

# 次世代ユビキタス・ネットワークを 探る

河口 信夫

名古屋大学大学院工学研究科



# ユビキタス: Ubiquitous

- ラテン語「同時に至る所にある、遍在する」
- 2つの意味で使われるように
- ユビキタス・コンピューティング
  - 周囲に大量(100台~1万台)のコンピュータ
- ユビキタス・ネットワーク
  - どこでもつながる・使えるネットワーク



# ユビキタス情報環境とは

■ いつでもどこでも、多様な情報サービスを簡単に利用できる環境

■ すでに、多様な実現の試みが始まっている

■ 近い将来、必ず普及する

様々な機器・環境に対応可能な



基盤ソフトウェアが必要

# ユビキタス情報環境の特徴

- 多種多様なネットワーク情報機器の存在
  - センサ・アクチュエータ・サーバ
- あらゆる場所に情報機器が多数設置
  - 身の周りに invisible な情報機器
- 複数の機器が連携して様々なサービスを実現
  - 位置・環境・状況依存サービス
- ユーザに優しい( Calm Computing )
  - サービスを利用していることを意識しない場合も



# オムロン 「Walking style」



Walking style ダイアリー - kawagutiさんの歩数管理

ファイル(F) 表示(V) 実行(R) ヘルプ(H)

歩行記録画面切り替え

日間 週間 月間

データ取込 データ送信 Walking-Style 印刷 設定

日間歩行記録 2004年2月3日(火)の記録です

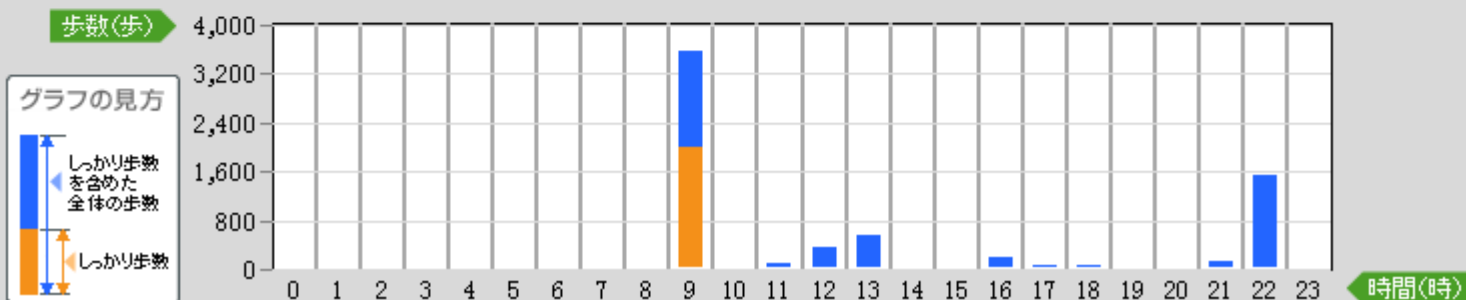
◀ 前日 ▶ 次日 ▶▶ 最新 ▶▶

歩数結果		本日の記録値	1日の目標値	達成度	記録値
歩数(歩)	6,666	8,000	83%	71,058	
しっかり歩数(歩)	2,000	1,000	200%	9,737	
しっかり歩行時間(分)	17	0	0%	88	
消費カロリー(kcal)	140	0	0%	1,633	
歩行距離(km)	3.33	4.00	83%	35.44	

今日までの累計歩数結果

がんばってます。もう少し!

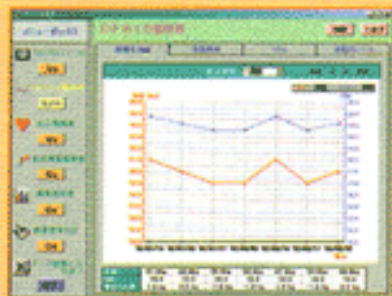
## 時間別歩数グラフ





# ヤマト ボディプランナー

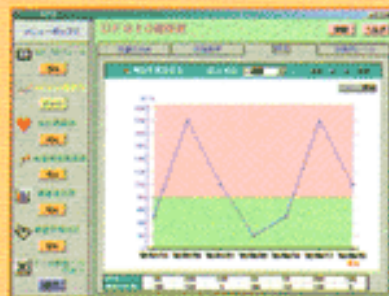
体重  
体脂肪率  
筋肉レベルなど



体重・BMI



体脂肪率



内臓脂肪断面積指数



体筋肉レベル



# TANITA ヘルスプラネット

**TANITA** **血圧計** 過去 ◀ 2002年12月20日 ▶ 最新

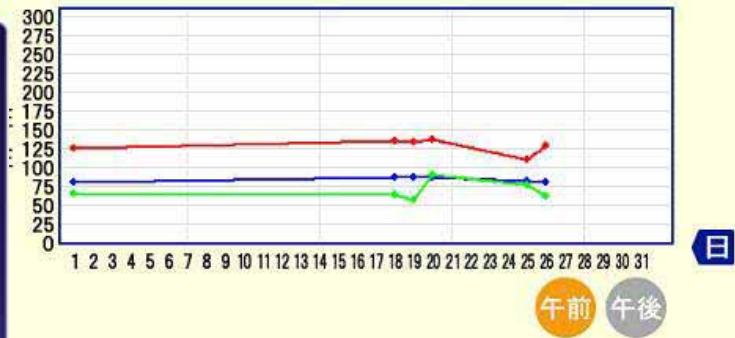
2002年12月20日(金) 谷田健康さんの結果です

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
最高血圧(mmHg)	137	131	126	122	121
最低血圧(mmHg)	88	85	84	64	79
脈拍(回/分)	90	86	86	63	59

データ取り込み 体脂肪計 血圧計 歩数計 日記

月間グラフ 午前 時間別 週間 月間 頻度

ダイエットしたい!  
生活習慣病(肥満・高血圧)が気になる



- 万歩計
- 体重計
- 血圧計

# ネットワークステッパー



# ユビキタス・ネットワーク

- ワイヤレスネットワークの普及により、いつでもどこでも利用できるネットワークが登場
- 無線LAN (IEEE802.11), Bluetooth
- ホットスポットサービス
  - 無料サービス
  - 有料サービス

# 小型ノード、RFID

## ■ RFID

- 日立  $\mu$ チップ

## ■ 小型センサーノード

- 企業：三菱電機、沖電気
- 大学：東京大学、大阪大学
- 海外：
  - UC B (Berkeley)
  - MIT

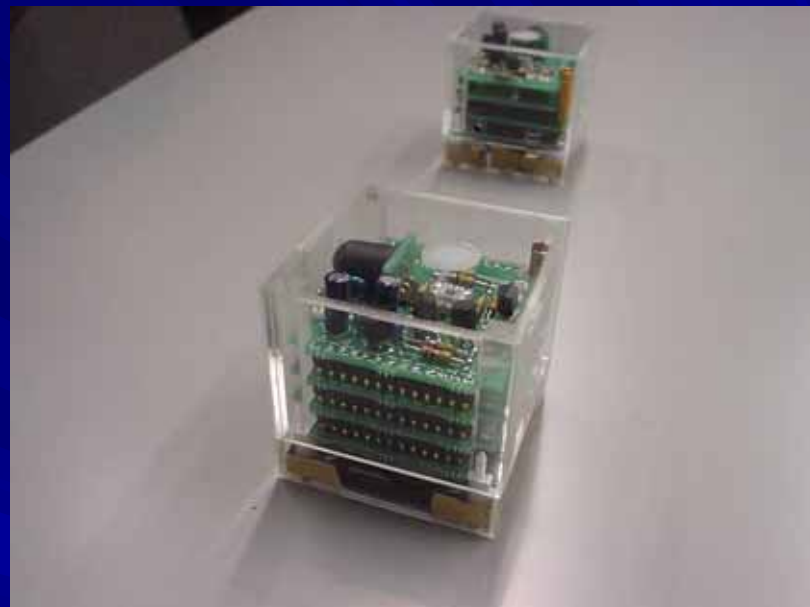
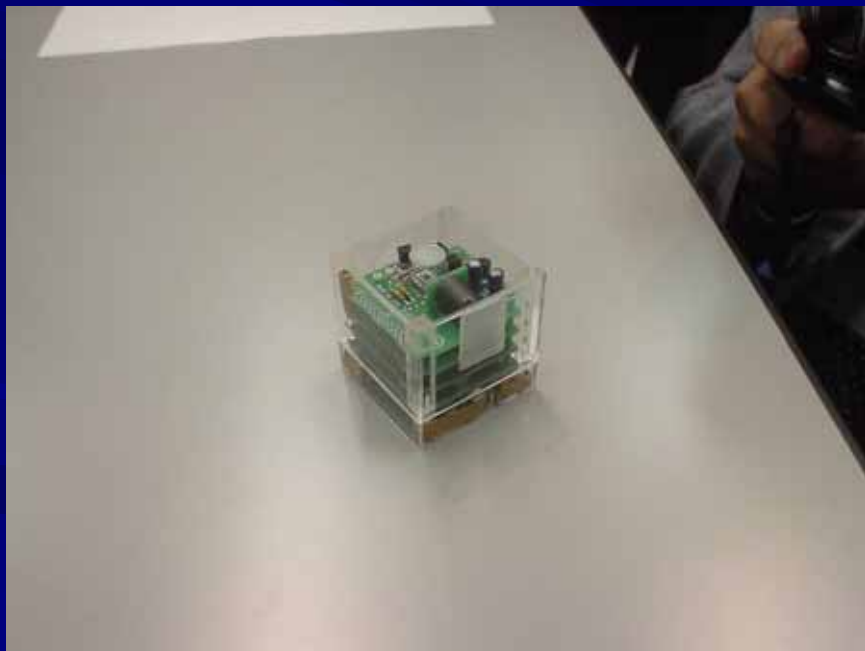
通信可能なセンサ、IDが  
あらゆる場所に配備

様々な情報収集を支援

# 東京大学 青山研究室

U<sup>3</sup>

PIC x 2  
IrDA + Wireless(315MHz RF)  
超音波センサ



自律的に通信確立

# μチップ(日立)

■ 0.4x0.4mm



Application Example: Gift Certificate

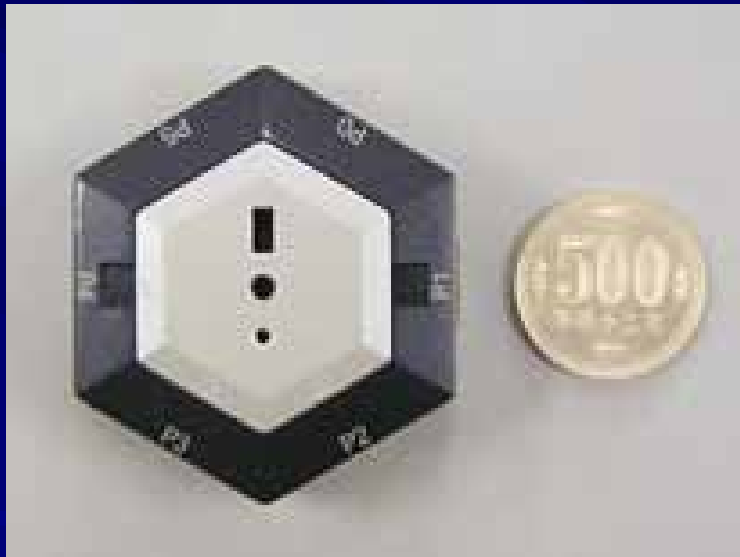


紙に埋め込み可能なチップ(38桁の数字が記録可能 ReadOnly)



