

この授業のスライドはLMSで公開されます
授業やレポートに関する質問などはSlackへ
<https://keio-st-multimedia.slack.com>

- (1) 無料のSlackアプリをインストールを済ませておく
 (2) その後、通知したURLにアクセスし、下にスライド、



- (3) 下にある、「アカウントを作成する」をクリック、



- (4) keio.jpのメールアドレスを入力後、「アカウントを作成」をクリック、



- (5) keio.jpのgmailに届くメールにある「ここをクリックして続行」を押し、



- (6) 名前に続き、パスワードを入力、



- (7) 「同意する」を押すと、



keio.jpアカウントを用いた Slackによる授業ワークスペースへの 参加の仕方

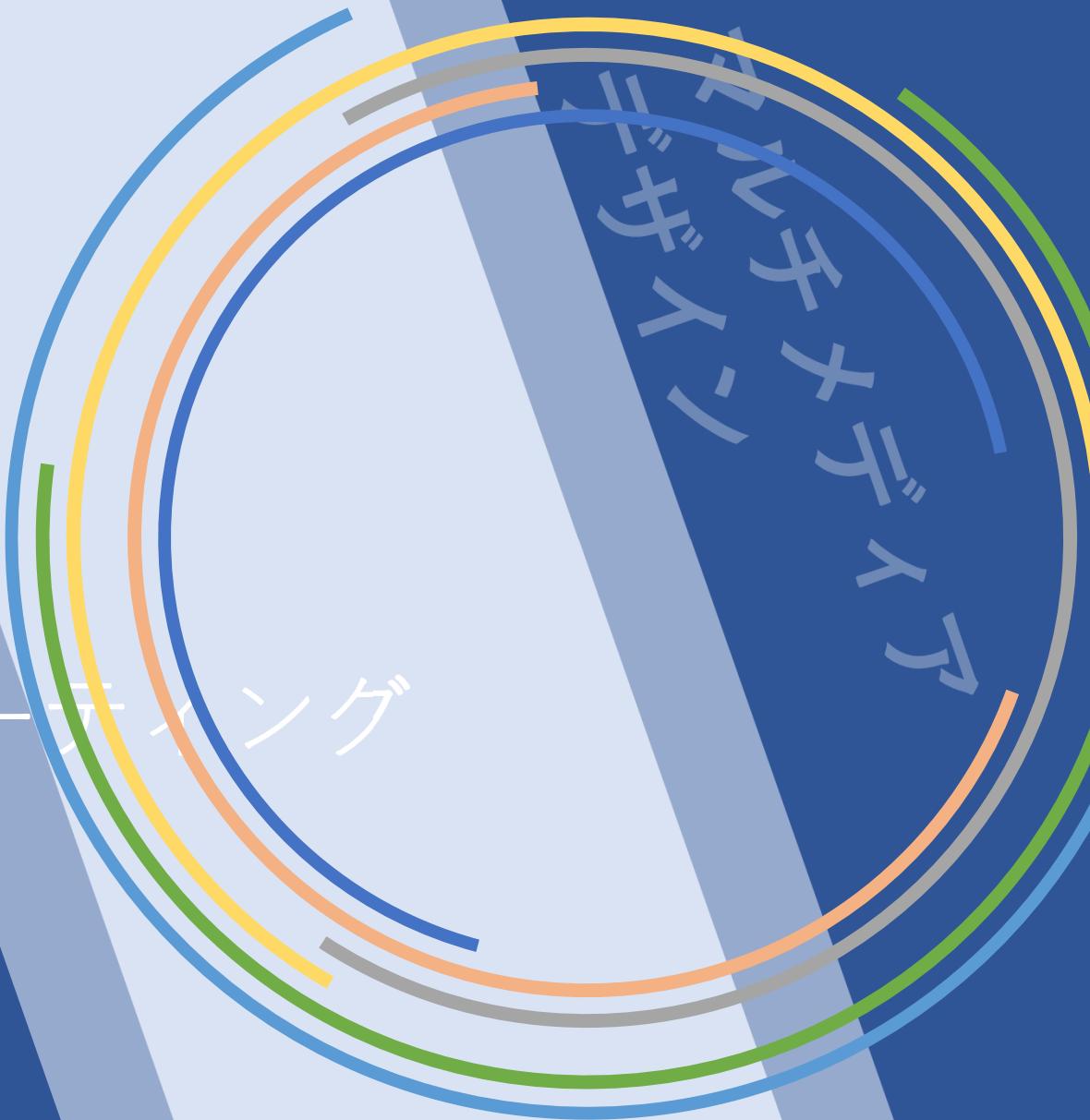
理工学部システムデザイン工学科 西



#2

センサネットワーク ユビキタスコンピューティング

担当： 西 宏章





ネットワークセンシング

4

- センサネットワーク
 - センサであり、かつ通信ノードであるセンサネットワークノードにより構成されるネットワーク
 - 有線センサネットワークにおける媒体
 - LON、I2C、1-wire
 - 無線センサネットワークにおける媒体
 - UWB、ZigBee、Bluetooth
- ユビキタス情報化の流れ
 - 環境限定型から、全環境型へ
 - 単点単次元独立型から、多点多次元融合型へ





ユビキタスコンピューティングとは

5

- ユビキタスとは、「遍在する、広くあまねく存在する」という意味
 - もともとの英語の Ubiquitous は、Ubiquitous Mosquito といった具合に好まない対象、すなわちマイナスのイメージに利用するが. . .
- ユビキタスコンピューティングは将来のコンピューティング環境のあるべき姿として1988年頃に考案された概念
