
 - Intelligent tracking collars placed on sampled set of zebras
 - Sensor network: data collected includes GPS position info, temperature, ...



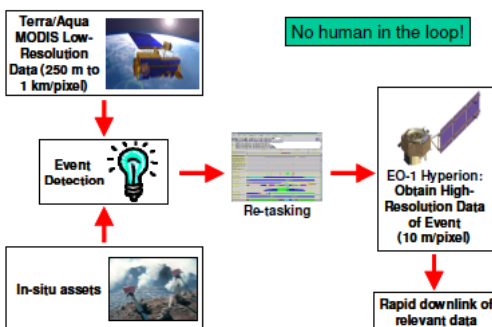
■ 生態学者の要望

- 温度, 湿り気
- トラッキング

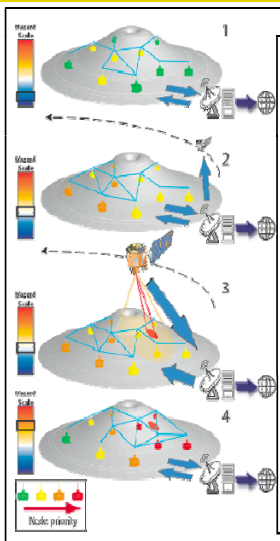
<http://www.princeton.edu/~mrm/zebranet.html> (2004) 6

Volcano Sensorweb

- 火山活動観測など
- イベント検知と再構成
- No human in the loop!



No human in the loop!




1. In-situ sensor-web autonomously determines topology node bandwidth and power allocation.
2. Activity level rises causing self-organization of in-situ network topology and a request for re-tasking of space assets.
3. High-resolution remote-sensing data is acquired and fed back to the control center.
4. In-situ sensor-web ingests remote sensing data and re-organizes accordingly. Data are publicly available at all stages.

Figure 2. Sensorweb Detection and Response Architecture Figure 10. OASIS Concept

<http://ai.jpl.nasa.gov/public/projects/sensorweb/> (2003-2007) 7

PIPENET (IPSN' 07)

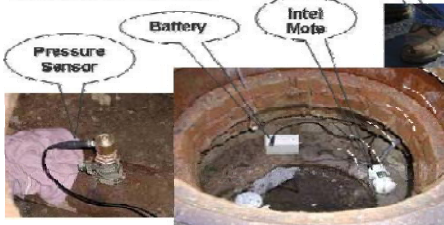


- 下水管老朽化, 破断個所特定, with Boston Water
- 水質, 水位, 流量, 流速, 圧力
- 22ヵ月試用


Tier 1: Mote:
Cluster formation
Battery operated
Extreme environmental conditions
Low data storage requirements
Signal compression & local processing
Short-range communication

Tier 2: Gateway:
Star gate
Powered from the grid
Control cluster formation & queries
High computational power
Time Reference (NTP & GPS PPS)
High data storage requirements
Signal transmission via GPRS, EDGE
Long-range communication

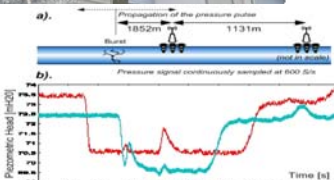
Tier 3: Middleware & Backend:
Web server, Application server
Database server
Analytics
Spatial (and web) visualisation
Network Management Tools



Pressure sensor, Battery, Intel Mote, Antenna



Star gate, 802.11, GPRS




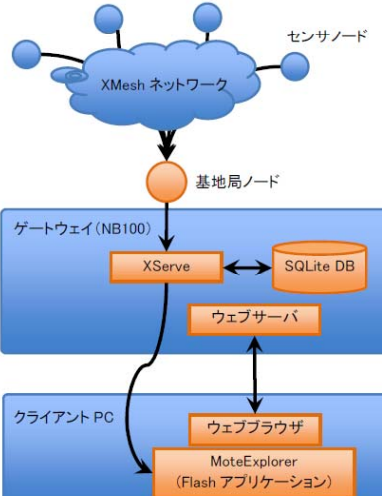
a) Propagation of the pressure pulse
b) Pressure signal continuously sampled at 800 Site