# 大阪大学 AhroD

## ■ ユビキタスチップ

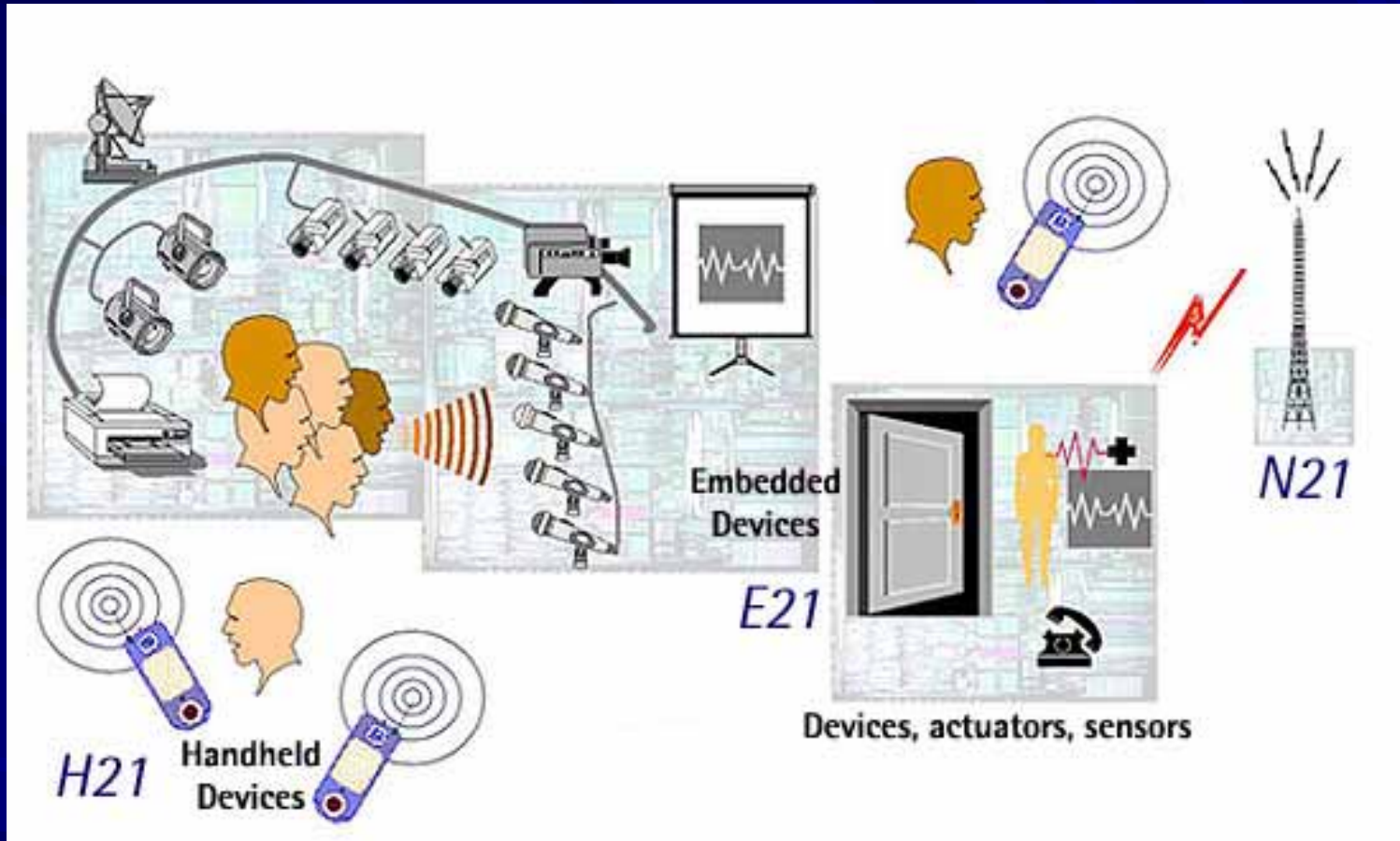




# 海外研究動向

- MIT Project Oxygen (1999 ~ )  
空気のような知的システム開発を目指す
- UCB SmartDust Project (1999 ~ )  
Dustのような、センサデバイスが協調動作
- DARPA
  - Sensor Inf. Tech. Project(1999~)
  - MEMS
  - Ubiquitous

# MIT Oxygen

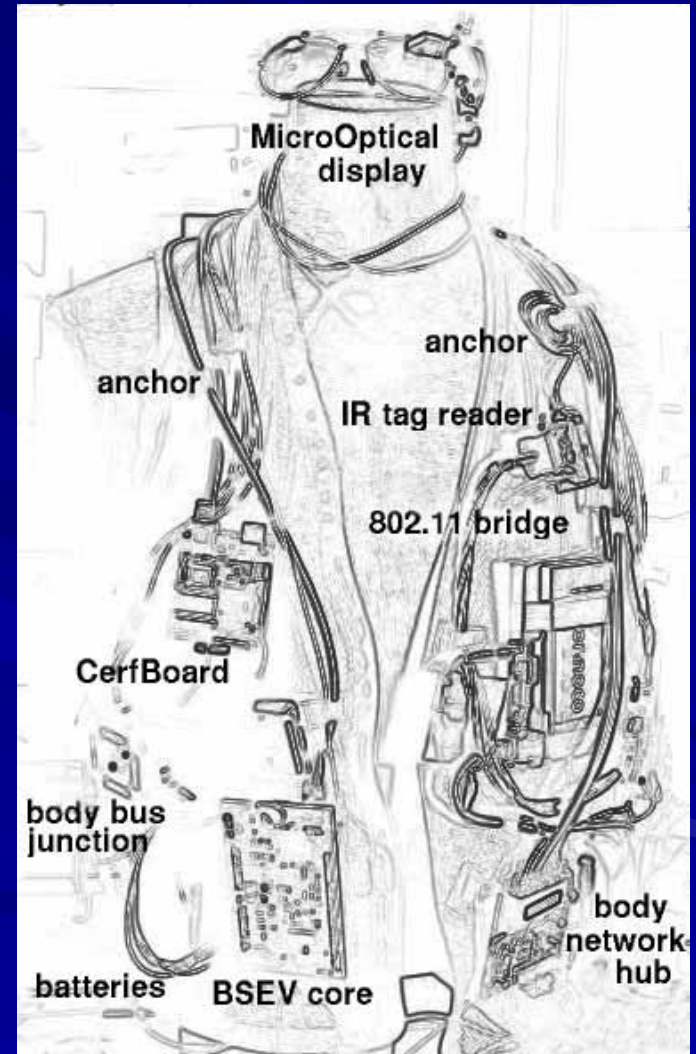


[Video 1](#)

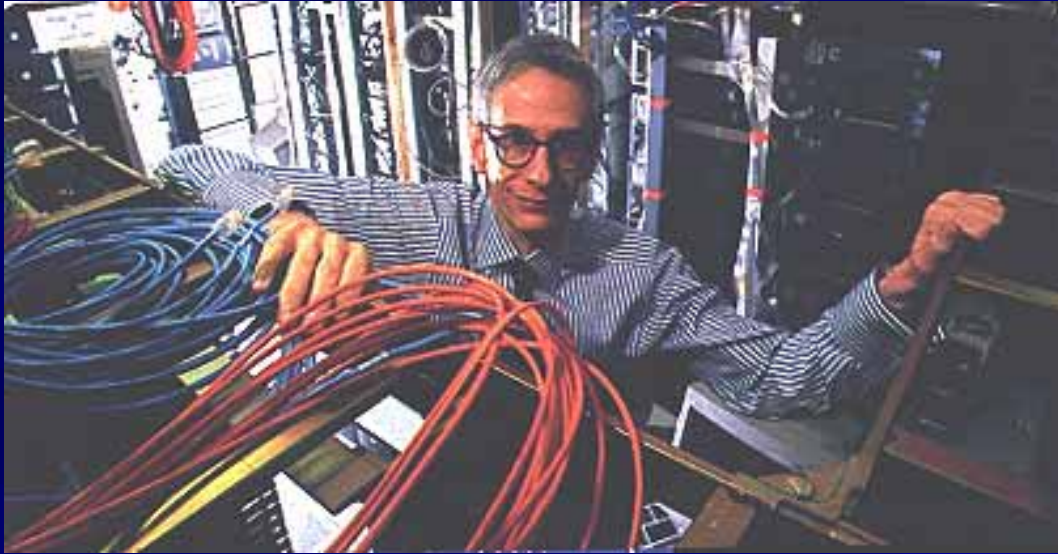
[Video 2](#)

MIT

# Wearable Computing



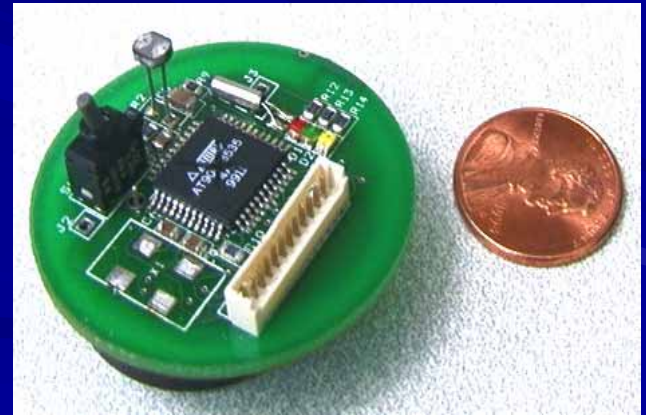
# SmartDust Project



Prof. Randy H. Katz

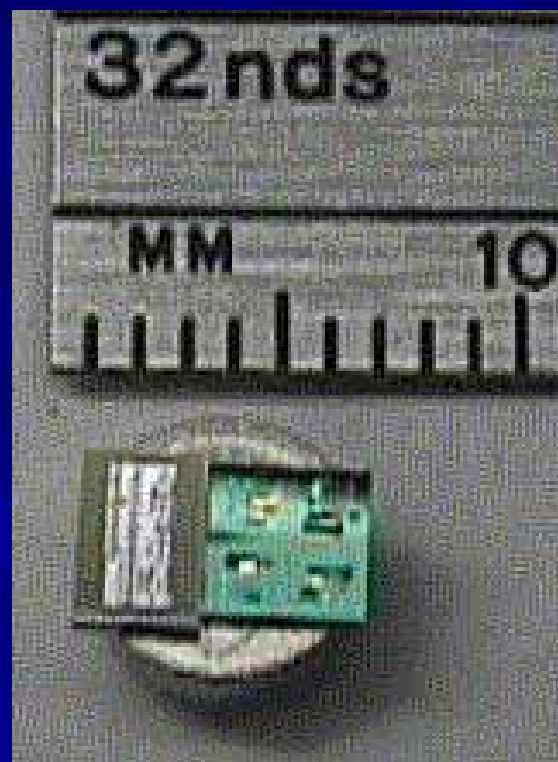
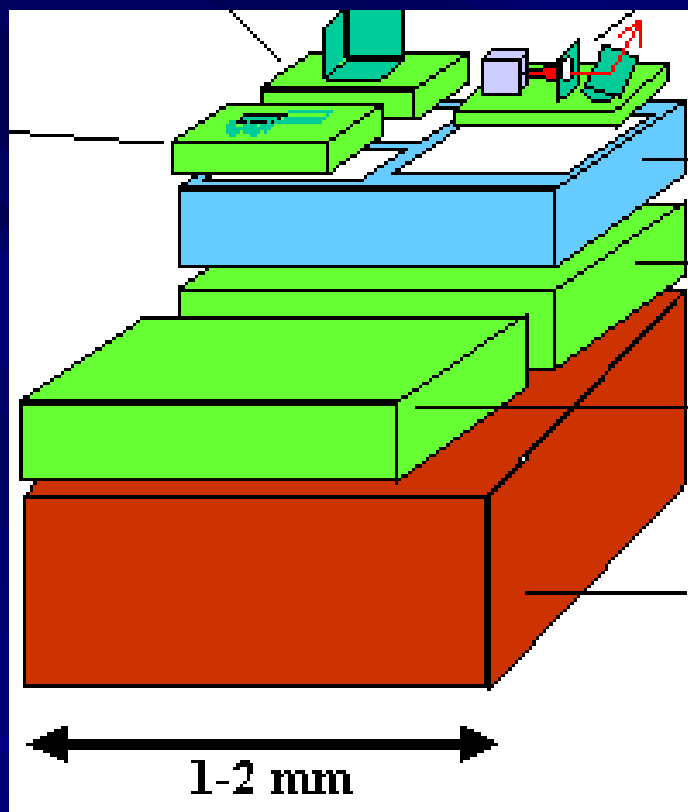