- ユビキタスコンピューティングは「無数のコンピュータがあちこちに存在する」ことを当然の前提とする
 - ユビキタスコンピューティングが他のコンピューティング概念と決定的に異なるのは「不可視性」（コンピュータがどのように使われているかがユーザから見えない）である
 - センサネットワークは、特に不可視性はこだわらず、センサがメイン





ユビキタスコンピューティング(1/2)

6

- Microsoft Easy Living

- ユーザ行動解析
- 地理モデルの利用
- 自動センサキャリブレーション
- 細粒度イベント・適合処理
- デバイス非依存通信



- 東京大学 STONEルーム

- ユビキタス環境実験室
- STONEはミドルウェアで
- ネーミングによりデバイスを指定できる
 - 例えば、人に画像を見せたいとき、ファイルのある人に見せると表現と表現すれば、システムがその人に最も近いデバイスを選定し表示する





ユビキタスコンピューティング(2/2)

7

- ・ジョージア工科大学 Aware Home
 - ・複数カメラで人の場所を特定・RFIDの利用



- ・慶應義塾大学 Smart Space Lab
 - ・PCやPDAといった人間が手元で使用する情報環境に加えて、目に見えないところに埋め込まれた計算機が互いに協調することで知的処理を可能とする場





センサネットワーク応用

8

- 医療・健康
 - どこにいても健康管理を行う
 - 異常があった場合はGPSなどにより場所を特定医療機関に通知する
- 防犯・セキュリティ
 - 異常を検知した場合は、ブザーや投光器、カメラなどを制御
 - 異常を電子メールなどで管理者に通知
- 防災
 - 災害発生時に通信インフラが利用できなった場合にアドホックネットワークを構築する
 - 被害状況をモニタリングする
 - 被災者を安全な場所に誘導する
- 環境リスクへの対応
 - NO_x, SO_xモニタリング



