

ユビキタスネットワークへの道

森 川 博 之

東京大学大学院新領域創成科学研究科

〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

E-mail: mori@mlab.t.u-tokyo.ac.jp

あらまし 「ユビキタスコンピューティング」や「どこでもコンピュータ」といった言葉が示唆する世界への扉が今まさに開こうとしている。デバイスの小型・高性能・省電力化、時間や場所を選ばずにインターネット接続ができる小型無線端末、サービスのプラグ・アンド・プレイを実現する自動設定技術などがユビキタスへの原動力となっている。本稿では来るべきユビキタス時代に向け、特にユビキタスネットワークという観点からアプリケーションシナリオを示し、その技術課題について述べる。また、ユビキタスネットワークの実現に向けたいくつかのアプローチについて述べる。

キーワード ユビキタスネットワーク、ユビキタスコンピューティング、ネットワークサービス

Towards Ubiquitous Networks

Hiroyuki Morikawa

Department of Frontier Informatics, The University of Tokyo

7-3-1 Hongo Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0033, JAPAN

E-mail: mori@mlab.t.u-tokyo.ac.jp

Abstract In the future, interconnected devices will be so commonplace that "the Internet" becomes invisible. Devices span from the so tiny that the computer disappears, to servers so large that storage limits vanish. The key towards this is to design an information infrastructure where computing, content, and network resources are completely transparent to the user. We believe that it is now time to revisit the Internet to determine whether it can be changed to align better with such future requirements. The goal is to develop an information infrastructure to make it more convenient for people to interact with information, devices, and other people. In addition, to define prototype networked applications is also a goal towards which information society can evolve. This presentation shows some application scenarios, technological challenges, and our approaches to realize ubiquitous networks.

Keyword Ubiquitous Network, Ubiquitous Computing, Network Services

コピキタスネットワークへの道



森川 博之

東京大学大学院新領域創成科学研究科
2002.7.26

コピキタス環境とは



Aoyama Moriawa Laboratory

ネットにつながるモノは増えてきた — 3C Everywhere —

- Computing everywhere
 - PDA, 携帯電話, 情報家電, センサ, 車, ロボット, ウェアラブルコンピュータ...
- Contents everywhere
 - XMLコンテンツ, mp3ファイル, 映画, エンコーダ, デコーダ, アプリソフト...
 - 個人が 1 terabyte のディスクを所有していると全世界では 1 zettabyte (1021) オードの超分散データベース
- Connectivity everywhere
 - 2G/3G/4G, 高速無線LAN, 赤外線, 光ファイバ, DSL, DSRC, PAN...



Aoyama Moriawa Laboratory

実世界もネット化されていく — 超環境 —

- 「物理環境」と「仮想環境」のインタラクション
 - 現在のコンピュータとネットワークが構築しつつあるのはサイバー社会 (仮想環境)
 - センサやアクチュエータなどの組み込み型分散デバイスが「物理環境」との接点
- 物理環境と仮想環境とが相互接続された新たな環境の創出
 - 生活・社会・産業における「神経系」となり得る情報基盤の創出



Aoyama Moriawa Laboratory

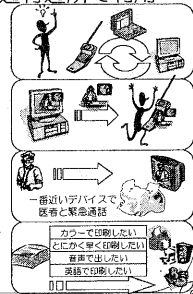
何をしたいのか



Aoyama Moriawa Laboratory

多様なアプライアンスを適材適所で利用

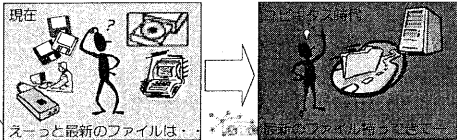
- ユーザは自分が携帯する端末に加えて、そのときに利用可能なもっとも使いやすい端末 (端末群) を利用したい
- 移動することにもなって端末を切り替えるときのサービスモビリティを確保することが重要
- ユーザと端末の物理的位置の関係で、利用する端末を自動的に選定してサービスを提供する機能がほしい
- そのときに応じて利用できる最適な端末機能を組み合わせる提供機能がほしい