MICA





# 超小型SmartDust



このサイズの中に、通信、バッテリー、センサ、CPUが入る

# ユビキタス情報環境を 実現する基盤ソフトの要件

1. **機器の変更・追加・削除への対応**  
動的に機器構成が変更されても、連携利用を継続的に実現
2. 事前に**想定されていない機器**との連携利用  
新しい情報機器が次々と発売されても既存の設備の物理的な変更の必要がない
3. **異機種・異種ネットワーク環境の統合**
4. ユーザによる指示や操作の**最小化**
5. 情報機器による**環境負荷の低減**

# ユビキタス情報環境を構築する 基盤ソフトcogmaとは

アドホックネットワーク環境において

様々な情報機器・組み込み機器に対し

容易に連携動作が実現可能なミドルウェア



cogma

Cooperative Gadgets for Mobile Appliances

<http://www.cogma.org/>



# cogma の特徴

## ■ 軽量ミドルウェア

PersonalJava/J2ME/intentによる省メモリ実装

## ■ ソフトウェアの動的な移送に対応

状態を保持したまま、端末間を移動

## ■ 複数の異種ネットワークの同時利用が可能

TCP/IP, シリアル, HTTP, 等

## ■ 他ノードの自律的な発見

アドホックネットワークへの対応 (Hello Packet)

## ■ 移動ソフトウェアの管理・通信機構

シンプルな通信機構の実現

# cogma で何ができるか

- 基本的にはミドルウェア
  - OSとアプリケーションの中間層に位置する
- ネットワーク連携機能開発の効率化
  - 簡単に連携対応を実現
- 移動ソフトウェアによる動的なソフトウェアのインストールに対応可能

# cogma の使い方: より簡単・手軽に

## ■ 専用ランチャ

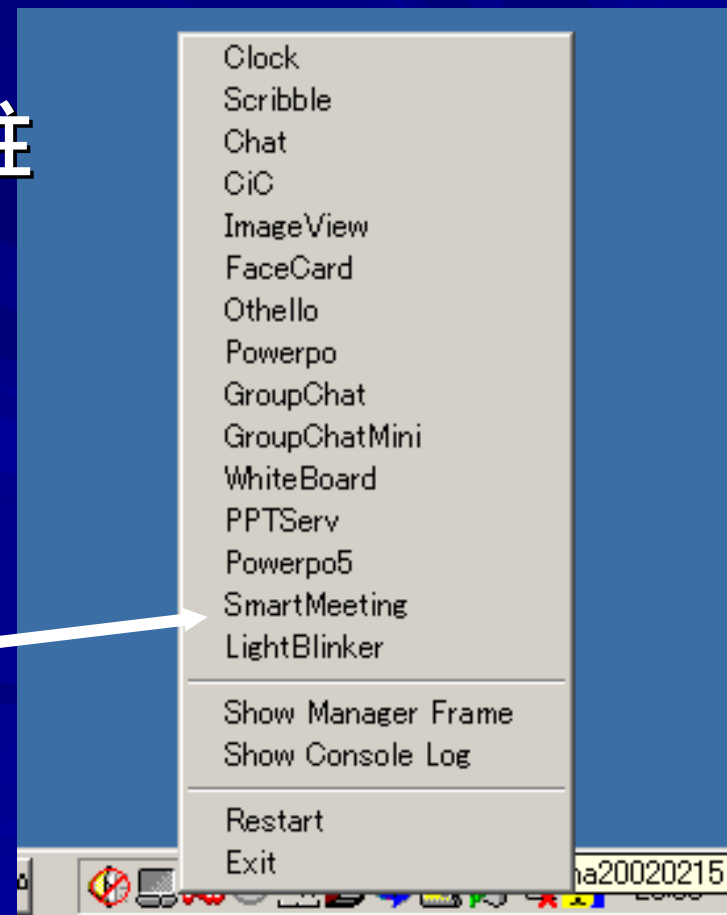


## ■ Windows タスクトレイに常駐 cogma アイコン



## ■ メニューでエージェント起動

スマート会議システム

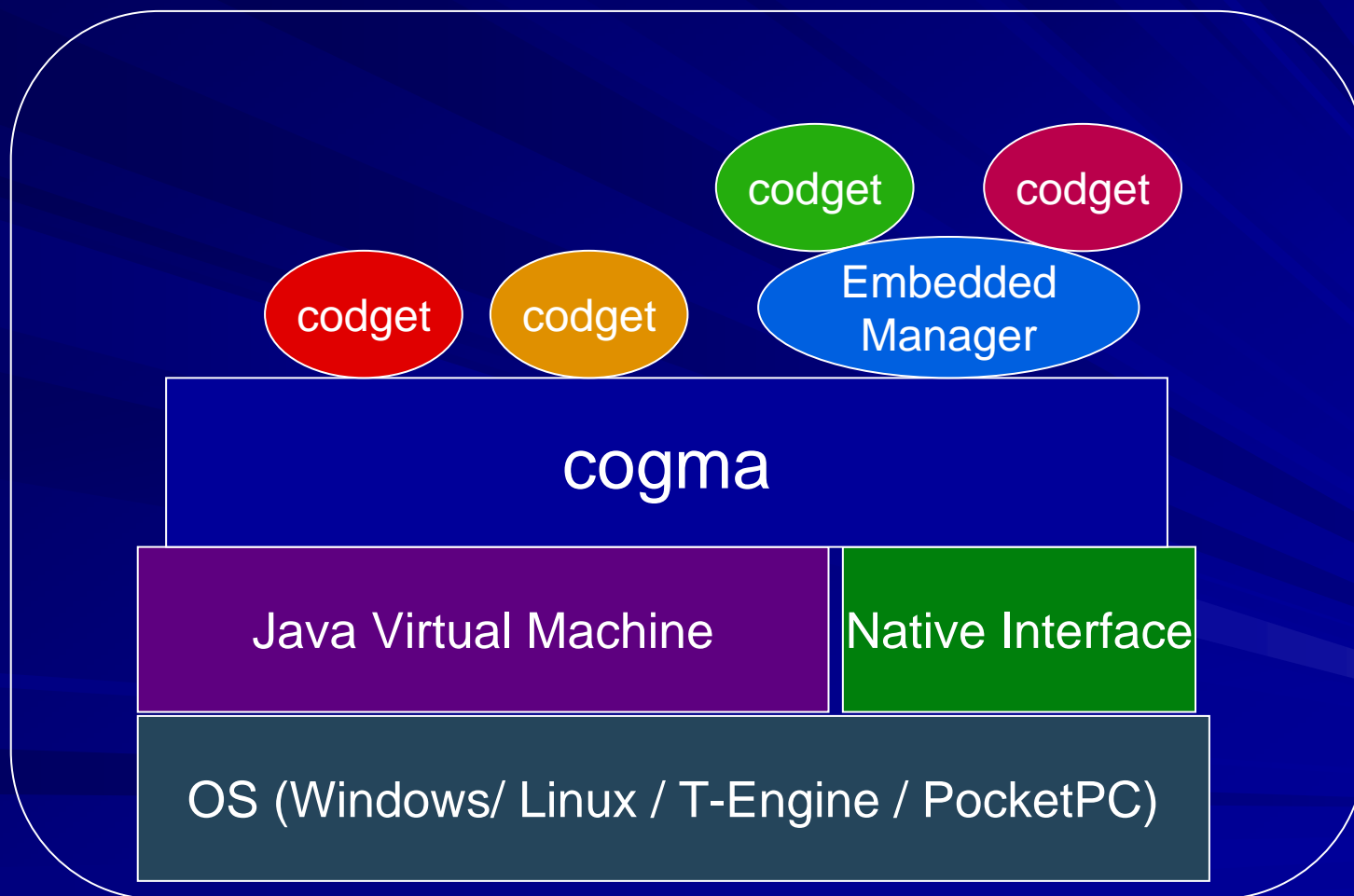


# cogma アーキテクチャ

1. 動的なソフトウェア移送の実現
2. 簡便な機器間 / プロセス間通信  
オブジェクトシリアライズ(cogma)に加え  
メモリイメージの転送(VPcogma)でも実現
3. 通信リンク上の機器の動的発見
4. 複数の通信リンクの利用
5. 階層モジュール構成

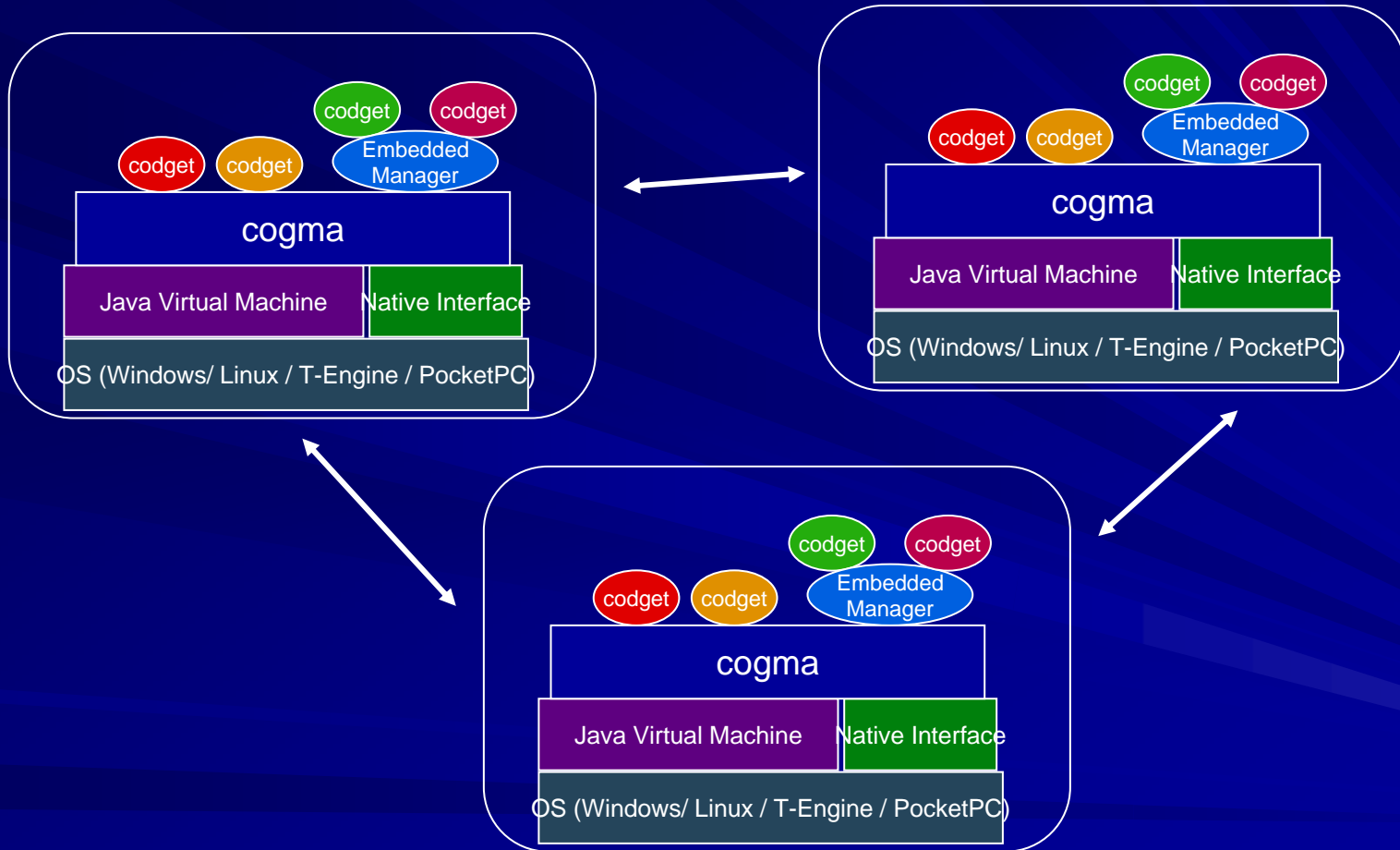
シンプルな構成

# cogma ソフトウェア構成図



単一ノード

# 複数ノード間の連携



ノード間で直接通信可能 (サーバが不要)