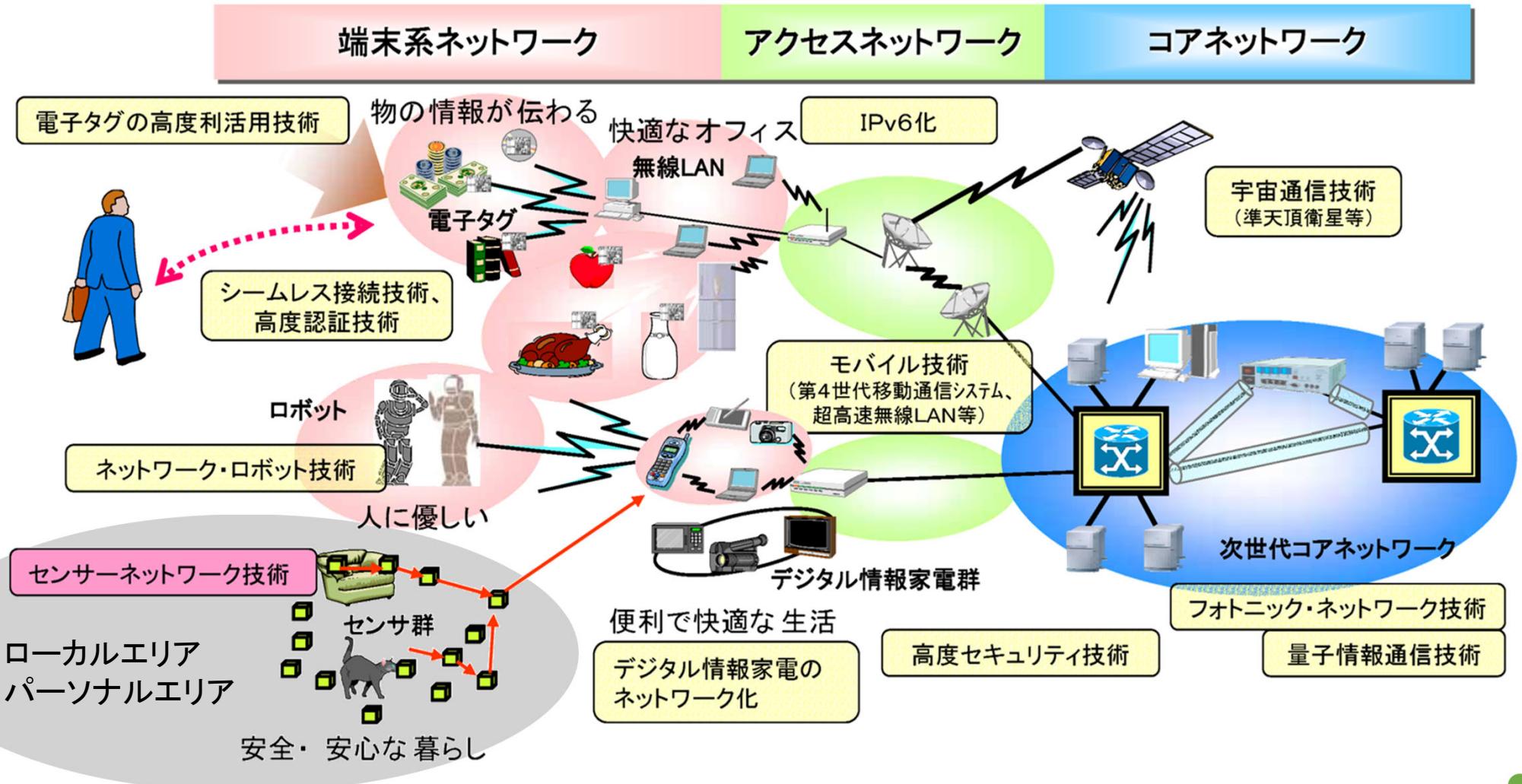


- 農作物など生産過程把握
 - 農作物の育成環境をモニタリングし、肥料・農薬・収穫の最適な時期や量を指南
 - 流通システムと融合することで生産性と収益率を向上させる
- 流通管理
 - 物品の保管状況を監視し、異常発生時に通知する
 - トレーサビリティを高める
- 構造物劣化監視
 - 橋梁やビルなどの構造物について振動・ゆるみ・亀裂・ひずみを検出し補強を促す
 - 免震・制震
- その他
 - ビル内の状態を監視し設備を最適に制御する
 - 道路交通制御（渋滞緩和・環境改善・緊急車両優先）を行う



