

センサーネットワークの応用研究

下條真司

大阪大学サイバーメディアセンター

センサーネットワークの

- 応用
 - Pragma Telescience
- ミドルウェア
 - Grid
 - Piax nano
 - 特定研究、特に支援班
- ネットワーク
 - JGNの研究

Global Environment for Networking Investigations (GENI)

- <http://www.nsf.gov/cise/geni/>
- アプリケーションシナリオ
 - Digital life.
 - Managing the auto commute.
 - Disaster recovery.
 - Understanding and affecting the planet in real-time.
- Technical Problems
 - Security Challenges
 - Storage
 - Simplifying Management
 - 24X7
- Infrastructure for Research
 - PlanetlabとEmulab
 - 256台、256TB以上が全世界で20-30サイト

Pacific Rim Application and Grid Middleware Assembly: PRAGMA

A community
building collaborations and
advancing grid-based applications

Peter Arzberger, parzberg@ucsd.edu
Philip Papadopoulos, phil@sdsc.edu



20 September 2003
LTER ASM

<http://www.pragma-grid.net>



Founding Motivations

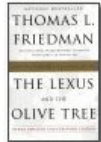
- Science is an intrinsically global activity



IVOA



- The grid is transforming computing and collaboration



e-Science Core Programme

The UK Research Councils



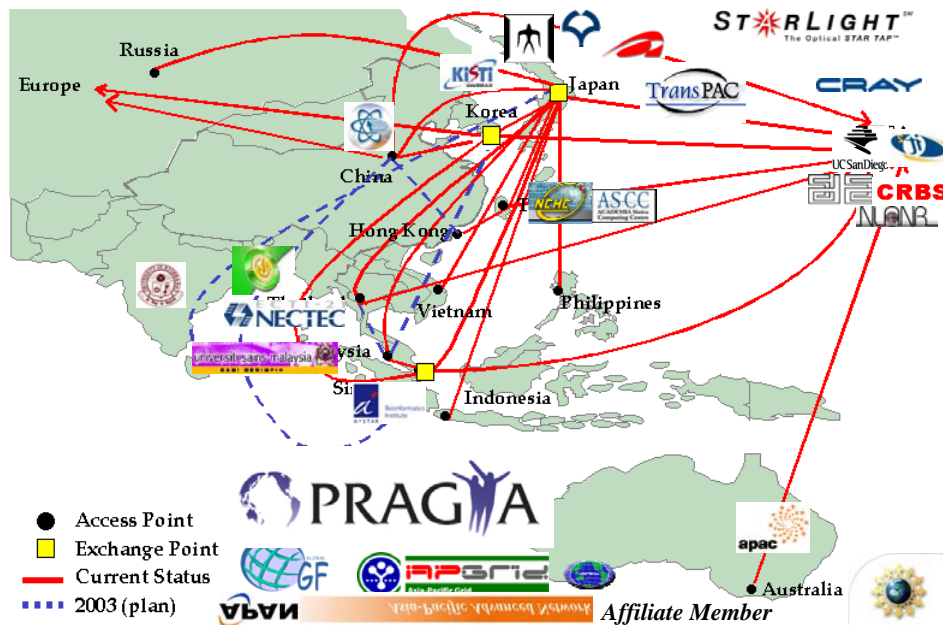
- The problem remains that the grid is too hard to use



- Middleware software needs to interoperate



PRAGMA PARTNERS




PRAGMA


Overarching Goals

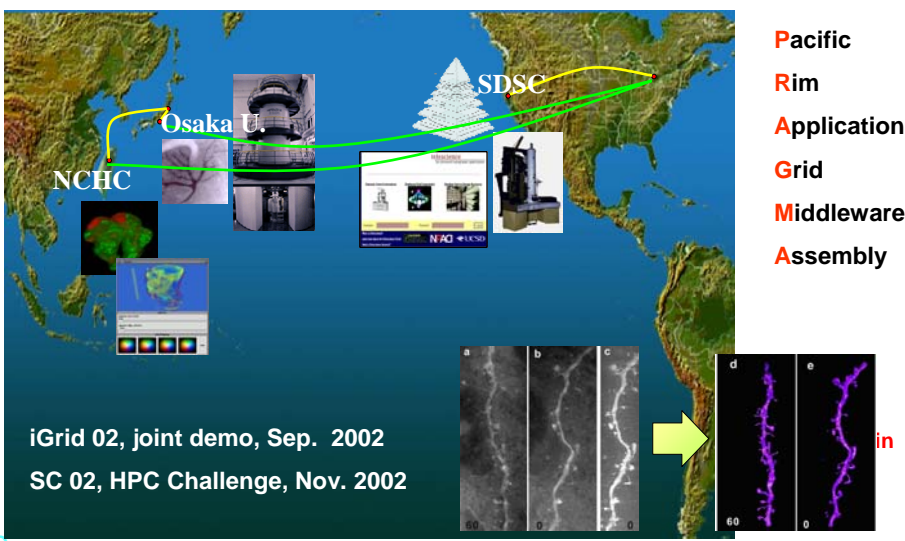
Establish sustained collaborations
and
Advance the use of the grid technologies for applications
among a community of investigators working
with leading institutions around the Pacific
Rim

Working closely with established activities
that promote grid activities or the underlying infrastructure,
both in the Pacific Rim and globally.