# オフィスにて



知的なモバイルエージェント(ファイルの監視・転送)



状況に応じ、自律的に移動するエージェント  
(会議資料を携帯端末へ転送)



# 会議室にて



会議室では、自動的に資料を配布

# 家庭にて

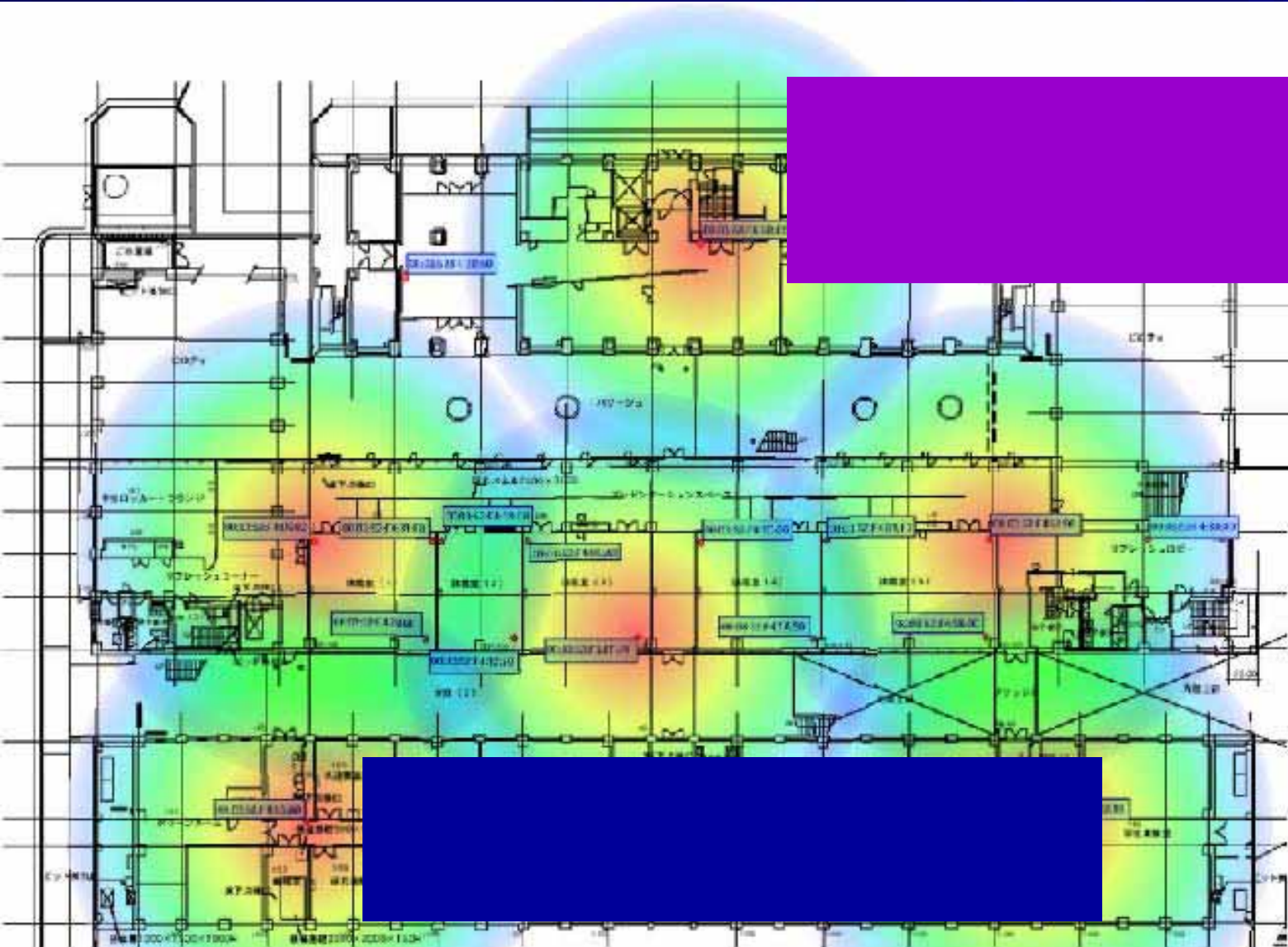


自宅では、明日のスケジュールを準備

# 個人のコミュニケーション支援

- P D A / NotePC 等はずねにユーザが利用
- ここにこそ、連携ソフトウェアが必要！
- 無線LANホットスポットでの支援を
- アドホックなコミュニティの支援手法を検討
- アドホック環境での **プレゼンスサービス**

# 無線LANを用いた位置情報取得

A detailed floor plan of a building, likely a school or office, overlaid with a color-coded heatmap representing signal strength. The colors range from blue (low strength) to red (high strength). The heatmap shows signal strength variations across the building's layout, including corridors, classrooms, and common areas. The text boxes provide context for the data shown.

既知の無線基地局から  
相対電波強度により  
位置を補足

個人間のコミュニケーション  
支援に利用

# 位置情報支援への応用

## 位置情報取得用機器の構築



ヘッドマウント  
ディスプレイ

未知の無線LANを  
動的に発見・位置情報を  
取得する

GPS

無線LAN  
アンテナ

無線LANのセキュリティ確保  
にも利用可能



# ユビキタス情報環境の現状

- ユビキタス情報環境の研究の進展に従い  
現実社会への適用が必要に

様々なテストベッドの開発

- スマートルーム / スマートスペースの開発
  - 企業: Microsoft , HP
  - 研究機関: MIT, Stanford, 慶應 , 東大 , 名大

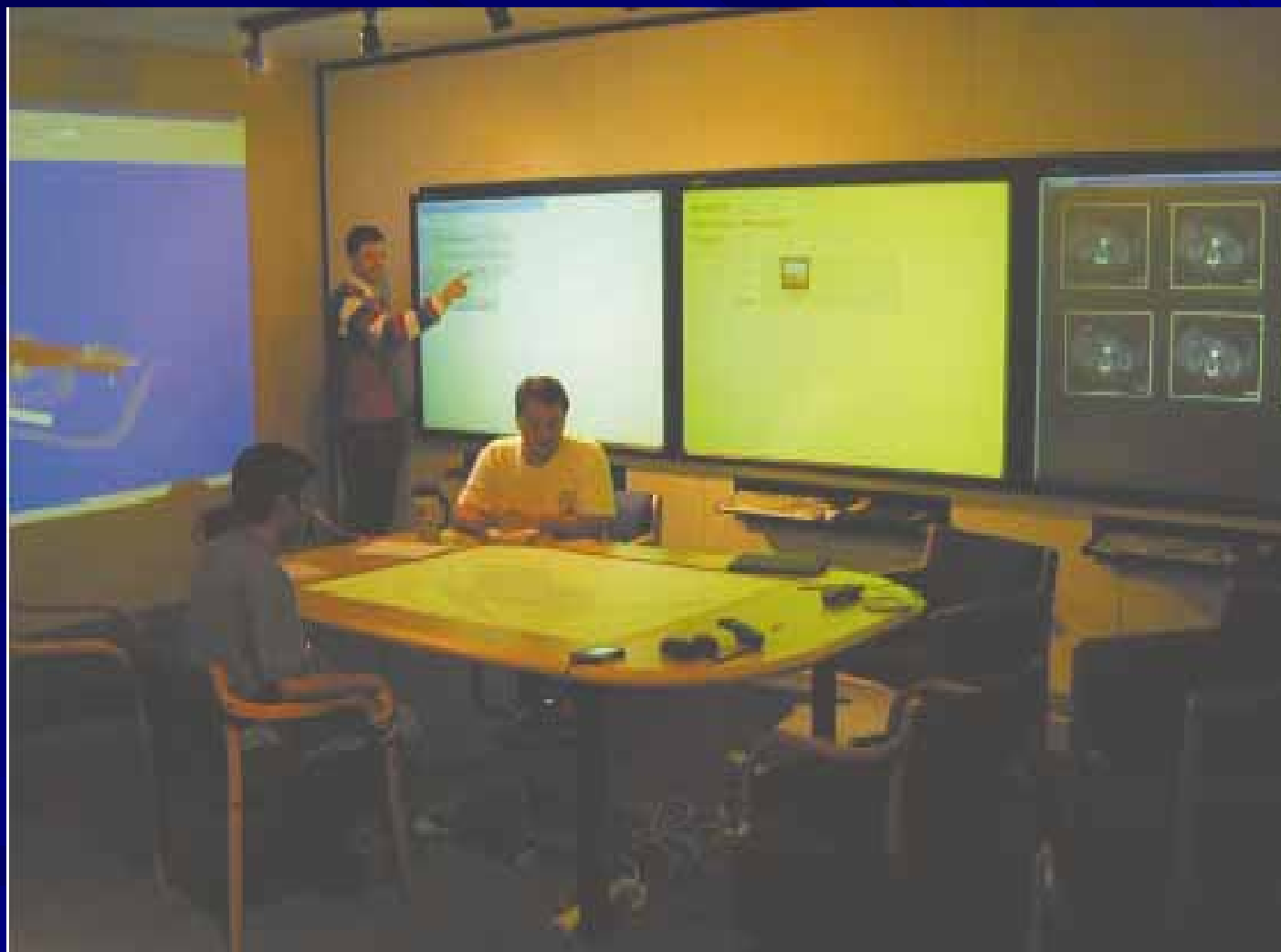
# Microsoft : Easy Living (2000)



人の場所の検知, PC間の連携, シームレス再生  
認証機構の実現など



# Stanford University: iRoom (2000, Terry Winograd)



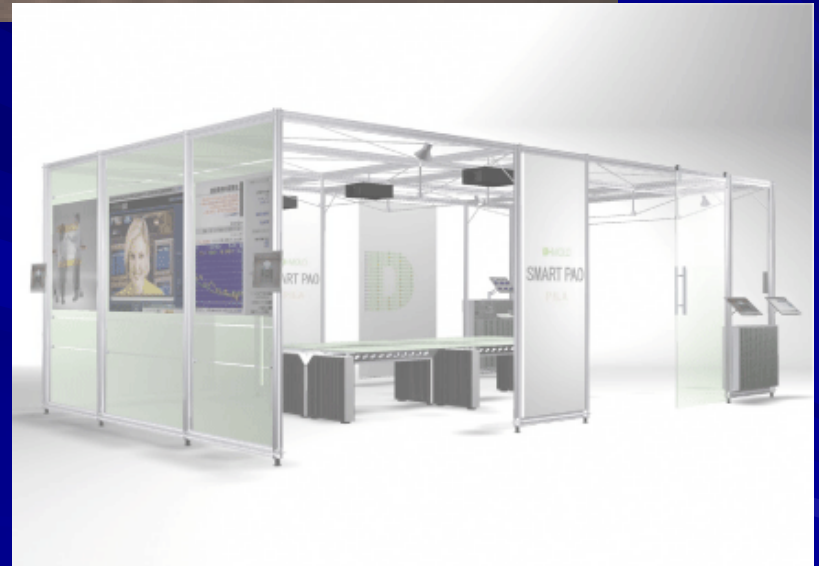
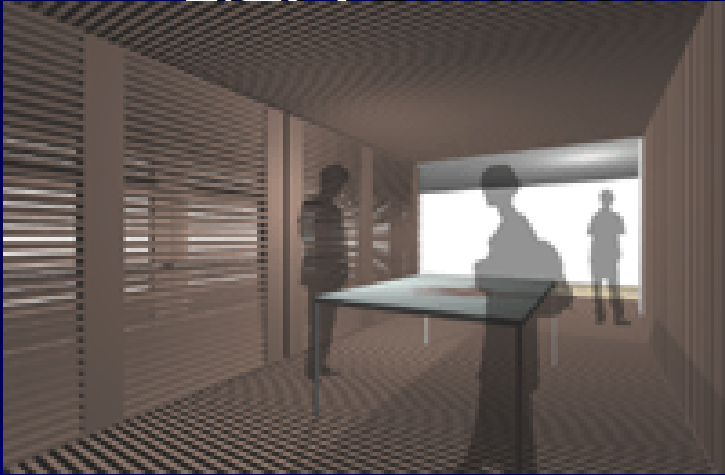
複数の画面の連携、共有、PDA・NotePCとの連携