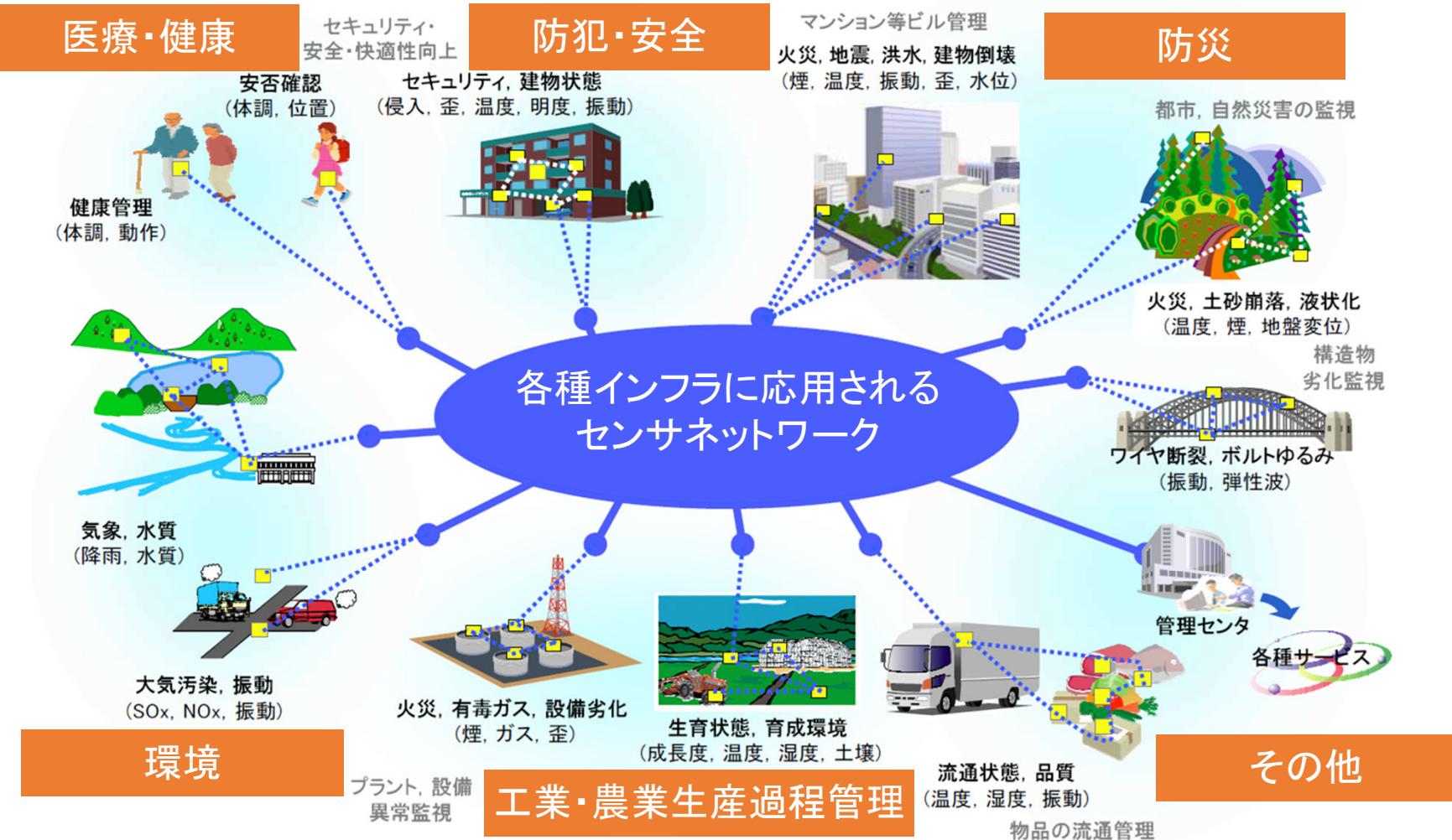
センサネットワーク技術の位置づけ

10



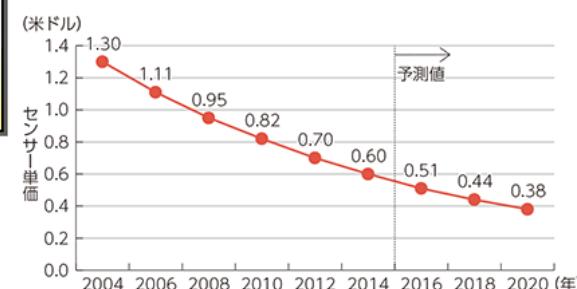
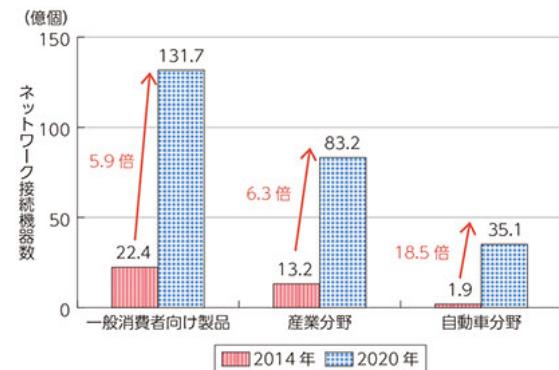
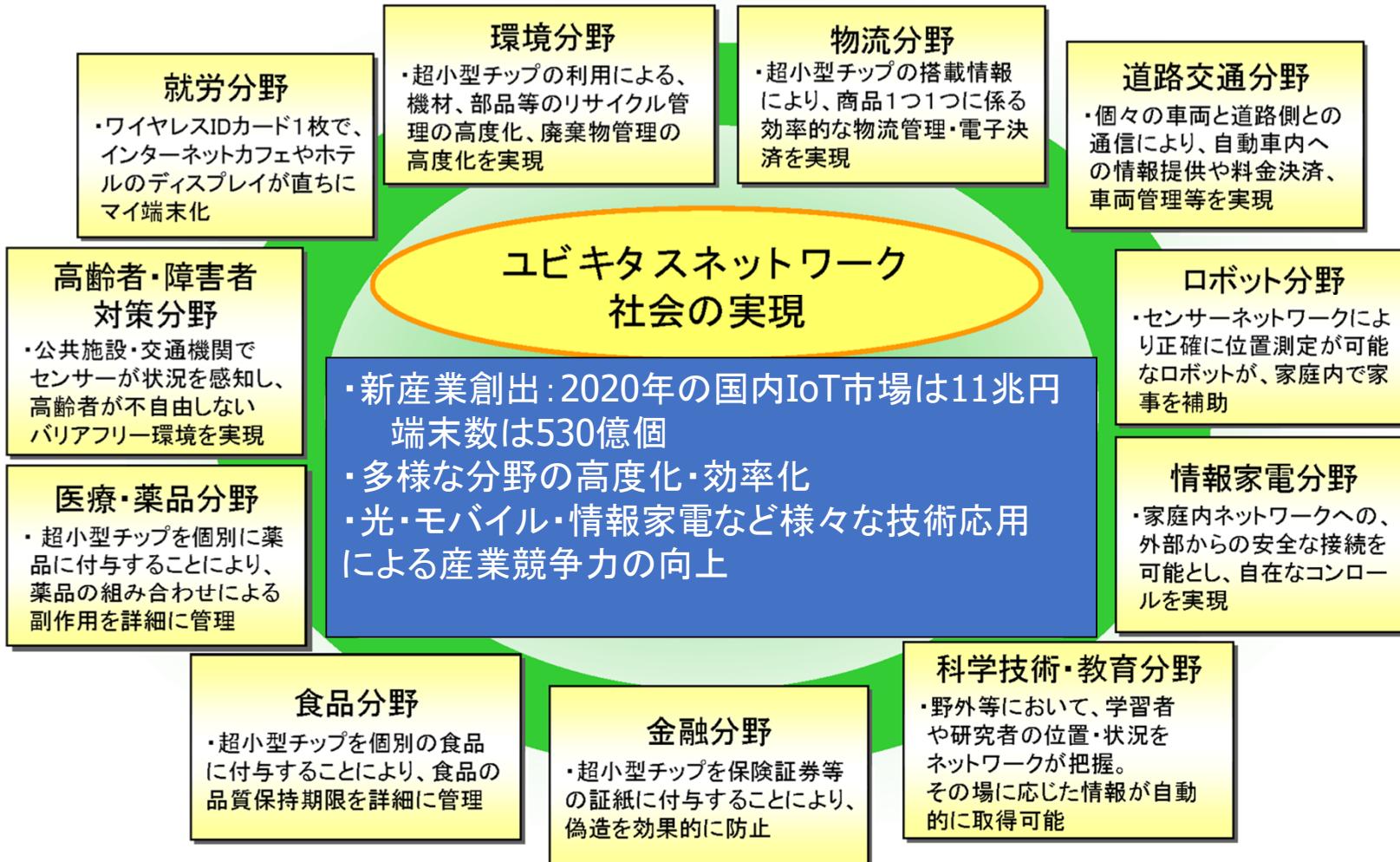
おもなセンサネットワークの用途

11



ユビキタスネットワークの社会応用例

12



Business Intelligence「THE INTERNET OF EVERYTHING: 2015」(2014年12月)





センサネットワーク応用に必要な要件

13

- どこでも設置
 - 電源コンセントや通信環境がない場所、埃・風雨・冰雪等にさらされる場所でも設置できる
 - 長時間バッテリ駆動を可能とする低消費電力、環境エネルギー利用による自己発電が必要
 - 電波は経路上にある物体の影響を受けやすいため、伝搬特性評価・解析技術とともにアドホックネットワークや高信頼通信技術が必要
 - 密閉技術、温度保障技術などパッケージング技術が必要
- 誰でも利用
 - 電気・水道・ガスの利用と同じ感覚で情報処理に接していない誰でもが使える
 - ネットワークアドレスやネットワーク経路などネットワークに関わる一切の設定を不要にする
 - ノード設置場所情報の設定を不要にする位置同定、時刻同期技術が必要
 - ノードの動作状況管理や、故障の自動検出と通知、さらには継続動作させる技術が必要
- 要するに「可用性」の向上