PACIFIC RIM APPLICATIONS AND
GRID MIDDLEWARE ASSEMBLY



◆ Tele-science on Tomography (大阪大学、NCHC、SDSCによる) 



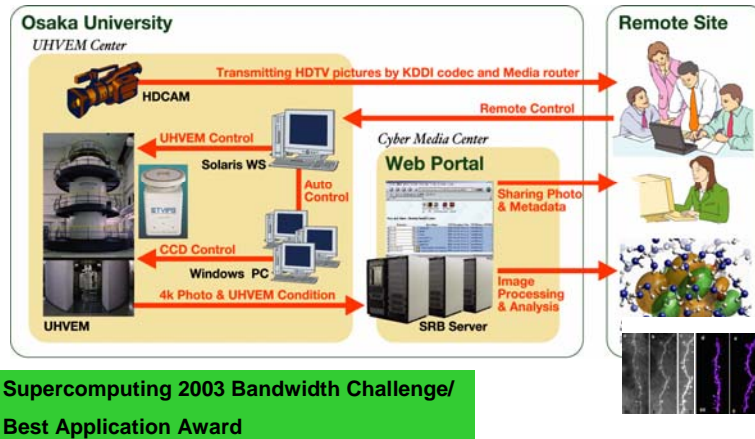
Pacific Rim Application Grid Middleware Assembly

iGrid 02, joint demo, Sep. 2002
SC 02, HPC Challenge, Nov. 2002

Provided by Dr. Naoko Yamada (NCMIR)

Telecontrol and image processing system prototype

- HDTV transfer system
- Image analysis web portal



Grid-Oriented Environmental Observation:



Plan for Global Lake and Coral Reef Observation

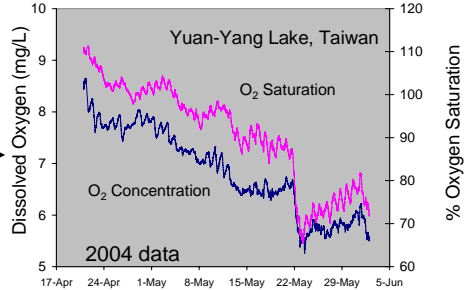


Courtesy by Fang Pang Lin @ NCHC, TW

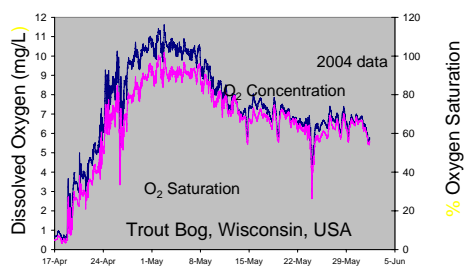


Changes in daily oxygen used to calculate lake productivity and respiration

Yuan-Yang Lake, Taiwan



Trout Bog, Wisconsin, USA

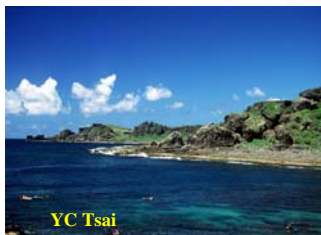


Data Management by Longjiang and Tony

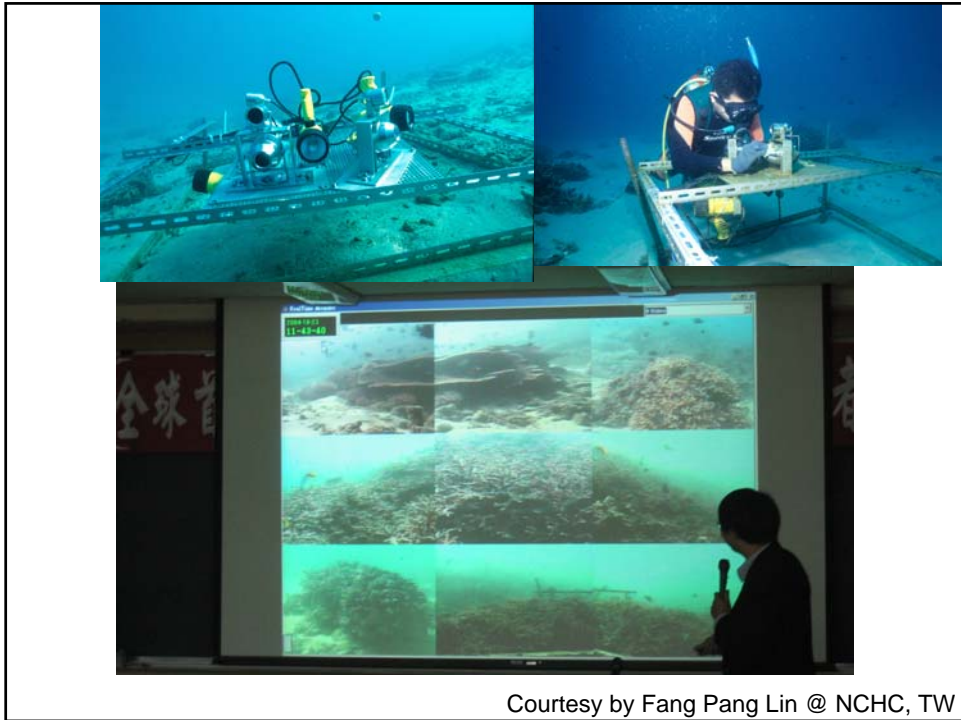
Courtesy: Hen-Biau King

Five stations of LTER Project

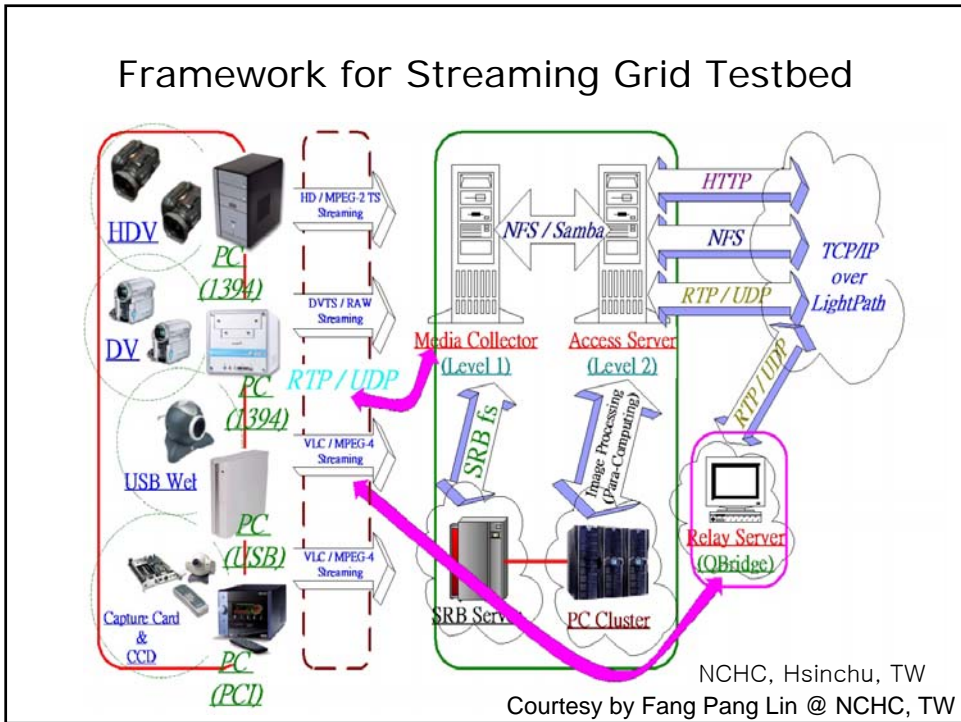
- ▲ Wanlitung (bridging a protected and a non-protected zone)
- ▲ Reidashih (protect zone, soft corals)
- ▲ Inlet Bay of 3rd NPP (protected zone)
- ▲ Tiaoshih (non-protected zone)
- ▲ Chuangfanshih (protected zone, stony corals)



Courtesy by Fang Pang Lin @ NCHC, TW

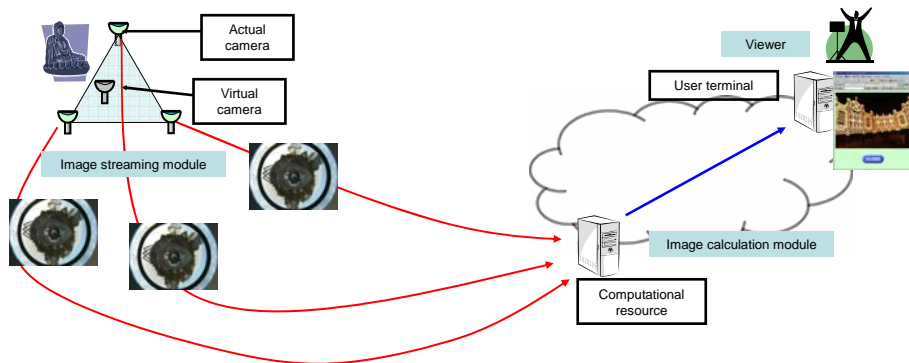


Courtesy by Fang Pang Lin @ NCHC, TW



Telepresence system with omni-directional cameras

- Currently developing prototype system
 - It consists of image streaming module, Image calculation module, and viewer.
 - Images come from one PC with three omni-directional cameras.



Collaborators

- **NCHC (TW):** Eugene Yeh, Fay Sheu, Jing-Jou Yen, Fang-Pang Lin, Sun-In Lin, Shi-Wei Lo, Te-Lung Liu, Jiunn-Jye Chen, Hsiu-Mei Chou, Po-Wen Chen, Yao-Tsung Wang, Kuen-Yu Huang, I-How Shiau
- **NMBA (TW):** Tung-Yung Fan, Yung-Hui Chen
- **Academia Sinica (TW):** Rong-Quen Jan, Kwang-Tsao Shao
- **SDSC (US):** Arun Swaran Jagatheesan, Arcot Rajasekar
- **Calit2/UCSD:** Peter Arzberger
- **Nara Institute of Science and Technology (JP):** Kazutoshi Fujikawa
- **CMC, Osaka University (JP):** Shinji Shimajo
- **CANARIE (CA):** Herve Guy, Jun Jian, Thomas Tam
- **AIAI, Edinburgh University (UK):** Jessica Chen-Burger, David Robertson.

Osaka University Cybermedia Center

OptIPuter

DVC (Distributed Virtual Computers)

- 光ネットワークで接続されたノード全体を1つのPCとみなし、ネットワークがバス、各ノードが特化したパーツとして処理を分担するインフラ
 - Compute Node (CPU, 物理メモリ)
 - Data Node (RAID化されたHDD)
 - Visualization Node (グラフィックカード)
 - 大規模な実験機器 (センサーなどの周辺機器)