# 慶應義塾大学徳田研究室 SSLab (Smart Space Laboratory 2001 ~ )



# 東京大学 青山研究室 STONE Room (2001 ~ )

# 電通大 Enhanced Room (2003)



# 立命館大 西尾研 :United Spaces (2004)



# 東京大学 PAO Room (2003)

# 名古屋大cogma room (2002 ~ )





# 名古屋大学における スマートルームの構築(2002~)



多種・多様な情報機器を設置

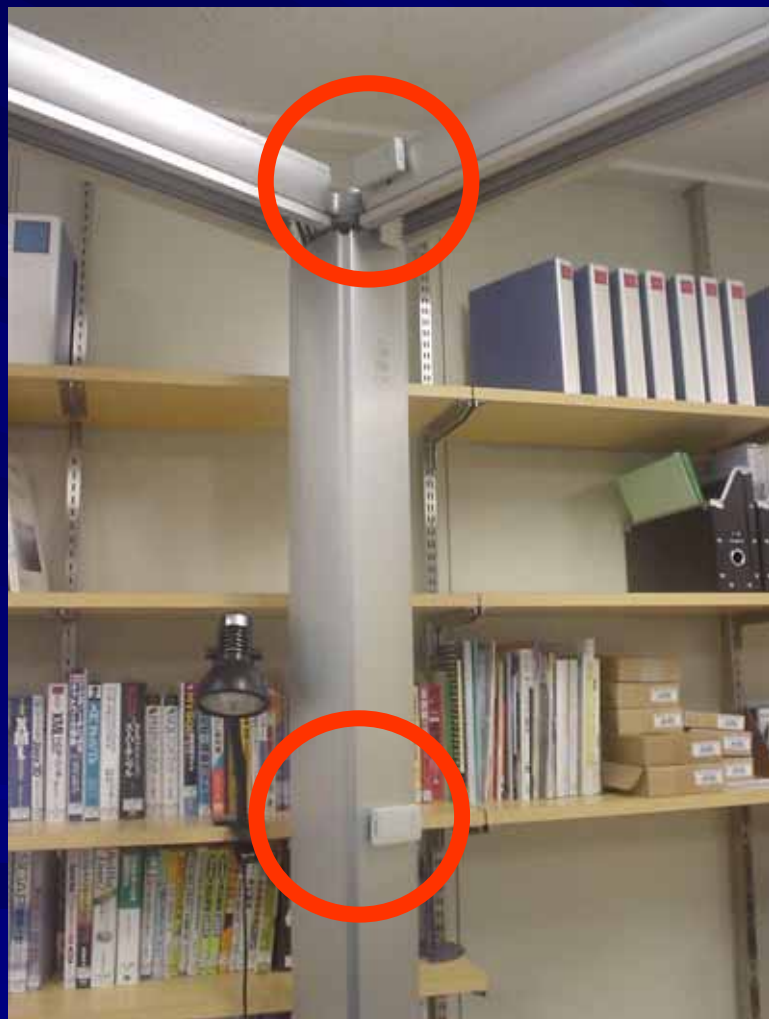


大規模な異種ネットワーク

# スマートルームの構築



# 温度センサ、人感センサ





# 温度センサ、光センサ



天井の照度、人感センサ

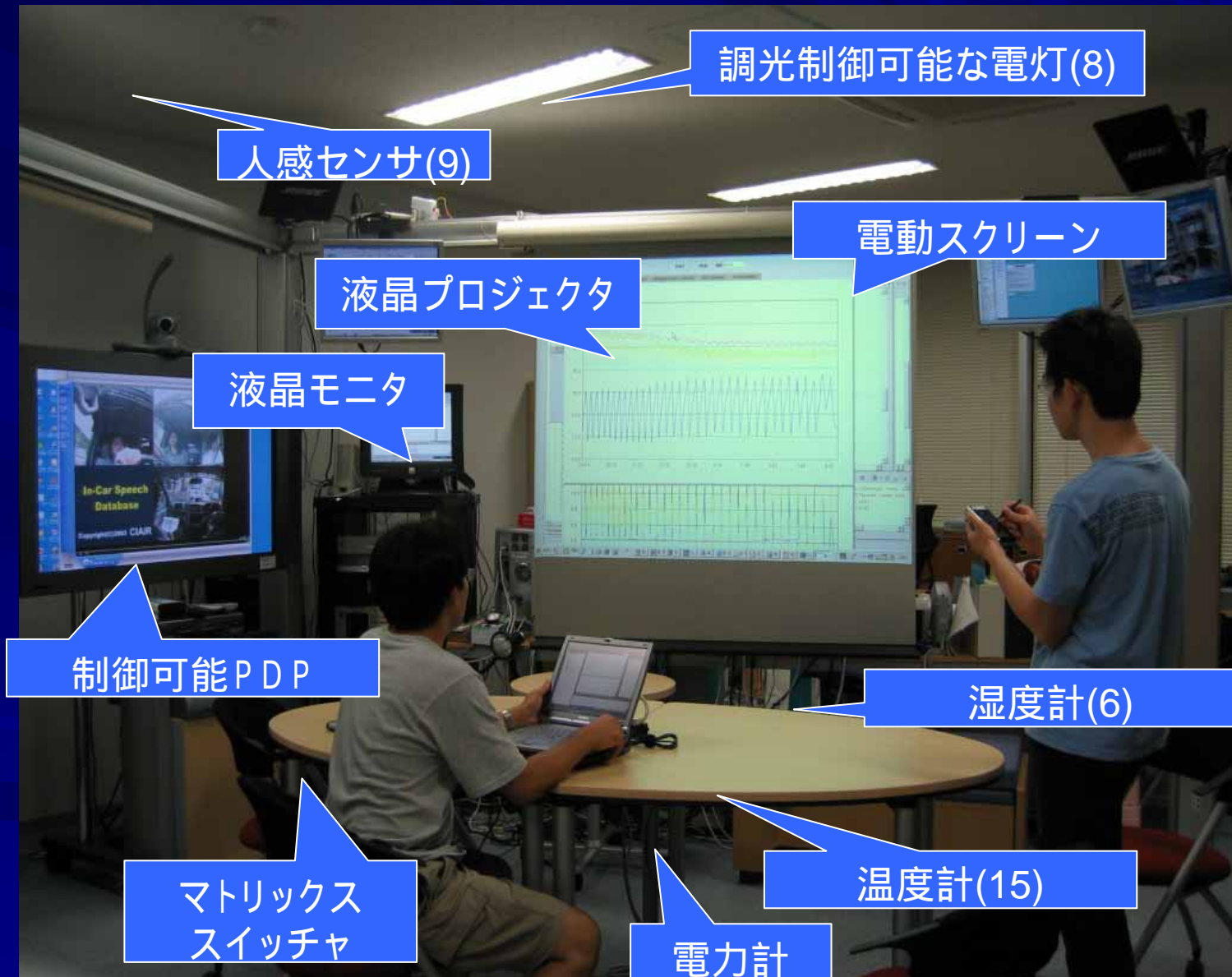
# スマートルーム制御部



できる限り  
機器は隠して設置



# 名古屋大学の cogma room



# 異種ネットワーク環境の統合

2002年12月現在

## ■ フル2線式リモコン (松下電工)

[http://dmedia.mew.co.jp/Ebox/d\\_shohin/full2/index.html](http://dmedia.mew.co.jp/Ebox/d_shohin/full2/index.html)

– 照明、照度コントロール

## ■ LonWorks (エシユロン) LonMark 協会

<http://www.lonmark.gr.jp/>

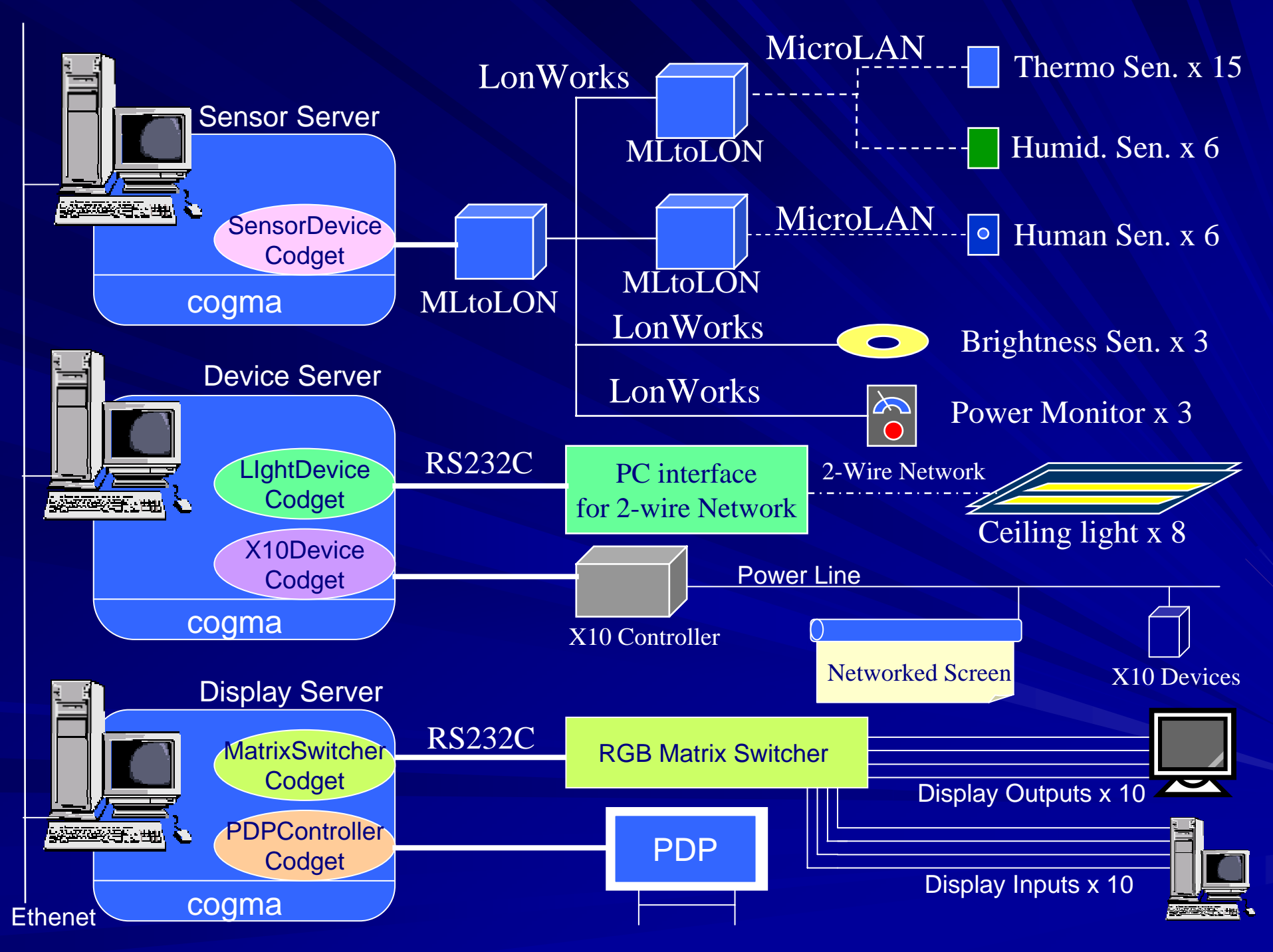
– 電力計 (三菱: EcoMonitorII)