アドホックネットワーク

14

- 位置の特定されていない、また追加消滅の可能性があるノード群を扱う
 - 移動ノードに対応
 - 環境により通信状況が変化する場合にも適用可能
 - 通信外乱による影響の隠ぺいや、延命に利用可能
- 経路制御プロトコルが重要な技術要素となる
 - 通信を始める前に経路を決定するリアクティブ型プロトコル
 - 定期的な情報交換により経路を決定するプロアクティブ型プロトコル
 - リアクティブかプロアクティブかは、ルーティングプロトコルをいつ交換するかが本質的な違いであり、経路決定手順の違いではない
 - なお、通常のイーサネット環境においても、RIP、OSPF、BGP、ISISなど、数多くのルーティングプロトコルが存在するが、アドホックネットワークではなく、耐故障性や通信バンド幅獲得、デッドロック回避のためのアダプティブルーティングである





センサネットワーク応用に必要な要件

15

- システム連携
 - 既存のIPネットワークとの連携や、センサネットワーク同士を自律的に連携させスケーラブルにシステムを拡張可能とすることが求められる
 - ゲートウェイ技術が必要、ただし誰でも利用できるという要求も含めて、セキュリティ問題とのトレードオフとなる
 - 既存ネットワークを利用して複数のセンサネットワークがあたかも一つの大きなセンサネットワークとして扱うことができる仮想化技術が必要
- 既存ネットワークが備えるべき特徴を有した上でより高い要求がある
 - スループットについては、一般のネットワークよりも寛容
 - 省電力に対する要求ハードルが極めて高い場合がある
 - アドホックネットワークの構築など、独特なネットワーク管理が求められる場合がある





センサネットワークのはじまり

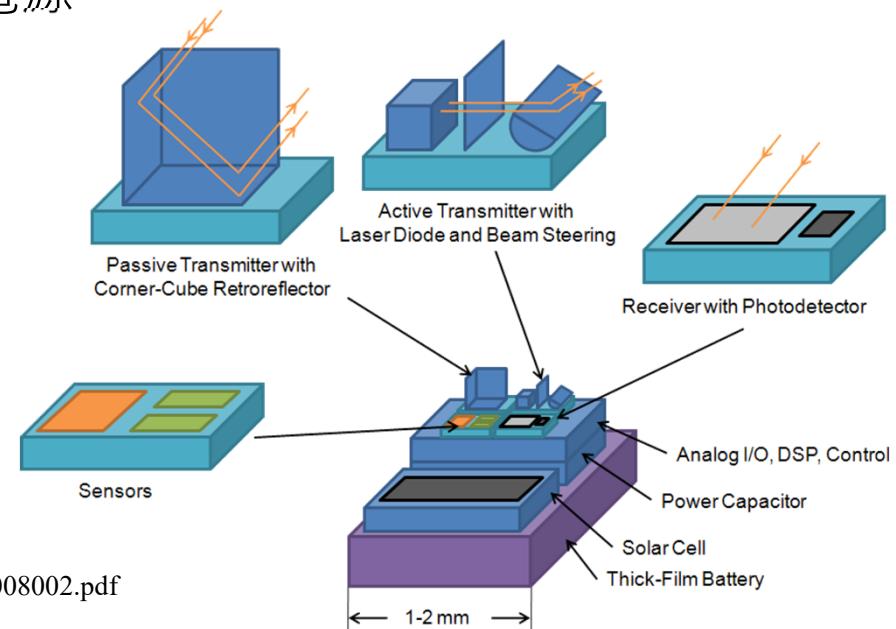
16

- 1999年DARPAによるマイクロ電子機械システム(MEMS:Micro Electromechanical System)によるスマートダストプロジェクトに端を発する
 - 体積 $1.5mm^3$ 以下、重さ $5mg$ 以下で演算処理、センシング、通信、電源を混載した超小型センサネットワークデバイスをMEMSで構成するというプロジェクト
 - 結局のところ、当初の目標をクリアするデバイスは提案されなかった
- 一方で、軍需を含めさまざまな応用が提案された
 - ユビキタスコンピューティングといった計算機科学的な概念
 - デバイス技術 (MEMS) 、無線・有線ネットワークにおける活発な議論
- センサネットワーク研究に火がついた