計算処理 PC

可視化処理 クラスタ

光ネットワーク

実験機器

ストレージ クラスタ

センサー

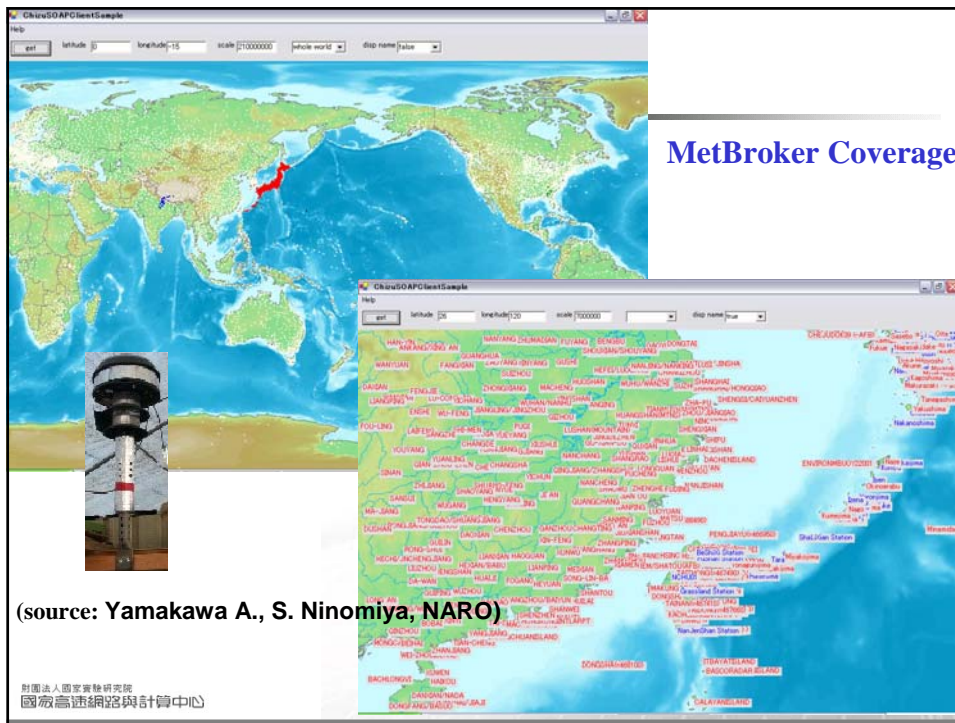
馬場@CMC

Persistent Collaboration Spaces

- Hardware installations assembled at each site.
- Unify SW at each site (Rocks Viz Roll w/ stable integration of SAGE)
- TeraVision for Streaming HDTV (video conferencing and microscope outputs)

Goal: Use these systems for conducting collaborative experiments

OptIPuter All Hands Meeting, 2006 NCMIR



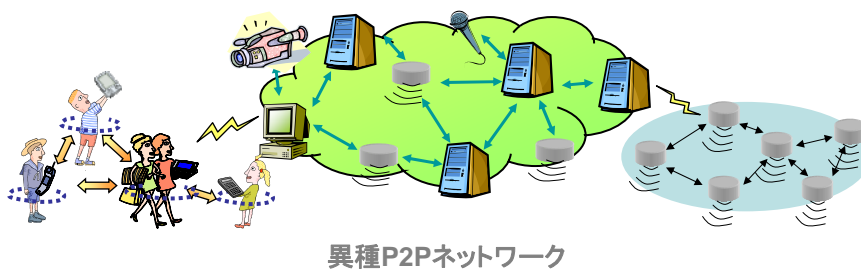
iz explosion

ユビキタスコンテンツネットワークに対する
管理・統合基盤に関する研究

特定領域研究
領域代表者: 喜連川優

情報爆発時代の到来(1/2)

- 様々な形態のネットワークが混在・相互接続
 - 固定ネットワーク, 無線モバイル(アドホック)ネットワーク, センサーネットワーク
- 膨大量のデータが溢れかえっている.
 - 公開情報, 個人情報, センシングデータ

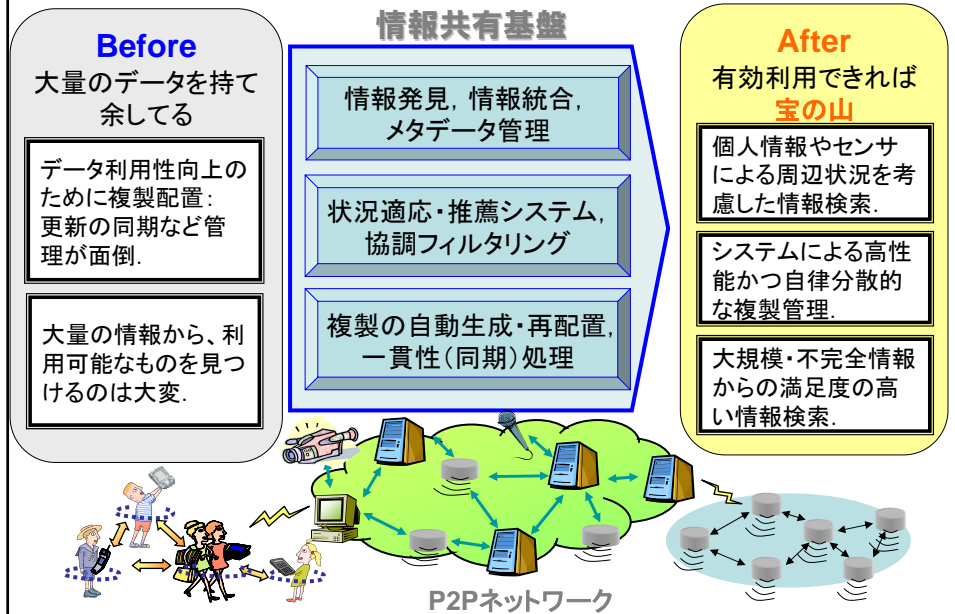


情報爆発時代の到来(2/2)

- これまでのP2Pネットワーク技術
 - 比較的に単純なモデル化(論理ネットワーク)
 - データ可用性, 検索効率の向上が主目的
- 情報爆発時代のP2Pネットワーク
 - 膨大量データが混在ネットワーク内に溢れている.
 - 高度な情報検索・管理・フィルタリング機構の必要性(膨大な量のデータから重要なもののみを抽出)

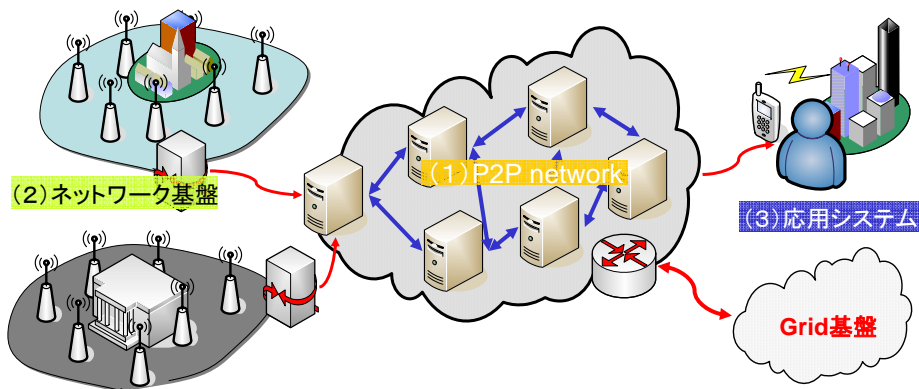
従来のP2Pネットワーク技術では不十分
情報爆発を考慮した新たな技術の必要性

情報爆発時代における情報共有基盤



研究開発チーム構成

- (1)ピア・ツー・ピア(P2P)ネットワークにおけるコンテンツ共有基盤の研究(原)
- (2)ユビキタスネットワークコンテンツを支えるネットワーク基盤の研究(村田)
- (3)ユビキタスネットワークコンテンツのメタデータ管理基盤とその応用システムに関する研究(下條、伊達、野崎、加藤、秋山)