<http://db.csail.mit.edu/dcnui/PhotoAlbum/index.html> 8

最近の応用事例 1

- EcoBinoII (2008-)
 - 店舗内冷蔵機器などを制御して省エネを図る **小売店舗省エネシステム**
 - 稼働ノード約**2万**のセンサネットワーク
 - 住友精密工業とクロスボーのneoMOTE採用
 - 気温, 湿度, 照度
 - 乾電池駆動2ヵ月~1年(モード・通信頻度に依存)





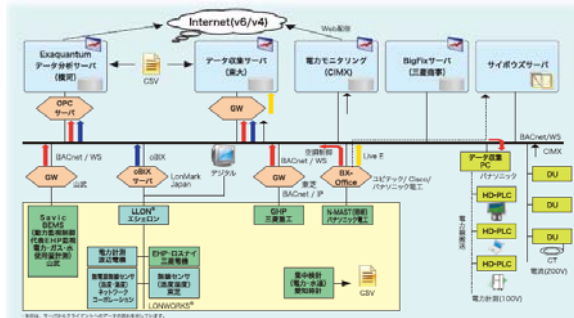
センサノード, XMesh ネットワーク, 基地局ノード, ゲートウェイ (NB100), XServe, SQLite DB, ウェブサーバ, クライアント PC, ウェブブラウザ, MoteExplorer (Flash アプリケーション)

<http://www.xbow.jp/neoKit.html> 9

最近の応用事例2



- グリーン東大工学部プロジェクト(2008-)
 - ファシリティーマネジメントシステムの稼働実態の正確な計測と解析
 - 計測データの解析・表示による効果の検証
 - 先進的制御技術・制御システムの導入とその効果の検証



<http://www.gutp.jp/>

10

最近の応用事例3



- 富士通 センサネットワークソリューション(2008-)
 - IEEE 802.15.4を採用し多数収容可, 省電力実現
 - 温度・湿度・照度など(6秒毎)の把握, 簡易測位
 - ICカードホルダに入れ, 個別情報配信, など
 - 農業ナレッジマネジメントプラットフォームへの応用

- 1台のアクセスポイントに多数の端末を収容可能。
- 温度・湿度・照度モニタリングによる設備内空調管理・照明調整。
- ICカードリーダー搭載によりユーザー個々の情報を配信。

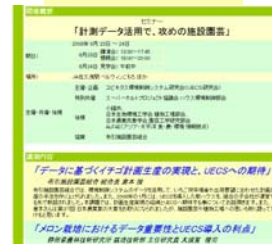


富士通フォーラム2008, CEATEC2008発表資料より

11

植物工場との出会い

- WSN実効性検証への関心
- 「植物工場」の色に惹かれ衝動買い
- UECS 세미나「計測データ活用で、攻めの施設栽培」の発見と参加(2008.6.23)
 - UECSの利活用！
 - フィールドサーバ(中央農業総研)の普及
 - EcoBeanoIIの展開
 - ZigBee/IEEE 802.15.4/UWBの期待
 - Ubiquitous TCP/IP
 - などなど新たな刺激




植物工場(太陽光利用型でも)の理想


- (1) 計画生産によって需要に合わせた適切な供給量調整
- (2) 省エネを意識した最低限の制御によって低コスト生産

- 生育状態に合わせた環境制御で状態制御できれば...
 - 植物の生育変化, 環境変化を取得するには？
 - 葉茎の成長から実の成長にわたった葉色, 草姿, 生育変化などの観測
 - 気温, 相対湿度, 培地温, CO2濃度, 養液量, 光強度などの観測
 - ⇒ センサネットワーク
 - 植物の生育状態を把握するには？
 - 熟練者のノウハウ, 研究機関の成果などから機械学習
 - ⇒ データマイニング
 - 状態に合わせた環境制御を実現するには？
 - 暖房機, 天窗, カーテン, 細霧冷房機, 給液機, CO2発生機, 補光, 集熱機, 熱交換機, ヒートポンプなどを制御 ⇒ アクチュエータネットワーク