– 人感センサ、照度計 (三菱: メルセーブNET)

## ■ MicroLAN (MAXIM)

<http://www.maxim-ic.com/>

– 温度 / 湿度計 (紀北電子: MLtoLON 経由)



# スマートルームの構築

- 多様なアプリケーションの可能性が示されつつある (Rich Applications)
- しかし、、、

ぐっとくる  
キラーアプリがない！

- 結局、操作を簡単化しているものが中心
- ソフトウェアの要件までは述べられていない



# 何が必要か

## ■ ユーザへの負荷の低減

– 状況 (Context) の認識

– 操作をマクロ化、自動化、支援

■ 「履歴を用いた機器操作支援」 2004.6 UBI研

## ■ 環境への負荷の低減

– 電力消費の低減

■ エアコン

■ 照明

– スマートな制御とは？



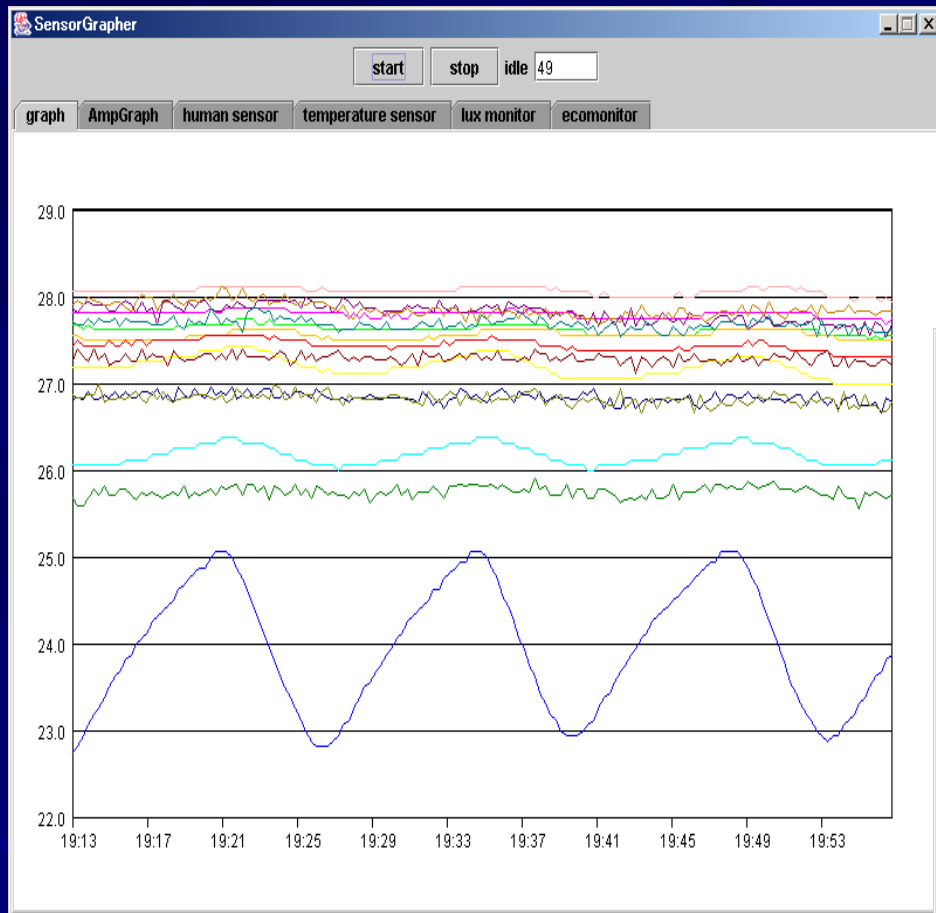
# ユビキタス情報環境による 環境負荷

- これまでは利便性の向上と、電力消費(環境負荷)の増大が一致してきた
- 100V 10mA のセンサでも 1000個あれば、1kWの消費電力となる(電気ストーブと同等)
- センサに加え、組み込み機器による消費も無視できない

# エコ・ユビキタス情報環境

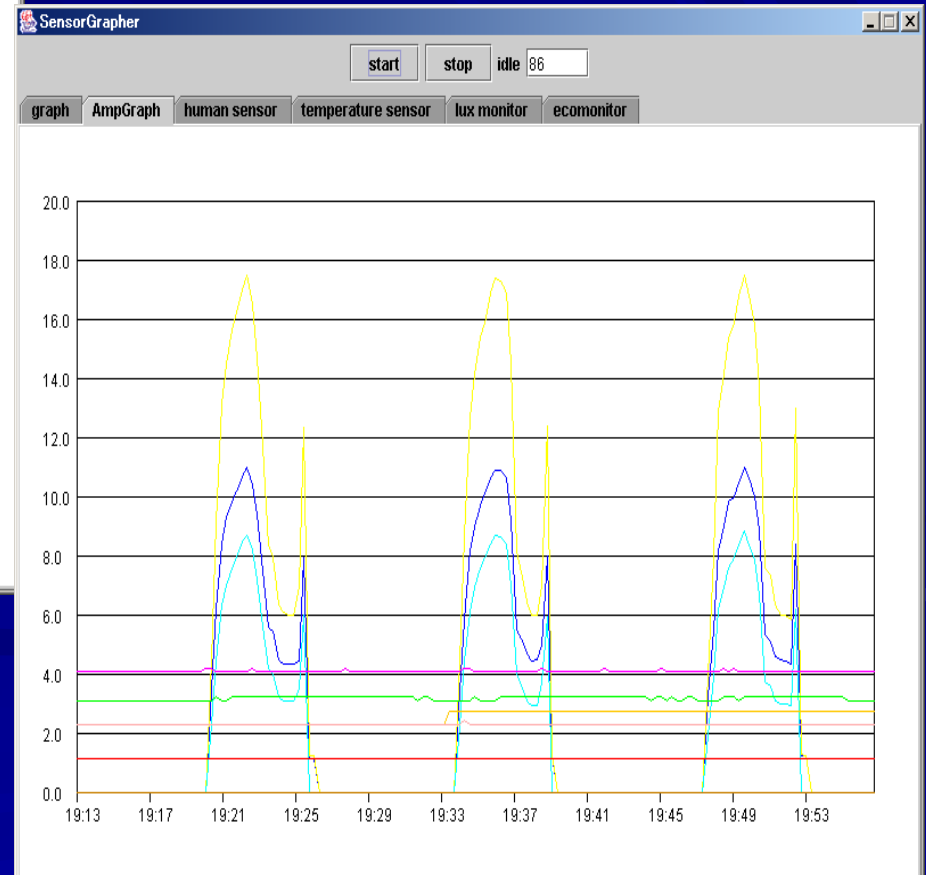
- センサと操作可能デバイスを利用することによって利便性を下げずに環境負荷を低減
- そのためのテストベッドとして cogma room を利用
- 全センサデータをデータベースに蓄積
- 消費電力とセンサ値の関係を把握

# スマートルームにおけるデータ収集



電力計

温度センサ



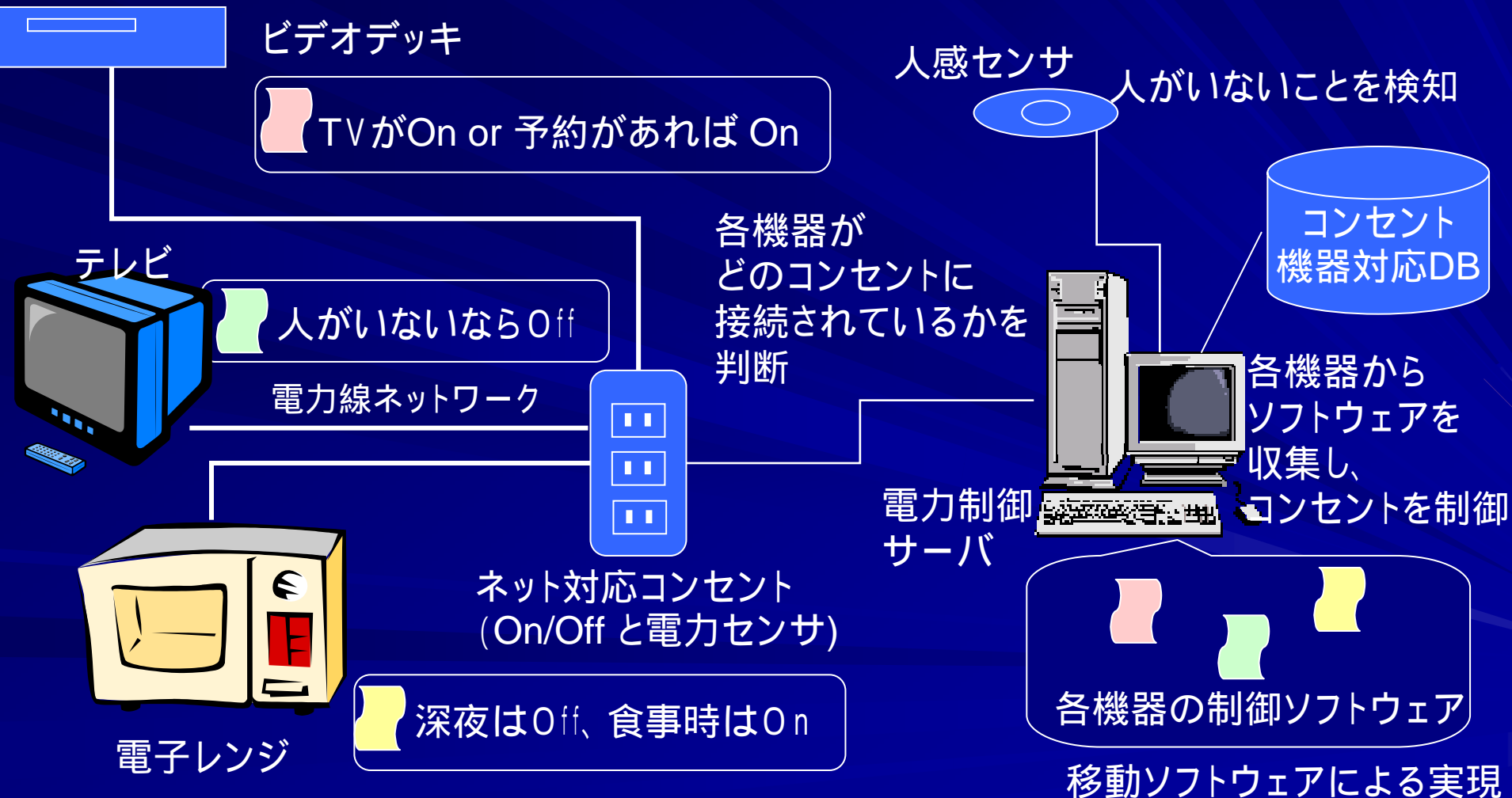
# スマートなユビキタス情報環境へ

- エアコン温度は、一定である必要はない
  - 例：スケジュールを利用して、会議等の開始当初は低く時間の経過とともに高く
  - ユーザの行動履歴を利用して温度調整（徒歩移動後は低く）
  - 人の存在を検知した温度調整
- センサ値と、実際の値との乖離
  - 光センサの場合、顕著 振動
  - ユーザの意図の取得が難しい（ブラインド）

# 待機電力のカット

- 各情報機器が自分自身を管理可能な移動ソフトウェアを保持する
- 電力管理サーバは、各機器のコンセント電力を制御可能
- 移動ソフトウェアは、電力管理サーバに移動して、機器の電力をカット
- 必要に応じて、機器の電源を投入

# 移動ソフトウェアによる 省電力の実現





# cogma Room 内の機器

- プロジェクタ、プラズマ : On/ Off
- スクリーン : Up/ Down
- マトリクススイッチャ : 接続切り替え
- 温度・湿度・光・人感・電力センサ