個人情報・センサーデータ爆発時代の情報共有基盤

情報爆発時代の到来

個人情報、センサー情報、公開情報がそれぞれ膨大な量となり、**現状では**、全く有効利用できていない(ただのゴミ)。

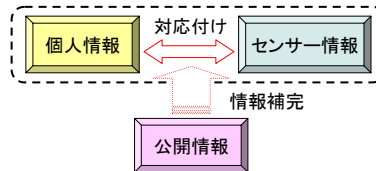
情報爆発の解決＝情報の統合利用

(Step 1) 個人の情報空間へのマッピング

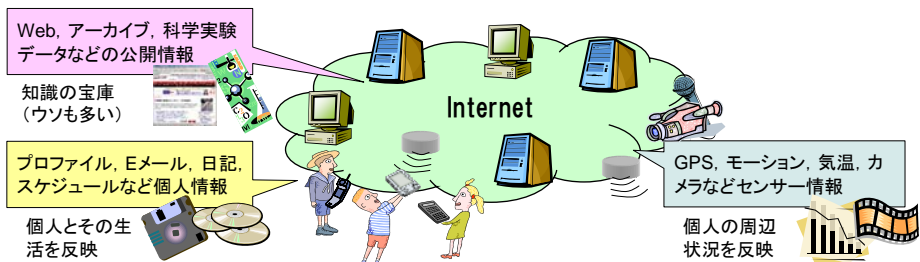
過去の個人情報＋センサー情報により、個人の行動を意味付けする。

(Step 2) 行動・意思決定支援

現在の個人情報＋センサーからユーザの行動を予測、適切な情報提供、行動支援を行う。



従来とは比べ物にならない高度な情報提供、意思決定・行動支援が可能
(例) 病気の早期発見、精神状態の把握



5年間で目指すこと

- 個人情報やセンシング情報を用いた状況把握型の情報検索
 - － 異種情報の統合利用のためのメタデータ管理
 - － コンテキスト情報を用いた状況適応検索
- システムによる高性能かつ自律分散的なデータ管理
 - － ネットワーク特性(無線, 有線, トポロジ変化, etc)を考慮した省電力・低コストな複製配置・更新管理
- 大規模・不完全情報からの満足度の高い情報検索
 - － 大規模不完全情報を対象とする協調フィルタリング
 - － アクセス可能なデータ集合を考慮した, ベストエフォート型, ユーザ誘導型の問合せ処理・情報推薦

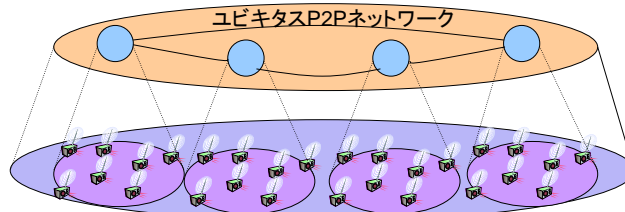
ユビキタスネットワークにおける資源発見

ユビキタスネットワーク

- 膨大な情報資源が発生
- ノード(ユーザノード, センサノード)の参加・離脱
- (無線)通信状態の変化にともなうトポロジ変動

大規模不完全情報源からの効率的な情報検索

- 自律分散・自己組織型制御
- ユーザの要求レベルに応じた情報資源の提供
 - 応答性: 不完全な情報を高速に提供
 - 信頼性: ネットワーク内情報交換により精度・確度向上



センサネットワーク

「ユビキタスネットワークコンテンツを支える ネットワーク基盤の研究」

平成18年度
平成19年度

有線ネットワーク上のP2Pネットワークにおける
物理ネットワーク特性を考慮した資源発見機構

- パワー則を持つ物理ネットワーク上での
パワー則を持つP2Pネットワークの構築
- 物理ネットワークトポロジに合致したP2Pネットワークでの
効率的な資源発見機構
- 数学的解析およびシミュレーション実験による性能評価

平成20年度
平成21年度

無線センサネットワークにおける
情報資源発見機構

- 前フェーズ提案機構のプロトタイプシステム構築および実測評価
- 無線センサネットワークの特性を考慮した資源発見プロトコル

平成22年度

大規模運用評価

- 他の研究開発項目で構築された技術との統合
- ユビキタスコンテンツ爆発にむけた
新しいデータ管理・解析基盤の確立

拡張

大規模不完全情報源からの効率的な情報検索

物理的に近いピアが隣接ピアであるP2Pネットワークを構築

- 物理ネットワークへの負荷を軽減
- 早く応答したピア = 物理的に近いピア → **高速な取得**

パワー則にしたがうP2Pネットワークを構築

- ネットワークの直径増大を抑制 → **高速な検索**

センサノードやセンサ情報の属性にもとづく情報資源発見

- 様々な種類のセンサネットワークへの対応
- アプリケーションに依存したデータセントリックな通信 → **省電力で効率のよい情報資源発見**

P2P-センサーネットワークの応用



セキュアなメタデータ管理

RBAC認証を用いたメタデータアクセス管理

上位層で構築されるアプリケーションに対して、ユーザがVO内で保有する"Role"に応じて、Gridレイヤで構築されるVOのリソースに対して安全にアクセス・管理できる技術の開発