高精密農業実現へのステップ




- **ステップ1**
 - センサネットワークを導入し, 生育変化・環境変化, エネルギー消費の変遷を見える化
 - ⇒見える化, 見せる化の実現
- **ステップ2**
 - アクチュエータネットワークを導入し, 環境制御を実現
 - ⇒適正な環境制御によって達成可能な生育制御・省エネ制御を認識
- **ステップ3**
 - データマイニングによる生育状態の把握
 - ⇒生育状態に合わせた環境制御によって, 生育制御・省エネ制御を行って, 計画生産・省エネ化を実現



※センサ/アクチュエータ種別や数, デューティ比などは要求解像度による

14

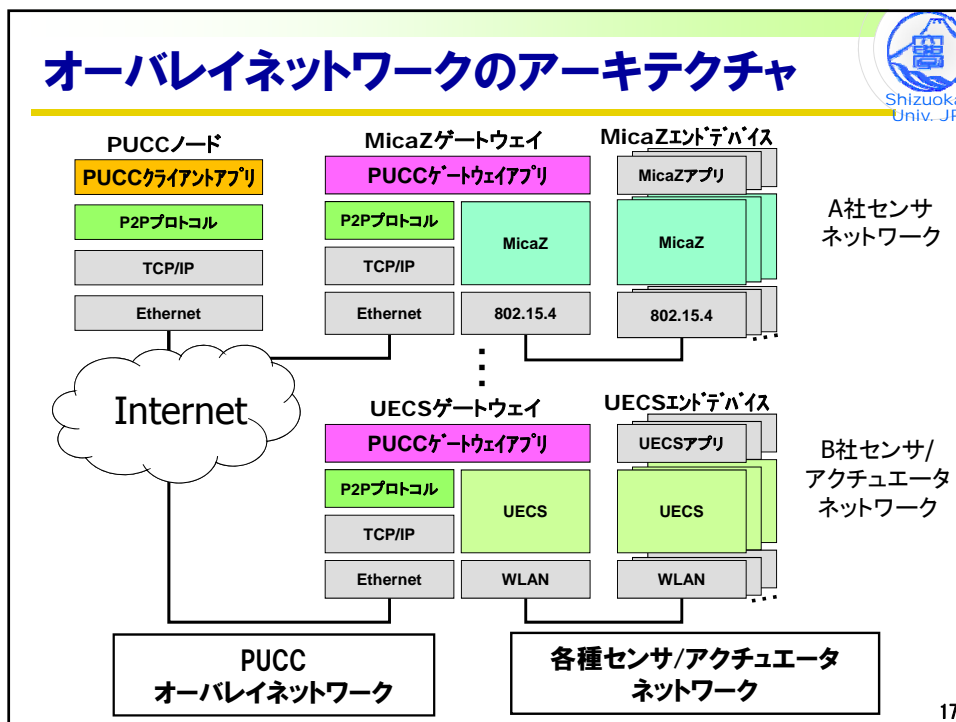
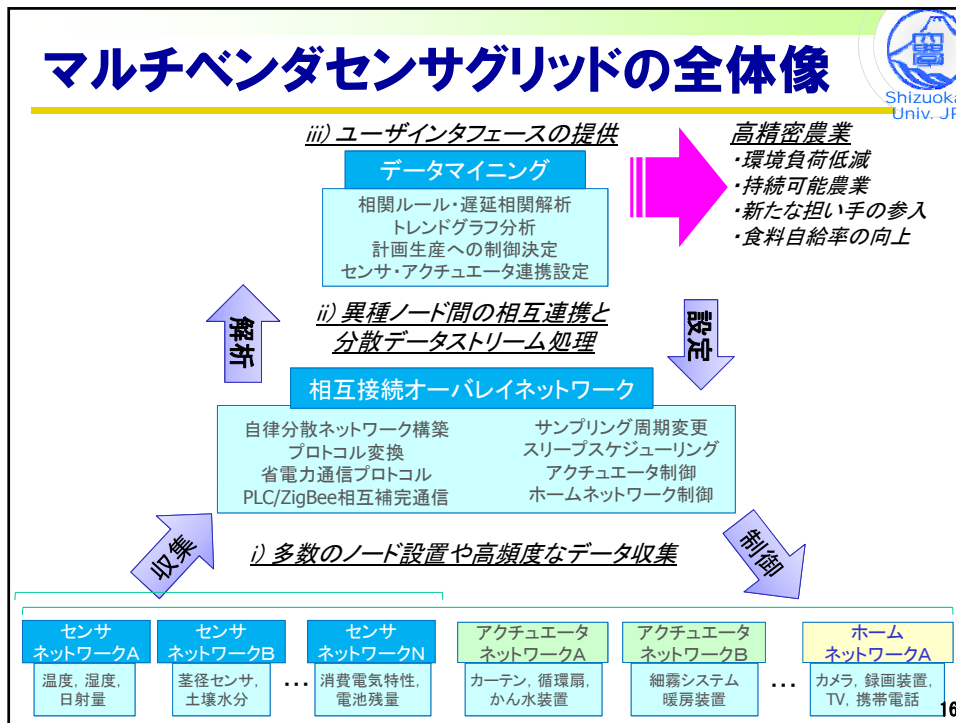
マルチベンダセンサグリッドの提案