プラットフォーム開発の歴史

- スマートダスト : DARPA (Defense Advanced Research Project Agency)
 - 体積 < 1.5mm^3
 - 重さ < 5mg
 - 演算処理機能、センシング機能、通信機能、電源
 - MEMS技術で実現
- Ad-hoc ネットワークの実用的な応用先
 - 無線センサネットワーク
 - コンセプトレベルの実装
 - MICA MOTE プラットフォーム



http://www.mlab.t.u-tokyo.ac.jp/attachment/file/113/moritech_2008002.pdf

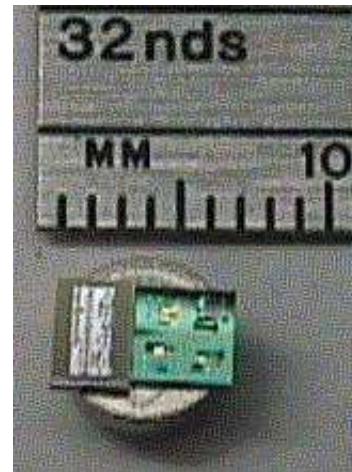




Smart Dustのその後

18

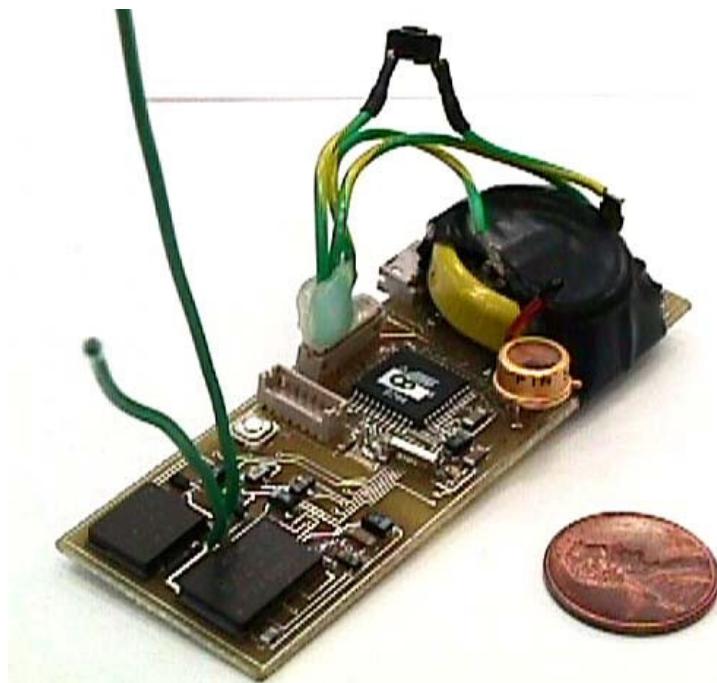
- より現実的な観点からCOTS Dustと呼ばれるプラットフォーム開発がおこなわれた
 - DARPAのNEST(Network Embedded Software Technology)プロジェクトにより MICA MOTEとして一般販売されるに至った
- センサネットワークのプラットフォーム入手が容易になった
 - 様々な応用が進む過程において、分散処理、電源、環境配慮など問題点も明らかになり、これらの課題を克服するための研究開発が継続して行われている