Aoyama Moriawa Laboratory

コンテンツを自在に扱いたい

- ネットワーク上に適する多種多様なコンテンツの中から所望コンテンツを的確に探し出して利用したい
- どのような端末を用いても自己の保有データの一元性を確保したい
- ストレージをネットワークにアウトソーシングしたい



Aoyama Morikawa Laboratory

7

超環境の実現による社会生活のサポート

- 従来はネットワーク上に別の生活空間を構築することを自指してきた。すなわち、サイバー社会や仮想社会の構築が目標であった
- 今後はこのようなネットワーク上に構築される仮想的な環境と我々が生活する実環境との結合により社会生活を支援するインフラが必要
- 超環境上のサービスとして代表的なものは物理的位置の情報を利用したサービスである。GPSに加えてあらゆる環境で、サービスに応じた精度で位置を測位する技術が重要
- 超環境では物理的環境上のさまざまなデータを収集するセンサーと新たなネットワークアーキテクチャが重要

Aoyama Morikawa Laboratory

8



携帯電話機は指揮棒



- 現在我々は少なくとも携帯電話機を持ち運び、それにノートPC、PDA、携帯型ゲーム機などを持ち運んでいる
- 今後はこのような複数の機器を持ち運ぶことなく、携帯する端末は一つであり、それをコントローラとして、その時々で利用できる端末を利用する技術が重要
- すなわち、携帯電話機を指揮棒とし、それを操ることによってさまざまな楽器（端末）を奏で、サービスのアンサンブルを実現する技術を目指す必要がある
- このような指揮棒にはセキュリティ、リライアビリティ、プライバシーに関する要求条件が格段に厳しくなる

Aoyama Morikawa Laboratory

9

ユビキタスへの期待

- 膨大なリソース（プロセッシング+コンテンツ+ネットワーク）の構築とその効率的利用
 - 人類全体のリソースの構築：知的活動を支援するための情報基盤/インフラストラクチャ
 - いつでも、どこでも、どんな端末からでも、所望のサービスを享受したい、所望の情報を容易に入手したい
 - 情報の管理、ネット設定を容易にしたい
 - コンテンツのバックアップや最新コンテンツへのアップデートを不要にしたい
 - ストレージやアプリケーションをアウトソーシングしたい



Aoyama Morikawa Laboratory

10

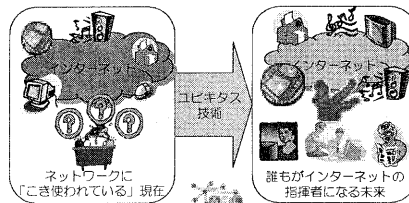
何が必要か

Aoyama Morikawa Laboratory

11

足りないもの

- 一般ユーザがネットを自由自在に使いこなすための技術
- 物理世界とのインタラクションを行う技術



Aoyama Morikawa Laboratory

12

シナリオ1 ーネットで映画を見たいー

- IP6+既存技術の場合
 - ①パソコンを起動
 - ②ネットワークを設定
 - ③サーチエンジンで映画を検索
 - ④ようやく映画が見つかった
 - ⑤今度は映画を見るためのソフトをダウンロード
 - ⑥ソフトをあれこれ設定する
 - ⑦パソコンの小さな画面と異質な音でやっと映画が始まる
- IP6+コピキタス技術の場合
 - ①AV機器のある部屋に座って、携帯端末に「OO」という映画を見る」と指令を出すだけ

画面な検索や設定はネットが全部やってくれる
超解の大型テレビやスピーカーですぐに映画が見れる

これを実現するにはネットに映画やテレビを呼び出すネーミング技術や自動的に映画が見れるようにするためのサービス・機器連携技術が必要

13

シナリオ2 ー目の前のプリンタですぐ印刷したいー

- IP6+既存技術の場合
 - ①プリンタのIPアドレスやドライバを管理書から載せてもらう
 - ②パソコン側でプリンタのドライバをインストール
 - ③プリンタのドライバにIPアドレスなどを設定
 - ④パソコンある場所印刷ボタンを押して、プリンタのところまでわざわざ取りに行く

プリンタは目の前にあるのに設定しないと印刷できない現状
- IP6+コピキタス技術の場合
 - ①プリンタの前に立つて携帯端末などで印刷したいファイルを指定するだけ