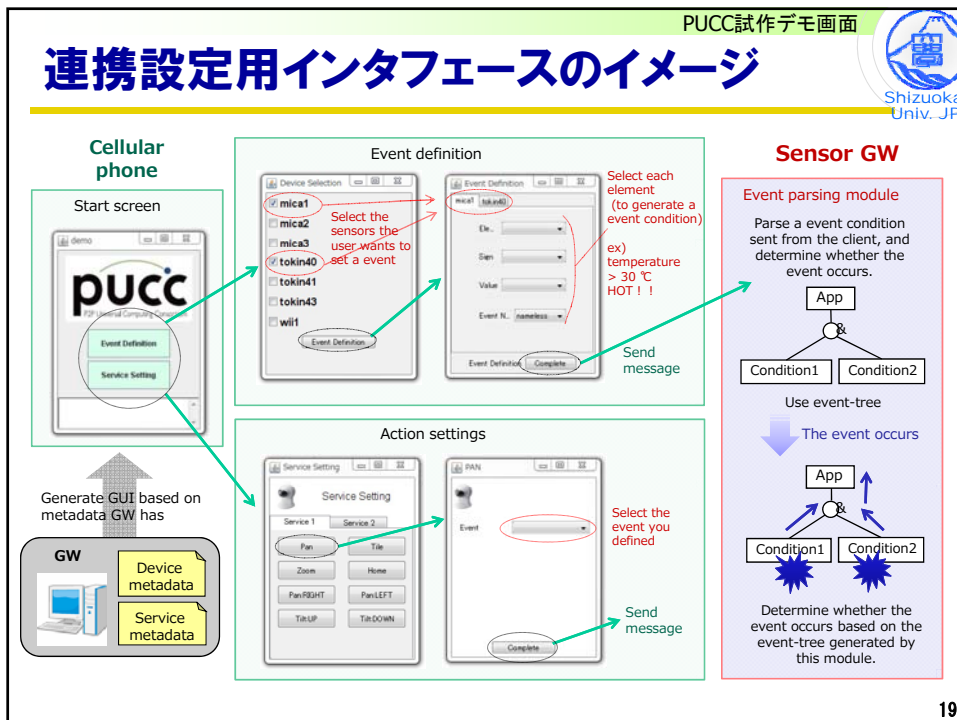
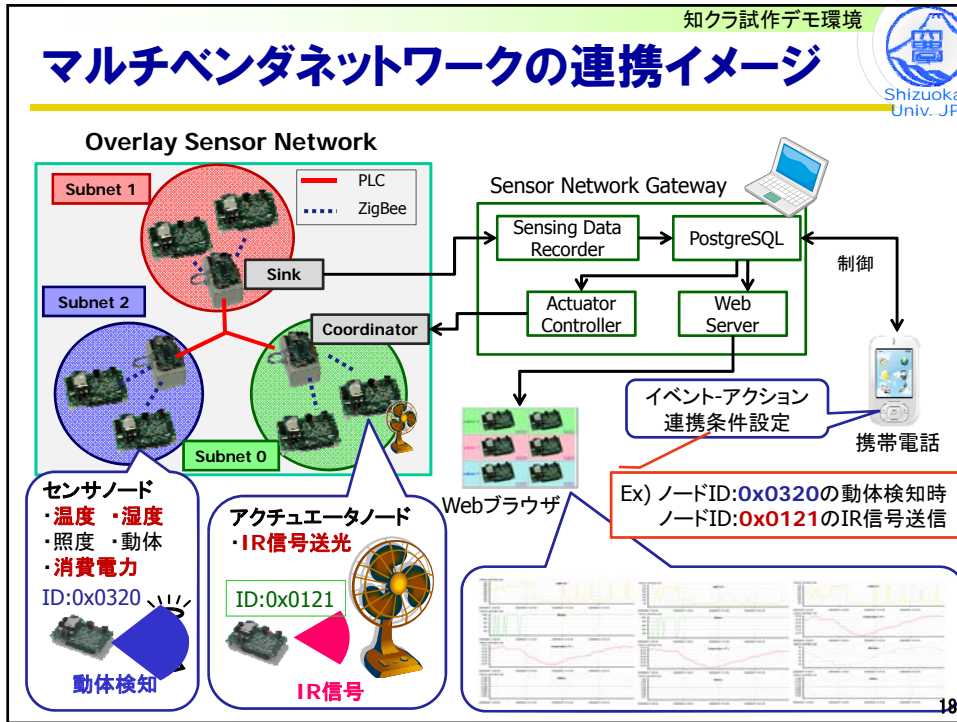