生物免疫システムをエミュレートした機能分散配備型メタデータ交換網の構築

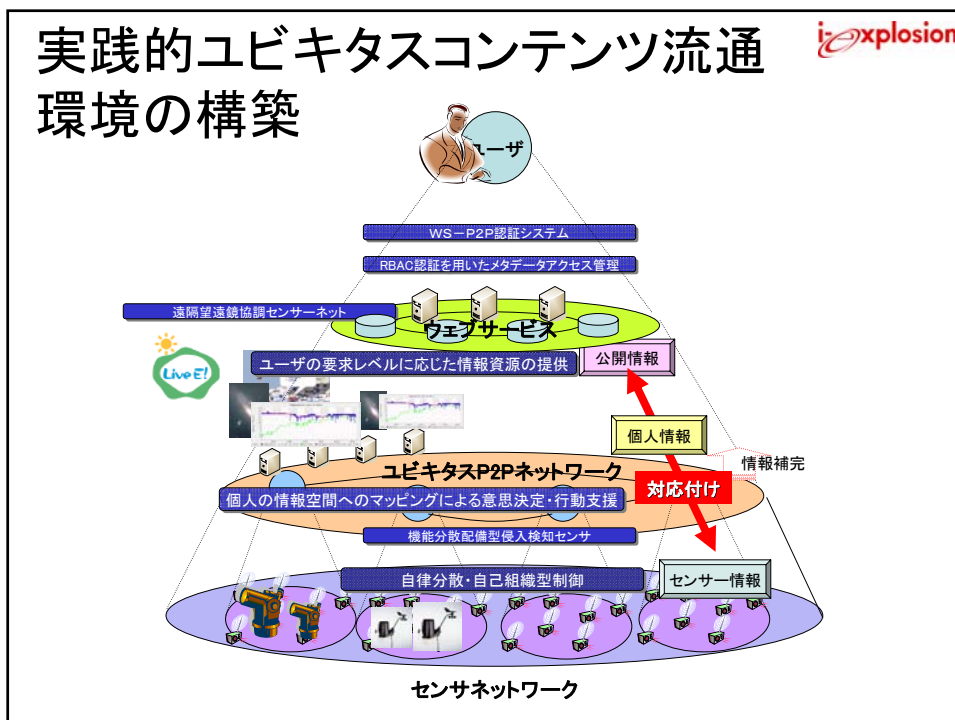
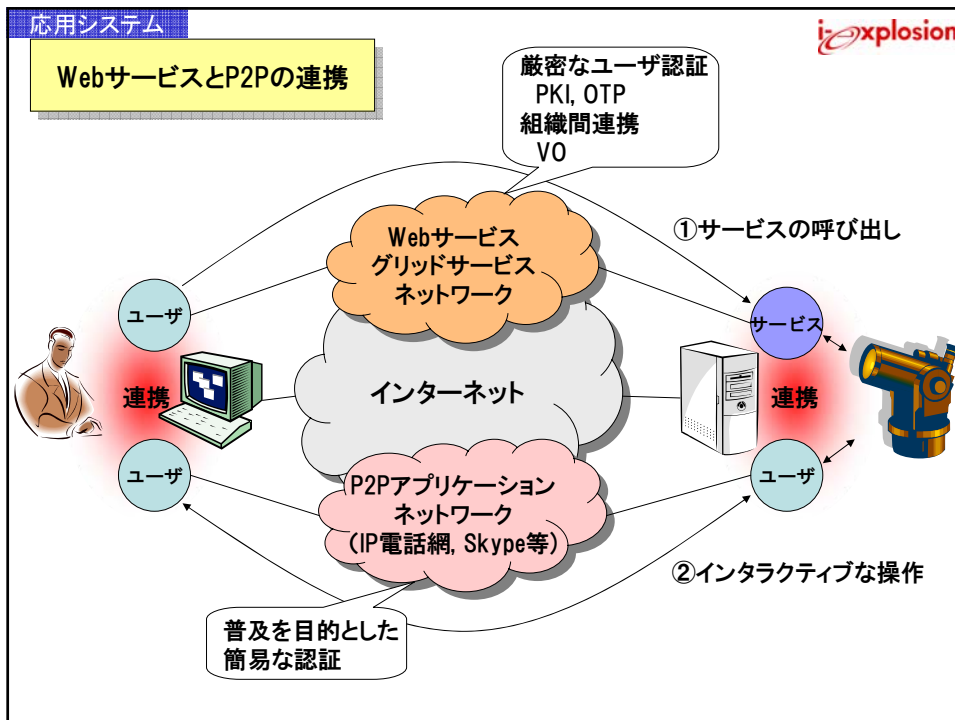
Grid P2Pレイヤでの侵入検知情報を生物免疫システムをエミュレートした自律的な防衛網を構築する

高解析網羅率
高精度

機能分散配備型侵入検知センサ

大容量化するネットワーク上で展開される、高度化・多様化するコンピュータネットワークへの攻撃に対して、並列分散技術を利用し高速かつ効率よく侵入を検知する技術・手法の実現

自律性を有する防衛網



センサネットワークテストベッド(支援班)



センサネットワークにおける資源発見機構などを
容易に実装、実験可能なセンサネットワークテストベッド

- 多様な環境:
輻輳制御、経路制御など下位層プロトコルの実験
- 多様なセンサ:
情報収集機構、ユーザインタフェイスなど中位、
上位層プロトコルの実験

- 市街: オープンスペース、障害物多
- 交通・通行(人感、車感知、カメラ)
 - 環境情報(気温、湿度、降雨、風、COx、日照)



- 所望のプロトコルを容易に実装可能なプログラム容易性
- 所望のプロトコルを容易に導入可能な導入容易性
- 所望のシステム構成に変更可能な変更容易性
- 実験結果の分析を容易にするためのログ収集管理機構
- テストベッドの維持管理を容易にするメンテナンスフリー