ネットがユーザの現在位置を検出し印刷してくれる

これを実現するにはユーザの位置を常に検出するための高精度位置情報インフラと超環境ネットワーク技術などが必要

14

シナリオ3 ー最適なネットワークを使いたいー

- 多様な無線ネットワーク
 - 携帯、PHS、無線LAN、Bluetoothなど
- 多様な特徴
 - 課金、帯域、利用可能エリアなど
- ユーザの移動に伴う無線環境変化に応じて、一番いいネットワークを自動的に選択して使いたい。しかも通話やダウンロードなどは途切れないうでほしい。

これを実現するには自動的に無線ネットワークやサービスを切り替えたりのできるシームレスモバイル技術やサービスモビリティ支援技術が必要

15

シナリオ4 ーネットで環境制御ー

ナノテクセンサによる超大規模センサネットワーク

インターネット

CO2濃度
有害微粒子測定

環境制御基盤システム

空調・照明
や交通量などを適切に制御

これを実現するには無数のセンサをネットワークから制御するためのセンサネットワーク制御技術や高密度ネットワーク制御技術が必要

16

開発すべき技術はまだ多く存在する

- ネーミング技術
- サービス・機器連携技術
- サービス発見技術
- 高精度位置情報インフラ
- サービスモビリティ支援技術
- シームレスモバイル技術
- センサネットワーク技術
- 個人化技術
- 認証技術
- プライバシー保護技術
- コンテキストウェア技術
- コピキタスコンテンツ
- 超小型コンピュータ/センサ技術などなど

誰もが使えるネットワークシステム

コピキタス基盤技術

IPv6技術

17

Resource Discovery
User Preference

Sensors Programs

Appliances Multimedia Data CPU Resources

Wired LAN 3G PHS WLAN

Seamless Mobile Access
Personal Mesh

Edge-to-edge Network
Photonic Path

Sensor Network
Descriptive Routing

Autonomous

Autonomic Computing

18

アプローチ



19

プロジェクト

- STONE (Service Synthesizer on the Net)
- Dolphin
- U3
- Ubiquitous Contents
- SLSOCKET (セッションレイヤモビリティサポート)
- サービスモビリティ
- パーソナルメッシュ



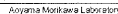
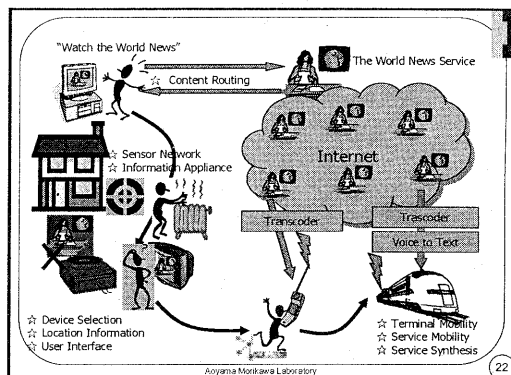
20

3つの大きな課題

- 多様・多量・多機能なオブジェクト
 - 並列透過的利用
 - 管理・呼び出し・利用
- リアルワールドインテグレーション
 - 実空間に情報を入出力するデバイス
 - 管理・呼び出し・利用
- モビリティ
 - ターミナルモビリティ
 - パケット到達性を問題視するか否か
 - サービスモビリティ
 - そのときサービスが利用できればそれでよい



21



22

What to find, not Where

「場所」でサービスを要求する
(現在のインターネット)

www.asahi.com

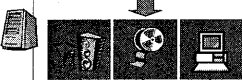
↓ DNS

Asahi.com Server
IP=202.239.162.61

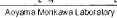
「何をやりたいか」で
サービスを要求する

今すぐ映画を見たい

ネットワークミドルウェア
ネーミングサービス



[[Input=Video.mpeg/http.TCP.IP.802-11] &
*Output=Audio.mp3/RTP.UDP.IP.IEEE1394] &
*Operation = [[Input] to [Output]]]



23

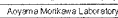
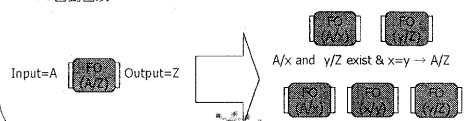
インタフェース指向ネーミング