- **センサネットワーク**
 - 多数のノード設置や安定したデータ収集
 - 状況に応じた時間的・空間的な**高解像度センシング**
- **センサ/アクチュエータネットワーク**
 - 多種多様なセンサ/アクチュエータ類の**相互接続**
 - **分散データ処理**
- **データマイニング**
 - リアルタイム大量データを扱うデータストリーム処理
 - 生育状態を把握するデータマイニング

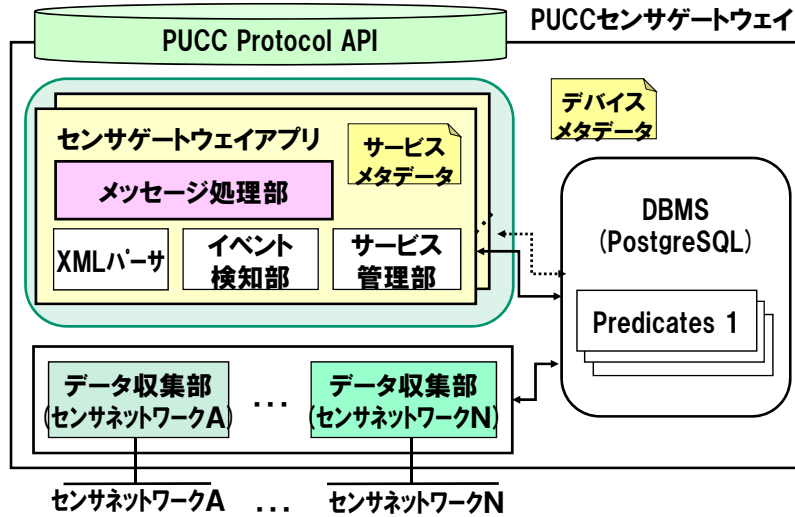
高解像度のデータ管理を行い, 各生育ステージでの判断がどのような影響を与えるか職人の業を形式化