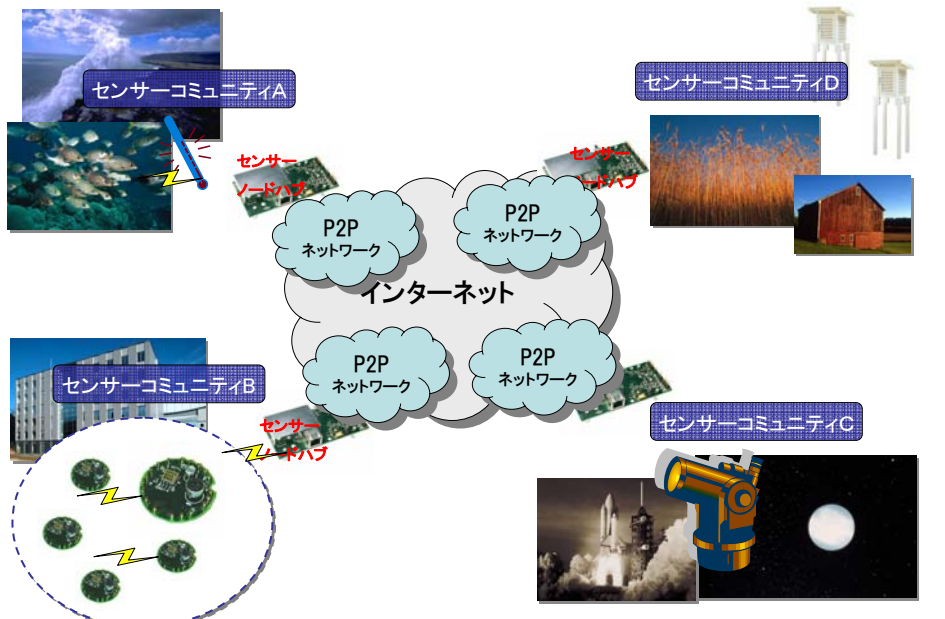
- 農場: オープンスペース、障害物少
- 農地情報(気温、湿度、降雨、日照、土壌、カメラ)



- 屋内: 電波状態悪
- 職住環境情報(室温、湿度、日照、人感)
 - ヘルスモニタリング(振動、歪み、化学反応)
 - 防犯・防災(侵入検知、火災、煙、漏電、カメラ)



研究開発基盤システム(支援班)



購入予定機材



- MICA-Mote システム一式

- Mote端末
 - MICAz (MPR2400J)
 - 2.4Ghz-ieee802.15.4
 - » MOTE-Zigbee両対応



- センサ基盤
 - MTS310
 - 音・光・温度・2軸加速度・2軸磁気センサー



- 基地局
 - MIB600
 - イーサネット基地局



- MOTO開発キット一式

- OS: TinyOS

- ミドルウェア: TinyDB, TinySec
- PC1台 64bit 16GB memory

実現手順



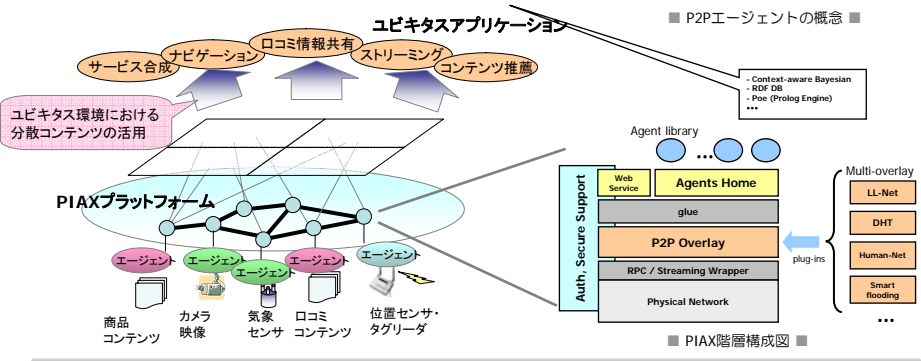
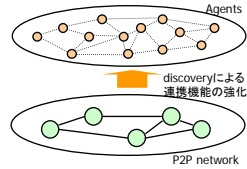
- 1年目
 - 利用者へのヒアリング
 - 特定の環境への小規模センサネットワーク敷設
 - センサーノード、プラットフォーム、ミドルウェアの検討
 - アプリケーションレイヤについて、プロトコルの開発、導入、実験を容易にするための開発環境の開発
- 2年目
 - アプリケーションレイヤプロトコル開発環境の開発 - 継続
 - アプリケーションレイヤの部分的な実証実験
 - 中位レイヤの開発環境の開発
- 3年目
 - 中位レイヤの開発環境の開発 - 継続
 - センサネットワークテストベッド拠点の拡大(それぞれは小規模であってもよい)
 - テストベッド共用のためのスキーム策定
- 4年目
 - センサネットワークテストベッドの共用開始
 - 利用者のニーズに応じたセンサネットワーク改良(ノード、センサの追加など)
 - 拠点間を結ぶネットワーク(ユビキタスP2Pネットワーク)の構築
- 5年目
 - センサネットワークテストベッドの広域展開
 - 種々の実証実験

PIAX: P2Pエージェントプラットフォーム



特 徴

- コンテンツ/ピアの位置に基づくP2Pネットワーク構成
- エージェントによるピア上へのアプリケーション機能の移動, メッセージング
 - 検索・推薦エージェントによる分散情報検索・推薦
 - SNS エージェントによるソーシャルネットワーキング
 - 分散演繹エージェントによる動的コンテキスト生成
- 標準インタフェース (Web Services/SOAP) への対応



LL-Net: 位置情報に基づくP2Pネットワーク

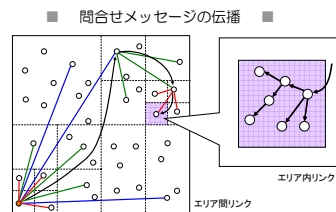


背 景

- 固定端末, モバイル端末, センサー類がネットワークに接続
- 端末自身からの情報発信 ⇒ P2Pネットワーク
- 地理的範囲を限定した情報資源発見の要求増大

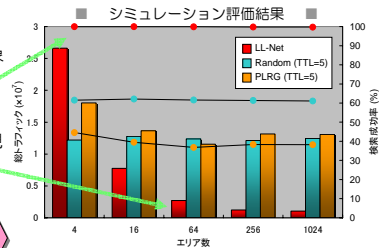
提案手法

- 端末の位置情報に基づいてP2Pネットワークを構築・維持
- 対象世界を矩形のエリアに分割
- モバイル端末の接続・切断・移動に応じて, P2Pネットワークを動的に構成
 - エリア間は隣接エリアと階層的にリンクを維持
 - エリア内は木構造となるようにリンクを維持
- 問合せメッセージは, 適切なエリア間リンクを使用して対象エリアまで伝達し, 対象エリア内でフラッディング



効 果

- 総トラフィックを抑えながら, 100%に近い検索成功率を実現



大規模ユビキタスネットワーク環境 (数十万人規模のユーザ, コンテンツを含む) で円滑なコンテンツ発見やP2Pコミュニケーションを可能とする基盤確立!