- FO自動補間



Output Interface = MPEG2/IP

- FO自動合成



24

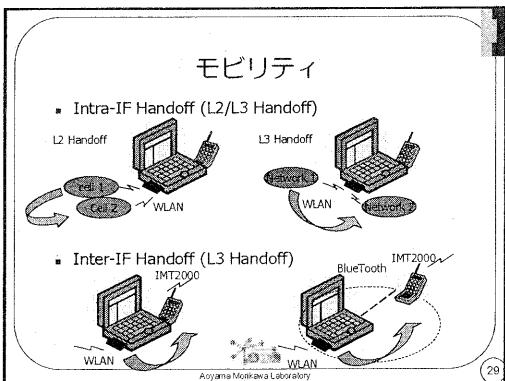
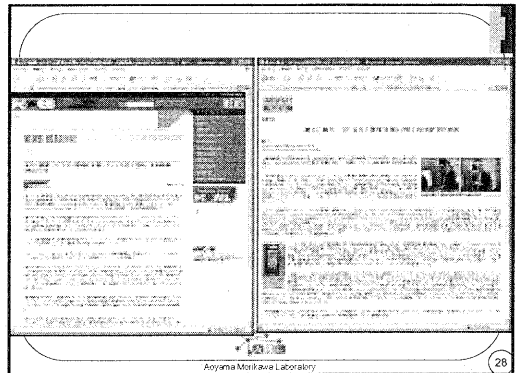
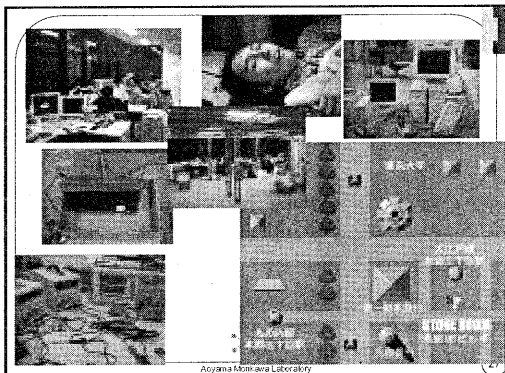
DNS強依存型インターネットと 5つの問題

- DNS
 - 押しも押されぬインターネット界の重鎮
 - 管理組織の名前を全世界規模で管理・解決
- 問題
 - (1) 名前の位置依存性
 - (2) セマンティクスとシンタックス(FQDN)
 - (3) 低システム自由度
 - (4) ネットワーク分離型システム
 - (5) 単機能型ネーミング