15



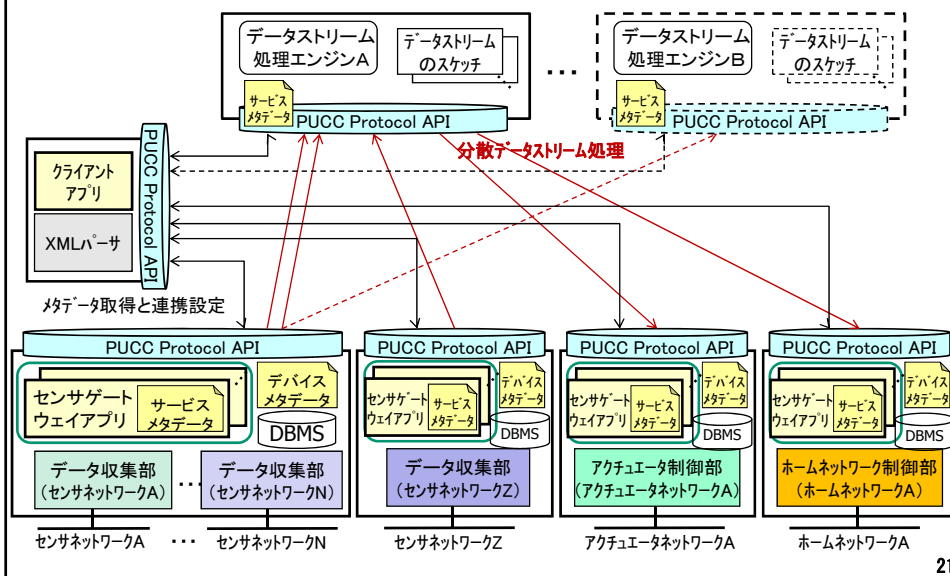


PUCCセンサゲートウェイの概要



20

分散DBMS/DSMSへの拡張



21



センサネットワークメタデータ仕様

- PUCCセンサゲートウェイの提供サービスを記述
 - センサネットワーク情報(センサデバイス数, センサノート情報, 搭載センサ種別・仕様など)
 - サービス情報(ローデータ・イベントデータフォーマット, イベントリストなど)

```

<SensorGateWay type="" id="" name=" short user-
<Specification>
  <URLBase>
  <Manufacturer>
  <Service type="" id="" name=" short user-fr
    <InputParameterList>
      <Parameter name= type=>
        <DefaultValue>U</DefaultValue>
        <AllowedValueList>
          <AllowedValue>UU</AllowedValue>
        XML to declare other allowed values, if any, go here
      </AllowedValueList>
    </Parameter> ...
  </InputParameterList>
    
```

センサネットワーク情報

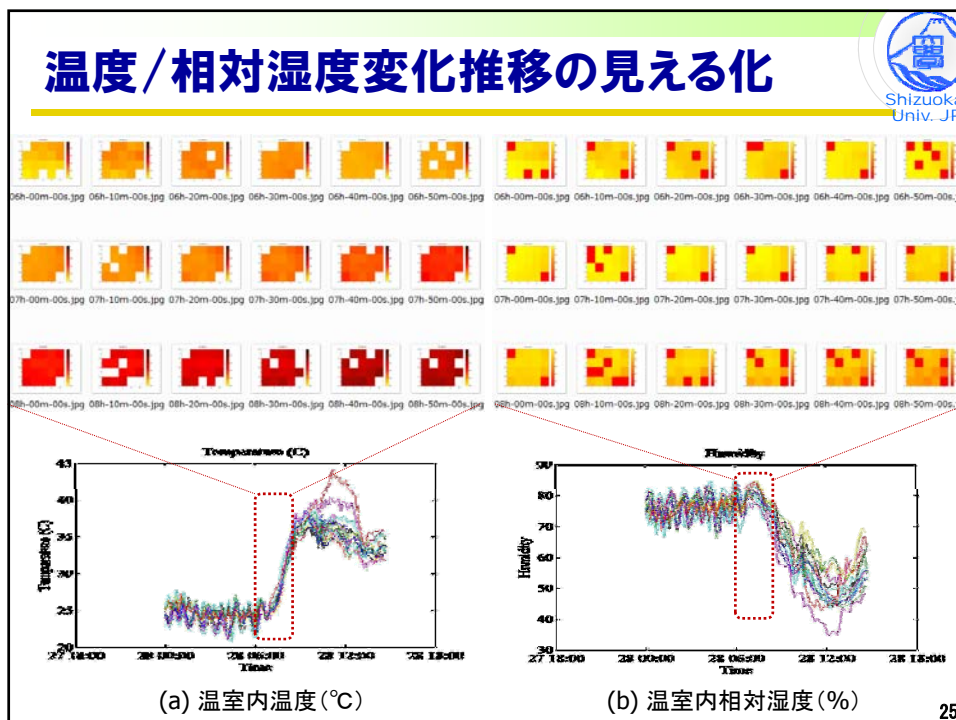
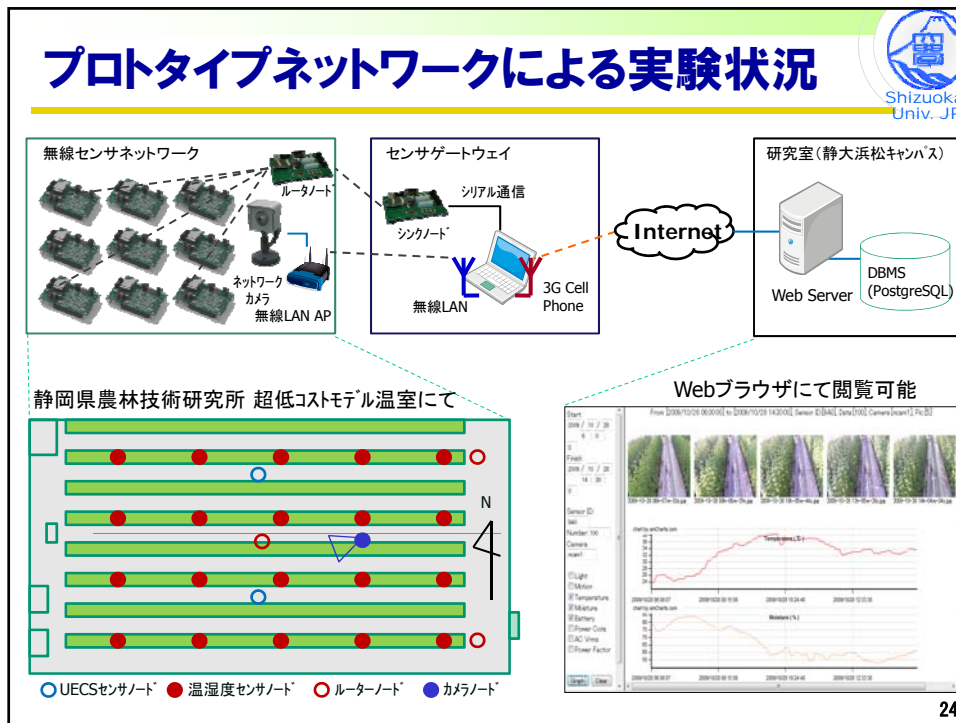
サービス情報