PINAX(仮称) : センサのピア化

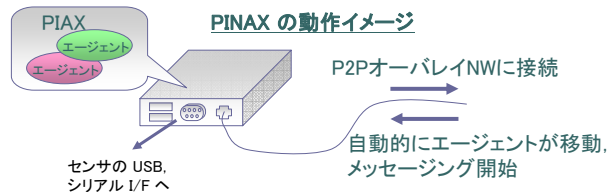


センサ等の装置をピア化して P2P に参加させ、エージェントを駆動して各種 P2P アプリケーションへの情報発信を可能とするデバイスを開発

- PINAX の動作にチューンした必要最小限のハードウェアモジュール, OSを搭載
- 入出力ポート:USB×2, シリアル×1, Ethernet(PoE)
- センサデバイスの接続手順
 1. センサデバイスをUSB(シリアル)に接続
 2. ウェブ経由で簡単セットアップを実行(IP設定, 位置情報設定, etc)
 3. 接続デバイス, 参加アプリケーションに応じたエージェントがピアに移動
 4. seed.piax.org をシードとする P2P ネットワークへ自動 JOIN
 5. センサ情報を発信するピアの一つとして動作を開始, 以後, PINAX をベースとする各種P2Pアプリケーションから利用可能となる



PINAX プロトタイプ



大阪大学

Work In Progress



- PINAX OS Project
 - Debian ベースで, PINAX 動作に最適化された最小限の組み込み Linux を開発する
- GCJ PINAX Project
 - ネイティブコードコンパイラ GCJ で動作するよう改造
 - もっと小さいアプライアンスへの適用
- 実用化
 - 商用サービスに耐え得る信頼性, 耐障害性
 - 認証エージェント機能
- 分かりやすいアプリケーションの開発
 - ショッピングモールナビゲータ(昨年度)
 - MapWiki



大阪大学

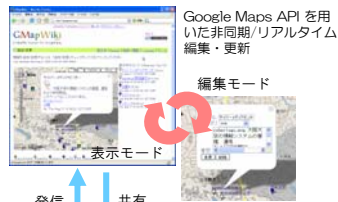
MapWiki: 共有地図を用いた ユビキタスコンテンツ流通システム



共有地図を媒介としたロコミ型ユビキタスコンテンツ流通を実現

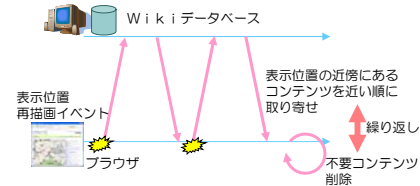
特長

- 共有地図上に誰でもコンテンツを追加可能
- ブラウザ上のリアルタイムな情報更新
- Wiki記法によるシンプルなリンク記述



インターネット、携帯端末からの自由なコンテンツの発信と共有

リアルタイムな情報更新 Closeness-First Update



シンプルなリンク記述 Location-Dependent WikiName



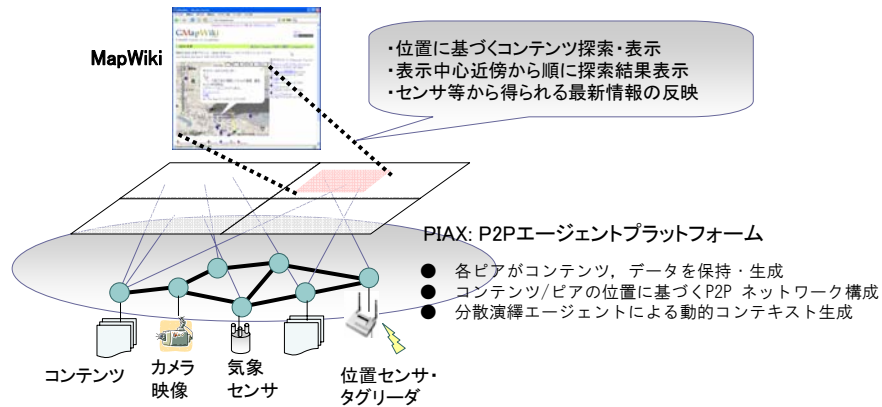
大阪大学

PIAX に基づくMapWiki 実装



MapWiki を P2Pエージェントプラットフォーム PIAX 上に実装

- ロコミ情報共有サービスへの参加・離脱が容易に行なえ、自由なコンテンツ発信、アクセス制御が可能
- P2P アーキテクチャによりスケーラビリティ、規模拡張性を確保



大阪大学

まとめ



- センサーネットワークはわが国の得意とするネットワークのこちら側
- そのためのアーキテクチャを今提案すべき
- GridからP2Pへのアプローチ
- 実証実験的アプローチでがんばろう

Thanks to



- Telescience Project, JGN II、特定研究
 - 馬場健一、秋山豊和、野崎和憲、伊達進@大阪大学、加藤誠一@兵庫医大
 - 藤川和利@奈良先端
- 特定研究@情報爆発
 - 原隆浩、若宮直樹、村田正幸、喜連川優
- ECOGRID, GLEON
 - Fang Pang Ling@NCHC TW
- PRAGMA
 - Peter Arzburger@UCSD
 - PRIME kids
- MET Broker
 - 二宮@農水、木浦
- BIRN
 - Tomas Molina, Mark Ellisman@UCSD, et. AI
- UAA
 - 寺西祐一、春本要 et. AI.