すべてを cogma, VPcogma で  
実装する必然性はない

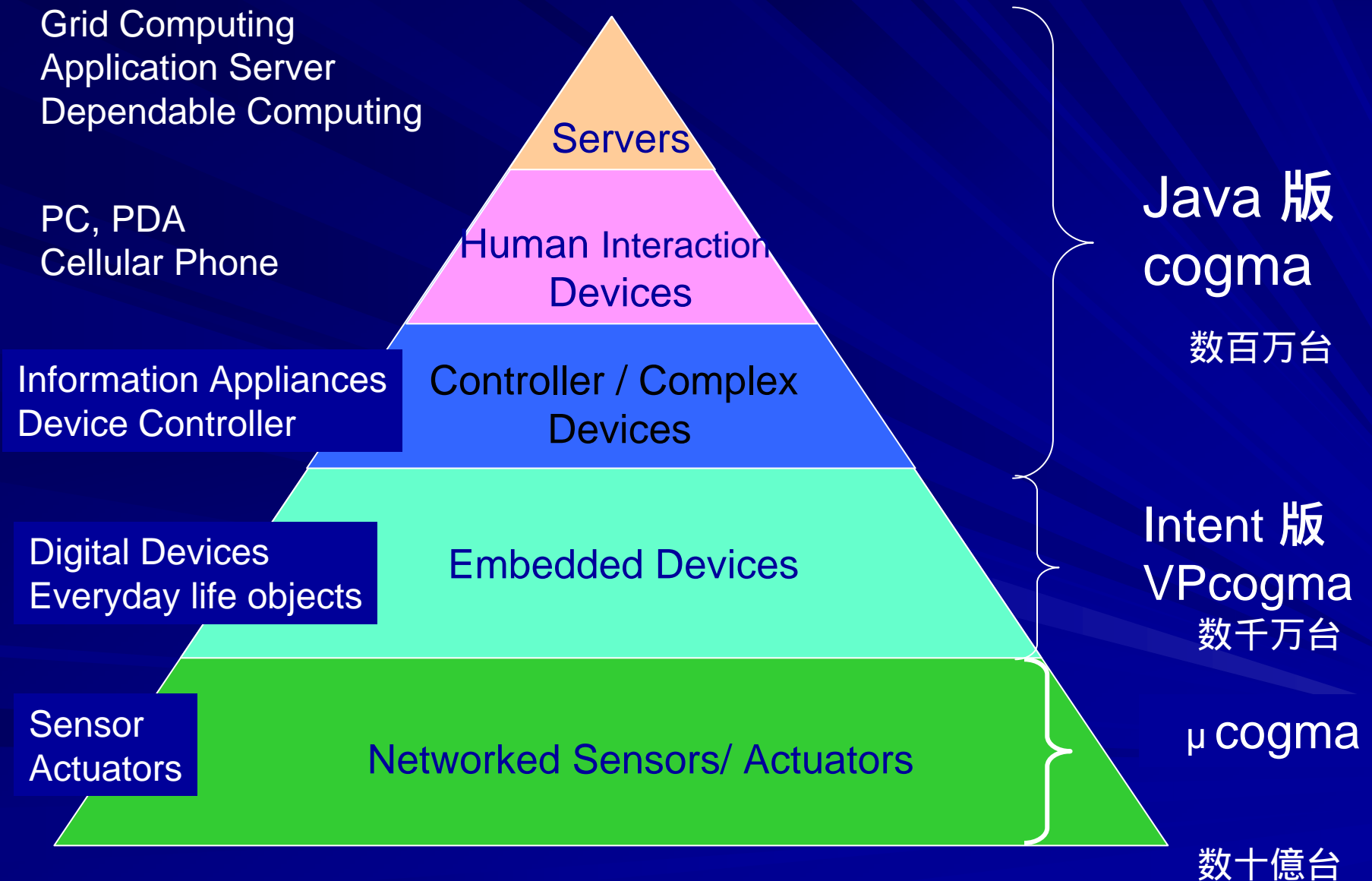
履歴データ用DB、ディスプレイプライアンスなどは、cogmaが必要

# ソフトウェアの規模

- 現状のcogma
  - Java による実装  
(最小で1 ~ 2 Mbyte程度必要)
- センサ情報の取得・電力のOn/Offでは、たいしたプロセッサは不要では？

ソフトウェアアーキテクチャの階層

# ユビキタス情報機器の階層図



# VPcogma

- VP = Virtual Processor
  - intent (TAO社)で利用される仮想CPU
  - マルチプラットフォーム上で動作
  - マシンコードレベルでの変換で高速に動作
- Java:
  - 高い開発効率・再利用性
  - 高コスト(ライセンス・大メモリ・高速CPUが必要)
- VP:
  - Cによる開発
  - 低コスト(省メモリ・低速CPUでも動作可能)

# V P cogma の動作環境



Windows PC

Intel x86 1GHz

Memory 512Mbyte



Pocket PC

XScale 400MHz

Memory 32Mbyte



T-Engine

SH-3 96MHz

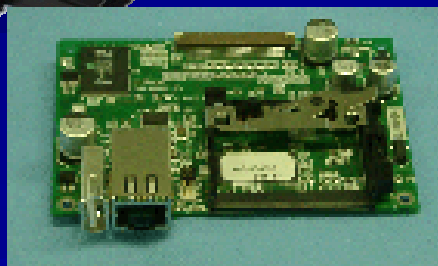
Memory 8Mbyte



OpenBlocks · Linux

PowerPC 405GP 200MHz

Memory 64Mbyte



Linux

VR4181A (Mips)

130MHz Mem 32M

# マイクロモバイルコード基盤

## μ cogma の構成

- マイクロモバイルコード インタプリタ
  - ハードウェアでの動作を前提に、シンプルな実装
- マイクロモバイルコード トランスレータ
  - Java準拠の文法 + cogma API から  
μ モバイルコードへ変換
- マイクロモバイルコード 直接実行ハードウェア
  - FPGA, VDEC による実現



ユビキタス・コミュニケーション

# ブロードバンドネットワークの普及

- 一般家庭にも高速ネットワークが普及
- IP電話の利用も広がりつつある
- しかし、複数人 / 複数地点間での遠隔コミュニケーションはまだまだ普及していない

# 遠隔コミュニケーションの手段

- TV会議システム (Polycom 等)
  - H.323プロトコルに基づくもの
    - 特にMCU(多地点接続装置)が高価
- Web会議システム
  - 最近、導入が多いが、やはり高価
- マルチキャスト会議
  - ネットワークインフラの整備が必要
- MSNメッセンジャー / Yahooメッセンジャー
  - チャットはOKだが、映像は1対1



# 多地点接続の技術

## ■ スター型の接続

- 集中型の回線・サーバが必要
- H.323ではMCU、Web会議ではサーバシステム

サーバ導入・管理・維持のためのコストが必要

## ■ P2P型の接続（例：Skype）

- 接続のために何らかのインフラが必要

中央サーバや、多数の中継ノードの存在が必要

多数のグループの収容は困難

# XCASTとは

- Explicit Multi-Unicast (over IPv6)
  - グループ代表アドレスの代わりに、  
ユニキャストアドレスのリストを  
IPv6ルーティングヘッダとして格納する
- スター型でもP2P型でもなく、1対nの通信
- 小規模なグループを多数扱う事に適している
  - 従来のマルチキャストの弱点を補う
- 映像・音声を利用した多地点会議が実現可能
  - vic、ratといったツールによるストリーミングなど



# XCASTを利用した会議の実際

The screenshot displays the XCAST software interface during a meeting session. The main window is titled "7% RAT v4.2.22: Untitled session" and shows a list of participants on the left and a grid of video thumbnails on the right. A large video window in the foreground shows a close-up of a participant, Nobuo Kawaguchi (Nagoya Univ.).

**Participant List (Left Panel):**

- tanaka kazuya @ X31
- sunohara
- tanaka kazuya @ xcast-machine
- ug@xcast.jp
- metal (cac/FreeBSD6B4)
- sunohara-note
- Nobuo Kawaguchi(Nagoya Univ.)
- muramoto@panasonic NetBSD1.5.2
- takai
- Kumiko CHIBA
- kawaguti@NagoyaU
- Negishi
- iwasaki

**Video Grid (Right Panel):**

Participant Name	IP Address	Audio Rate	Video Rate	Audio Status
Nobuo Kawaguchi (Nagoya Univ.)	root@3ffe:51b:410b:101::1h261	1.1 f/s	36 kb/s	(0%)
Kumiko CHIBA	chiba@3ffe:51b:4421:0:202:2dff	7.3 f/s	29 kb/s	(35%)
kari m	kari m@:h261	8.0 f/s	60 kb/s	(0%)
metal (cac/FreeBSD 6.0)	metal@3ffe:51b:441d:0:210:5aff	0.4 f/s	7 kb/s	(70%)
metal (cac/FreeBSD 4.11)	metal@3ffe:51b:441d:0:208:74ff	0.7 f/s	41 kb/s	(0%)
sunohara	tanaka@:h261	7.8 f/s	45 kb/s	(0%)
takai	takai@3ffe:51b:410b:101::22h2	7.8 f/s	30 kb/s	(0%)
ug@xcast.jp	nbug@3ffe:51b:441b:0:20b:5dff	7.9 f/s	51 kb/s	(0%)
Kazuya Tanaka(Nagoya Univ.)	tanaka@:h261	7.6 f/s	13 kb/s	(0%)

**Large Video Window (Bottom Center):**

7% Nobuo Kawaguchi (Nagoya Univ.)