PUCC通信プロトコル概要

- デバイス探索プロトコル
 - デバイスが持つメタデータを探索
 - Discovery Request/Response
- イベント登録プロトコル
 - デバイスで発生したイベントを登録・通知
 - Subscribe Request/Response,
 - Notify, Unsubscribe
- 構造化オーバーレイネットワーク
 - B+木を用いた階層型DHTで効率的な多次元探索









今後の進め方

- センサネットワーク
 - さらに多数のノード設置や安定したデータ収集の実現
 - 状況に応じた時間的・空間的な**高解像度センシング**
- センサ/アクチュエータネットワーク
 - 多種多様なセンサ/アクチュエータ類の**相互接続**
 - **分散データ処理**
- データマイニング
 - リアルタイム大量データを扱うデータストリーム処理
 - 生育状態を把握するデータマイニング




マルチベンダセンサグリッド
 高解像度のデータ管理を行い、各生育ステージでの判断がどのような影響を与えるか職人の業を形式化

26



高精密農業実現へのステップ(続き)

- ステップ4
 - マルチベンダセンサ/アクチュエータネットワークの**差異を吸収し連携**
⇒**既導入システム**へも適応的に機能拡張可能
- ステップ5
 - **着用型バイタルセンサ(携帯?)**(加速度, 体温, 心拍, 血圧, 微振動)
⇒生産者それぞれの健康を定量化, 嗜好や個性, 体調や状況の違いを尊重した人に**優しい農業環境**の実現
- ステップ6~
 - **農業支援ロボット**などを活用した負担軽減
 - 農業経営システム(ゲーム)やノウハウ(攻略本)の販売
 - 様々なネットワーク上の情報を駆使し, **安心安全**(家族の絆・安否, 防犯・防災), 情報共有, 栽培ゲーム, 緑化など**次世代総合アグリシステム**へ



Heterogeneous Network Convergenceによる
Advanced Total Agriculture System

27

<http://www.verticalfarm.com>

将来の夢: Vertical Farm Project

by Prof. Dickson Despommier

- 土地の有効利用, 輸送費削減, 省エネ
- 効果的な環境制御, 循環型農業
- 都市部の雇用創出
- 生活との調和, etc.

by Weber Thompson

by Blake Kurasek

by Chris Jacobs

28