25

ビデオ

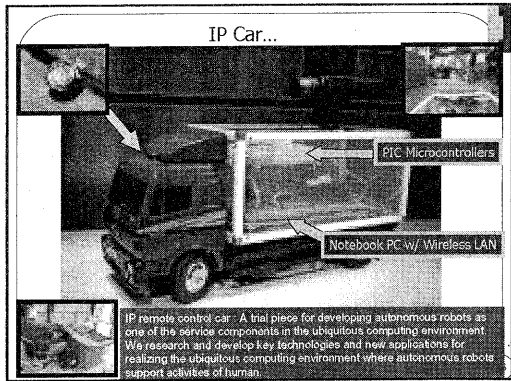
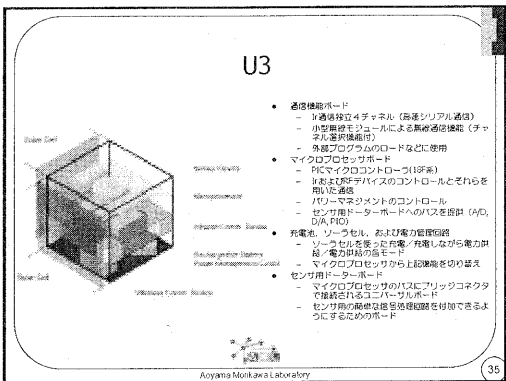
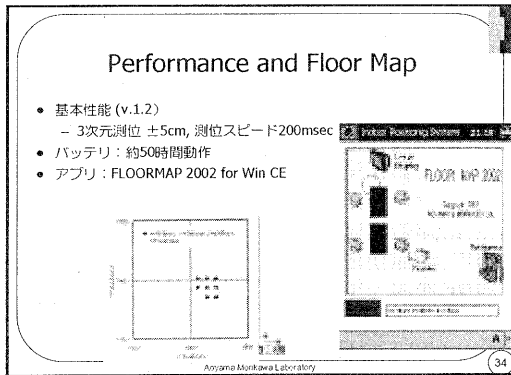
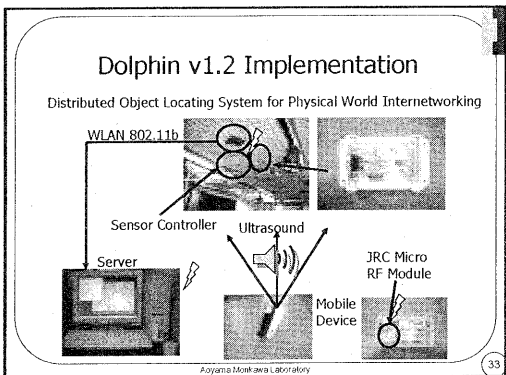
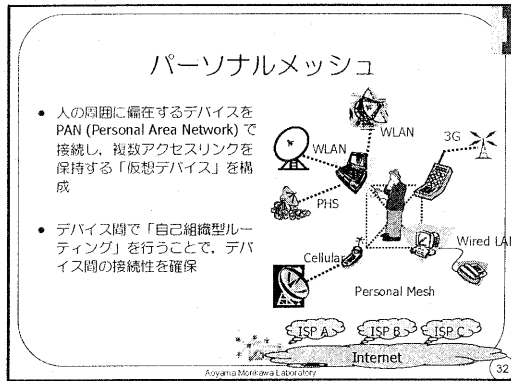
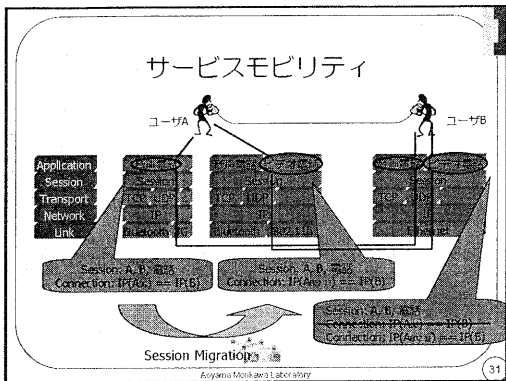
26



セッション層モビリティサポート

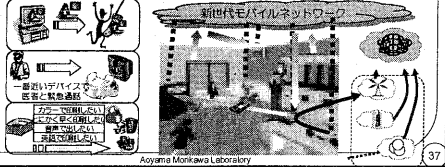
- 下位層の情報を上位層で利用可能
 - cf. TCP's dependence upon the network and host addresses for part of its connection identifiers makes dynamic reconnection difficult, a "problem" by V. Cerf.
- 名前空間とアドレス空間の分離
 - ユニバーサルなネーミングは難しい (DNS, STONE, INS, JINI, UPnP...)
- End-to-Endモビリティサポート
 - 種々のアプリケーションからの要求に対処可能
 - Mobile IP という単一サービスのみでは不十分
- サービスモビリティとの親和性
 - cf. Mobile IP: アプリケーション透過性, L3でのロケーション管理, 三角ルーティング, 単一デバイスを対象

30



利用イメージ

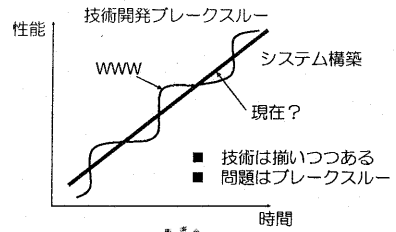
- 通信サービスを継続しながら異なる無線ネットワークへ移動したり、異なる機器に通信サービスそのものを移動することが可能になる
- ユーザと機器との物理的位置の関係で、利用する端末を自動的に選定して柔軟なサービスが提供できる。また、状況に応じて利用できる最適な機器機能を組み合わせることができる
- 組み込み設備群を用いた動的な誘導情報提供が可能となる
- 時間や人の位置に応じた機器制御・電力制御などが可能となる



Aoyama Morikawa Laboratory

37

ブレイクスルー



Aoyama Morikawa Laboratory

38