12h 13h

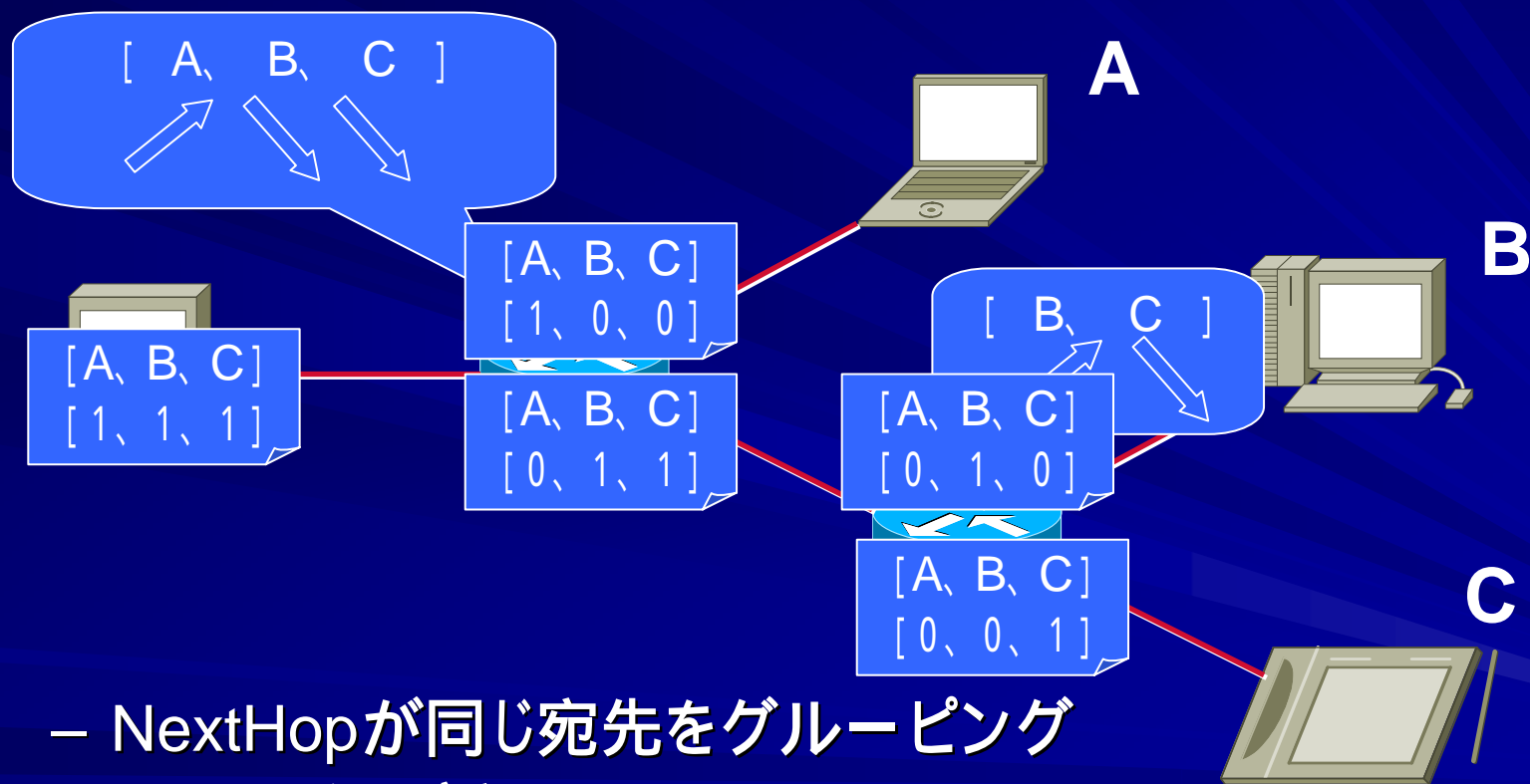
Decoder... Size... Modes... Dismiss

VIC v2.8ucl-1.1.3

Menu Help Quit



# XCASTの仕組み



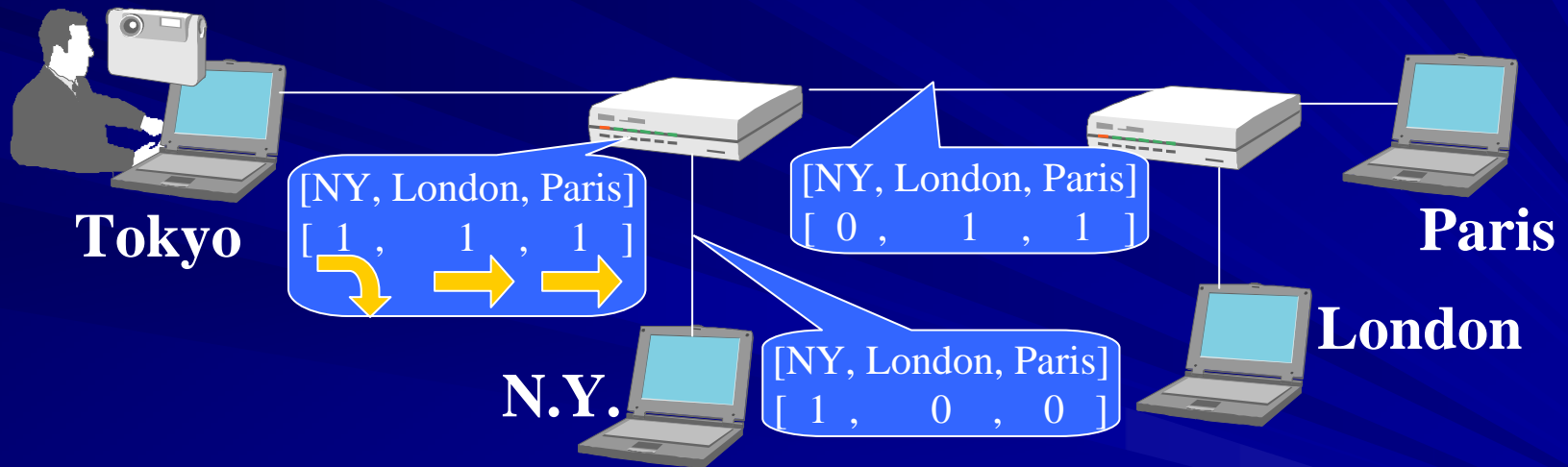
- NextHopが同じ宛先をグルーピング
- BitMapを更新してフォワード

# XCASTの特徴

- グループが増えてもルーティングテーブルサイズに影響がない
- クライアントが、End-to-Endで自由にグループを作ることができる
  - 経路上のルータはマルチキャスト経路を持たない
  - マルチキャスト経路交換プロトコル不要
  - グループアドレス割り当て / 管理不要
- 誰でも気軽に使えるスモールグループコミュニケーション向けプロトコル

# XCASTパケットの転送

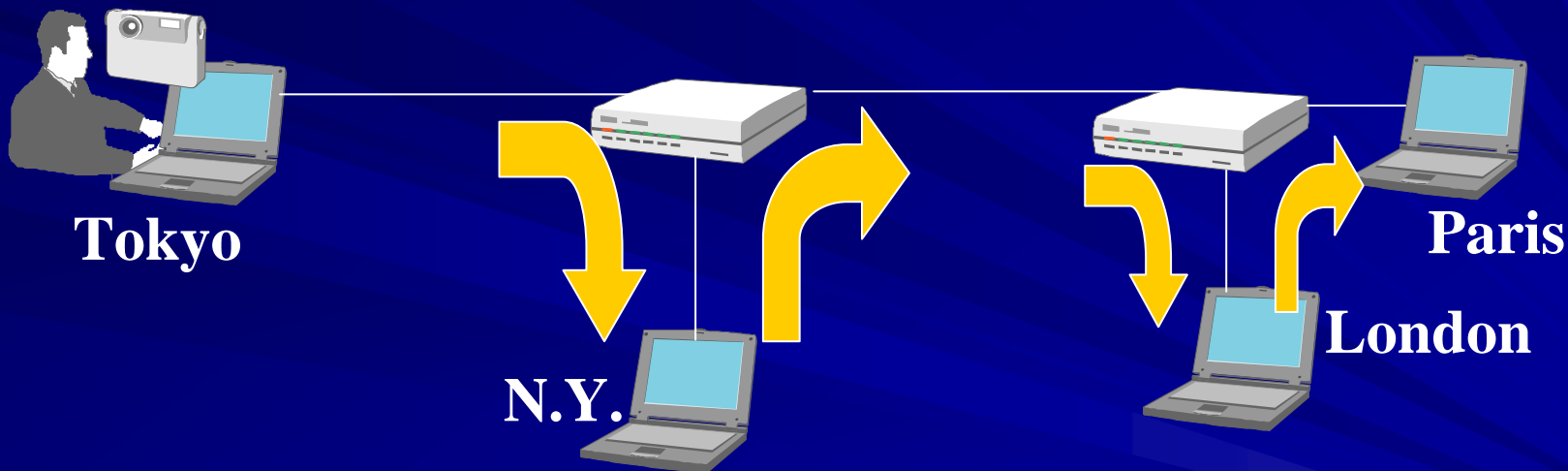
- ルータは、リストのすべての宛先について、ユニキャスト経路を検索してNextHopを決定



- NextHopが同じ宛先をグルーピング
- Bitmapをupdateしてフォワード

# XCASTルータがない場合

- XCASTパケットは普通のユニキャストパケットとして扱われ、リストの最初の宛先にとりあえず転送される。



- XCASTルータが最初の宛先で折り返して次のルータへ進む。(P2P型の配送)
- ISPがXCAST対応しなくても、エンドユーザが使い始めることができる。

# XCAST MATSURIの開催

## ■ 趣旨

- XCAST のプロモーション・デモンストレーション・経験蓄積・実験フィールドの場を構成する

## ■ 開催日：平成17年10月9日(日)・10日(祝)

- 前夜祭：10月8日(土)

## ■ テーマ

- ”たくさんの方がネットワークを通して一同に介するような機会を設けたい”
  - XCASTの初体験！
  - 利用するために何が障壁であったかを、洗い出すための機会

<http://www.el.itc.nagoya-u.ac.jp/~tanaka/xcast/matsuri.html>



# 祭りの成果

The screenshot displays a Windows XP desktop environment. In the foreground, a window titled "RAT v4.2.22 - Initiated session" is open, showing a list of participants in a remote session. The participants list includes names like "cogma", "junichou takabe", "taka", "sunohara", "up", "Nobuo Kaneguchi(Nagoya Univ.)", "Yoshihiko Sarumaru (Yokohama)", "metal (HamaFreeBSD 6.0)", "sunohara", "kaneguchi", "odama", "Kuniko CHBA", "Kuniko CHBA", "N Sasaki(NeBUG.FreeBSD/AeoC1)", "tanaka", "Nagata", "ohimaya@nbug", "mizunoto", "HANAJIMA Kazuaki (NeBUG)", "Administrator", "kaneguchi@P-SP1", "kato@nuccoop(ven)", "tanaka kanaya@XSI", "NINOMIYA Hideo", and "Kuni@-1".

Below the list, there are controls for "Listen" (41.3 kb/s), "Speaker" (Vol 76), and "Mono Out". At the bottom of the window, it says "Untitled session" and "Address: :1 Port: 11110 TTL: 1".

In the background, a larger window titled "1/11000" displays a grid of 24 video feeds, each showing a different participant's camera view. Each feed includes a small thumbnail, a name, and technical data such as CPU usage, network speed, and resolution. For example, the top-left feed shows "cogma" with CPU usage of 9.7% and network speed of 21 kbit/s. The bottom-right feed shows "tanaka" with CPU usage of 9.1% and network speed of 27 kbit/s.

The desktop background is blue, and various icons are visible on the left side, including "マイコンピュータ" (My Computer), "リムーバブルディスク" (Removable Disk), "ネットワークドライブ" (Network Drive), "マイネットワークドライブ" (My Network Drive), "マイコンピュータ" (My Computer), "Windows Media Player", "cogma15-Me...", and "マイコンピュータ" (My Computer). The system tray in the bottom right corner shows several utility icons.

# XCASTの特徴

- マルチキャスト      放送型 (マスコミ的)
  - 同時に多数チャンネルは送りづらい
    - 先日の岡山国体では50ストリーム
  - 受信者の数は関係ない
- XCAST      個別型 (ミニコミ的)
  - 同時に多数接続は難しい
    - 先日のXCAST祭りでは30人同時
  - チャンネルの数は関係ない



# XCASTが有効なアプリケーション

- 分散協調アプリケーション
- IP電話
- ビデオ会議
- ネットワークゲーム
- 共有ホワイトボード
- 共有リモートコンソール
- 講演会への遠隔参加

他にも多様な応用可能性が！

# 通信と放送の協調

- XCAST技術には、放送の補完的技術として利用できる可能性がある
- TVを見ながら、、、
  - 2chでは、野球やサッカーの実況スレッドがある
  - 実際に野球やサッカーで、やってみよう

# 将来のデジタルTV

TV画面

友人A

友人B

友人C

知人D

知人E

知人F

一人で見てるのに、みんなと一緒にTVが見れちゃう

# その他の可能性

- XCASTを使った、独居老人の支援
  - 町会所にいかななくても
- データ放送中に、チャンネル情報等の連絡をすることにより、放送とXCASTの融合が可能になりうる
- 視聴者参加型番組
  - 番組モニターが XCASTで参加
- XCASTによる定例会議の開催
  - 東海JGN2推進協議会利用促進部会では、遠隔地間で定例会議を実施

# ぜひお試しください

## 情報リンク先

- <http://xcast.cogma.org/xcast-nu-win-kit/>
- <http://www.xcast.jp/>
- [http://www.el.itc.nagoya-u.ac.jp/~tanaka/xcast/how\\_to\\_use.html](http://www.el.itc.nagoya-u.ac.jp/~tanaka/xcast/how_to_use.html)

XCASTに関する質問は [xcast@wide.ad.jp](mailto:xcast@wide.ad.jp) までどうぞ

# まとめ

- センサーネットワーク / ユビキタスシステム
- ユビキタス情報環境を実現する  
基盤ソフトウェア cogma
- スマートルーム (Cogma Room)
- 組込み機器用ソフトウェア VPcogma
- ユビキタスコミュニケーション XCAST

多様な場面において、人と人、人と環境  
環境内の機器間のコミュニケーションを実現可能