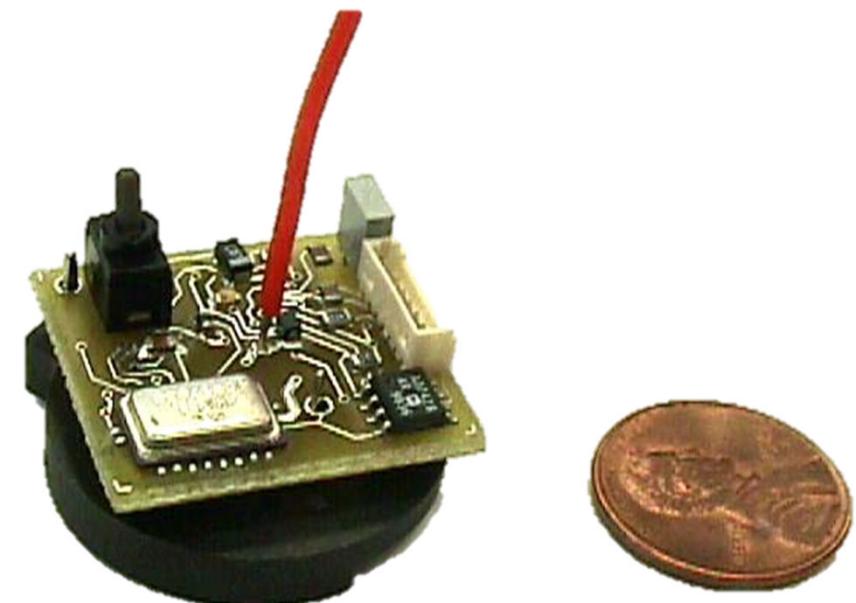
RF Mote

Large Scale Models for Smart Dust
RF 916.5MHz OOK
5kbps 20 meter range
Sensors: 2 axis magnetometers,
2 axis accelerometers, light, temperature, pressure



Mini Mote

19



RF 916.5MHz 10kbps 20 meter range
Sensors: temperature
A miniaturized version of the RF Mote

http://siliconrobot.com/macro_motes/macromotes.html





Laser Mote

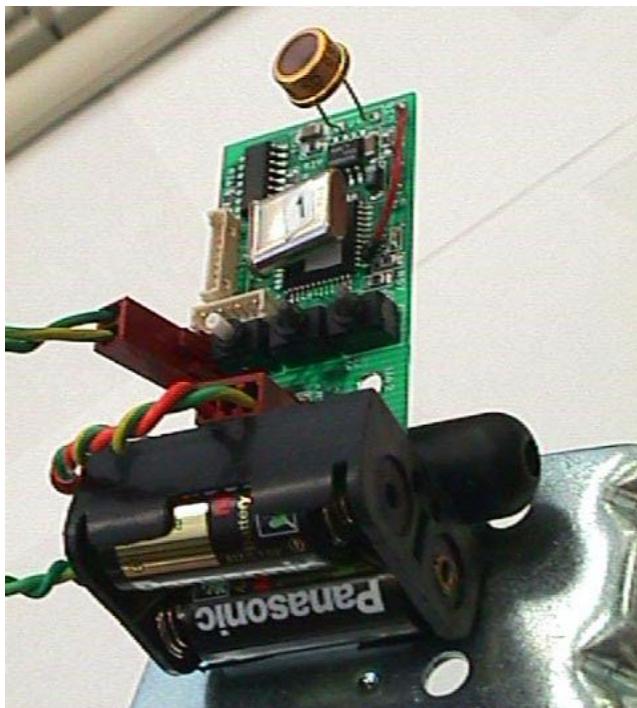
Laser Module: 3 mW optical transmission

150mW electrical power

10 km range

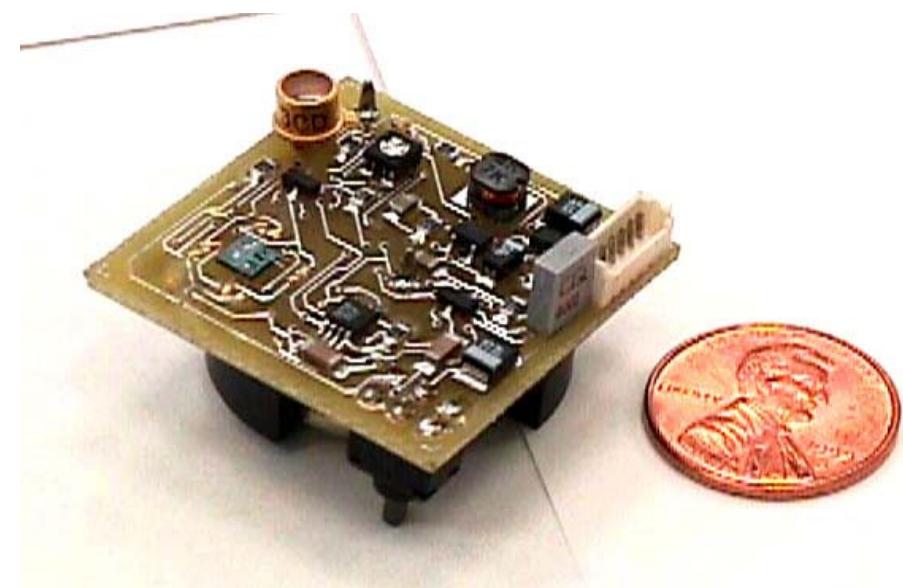
Sensors: temperature, light, pressure, humidity

Demonstrated 21 km one-way communication



CCR Mote

20

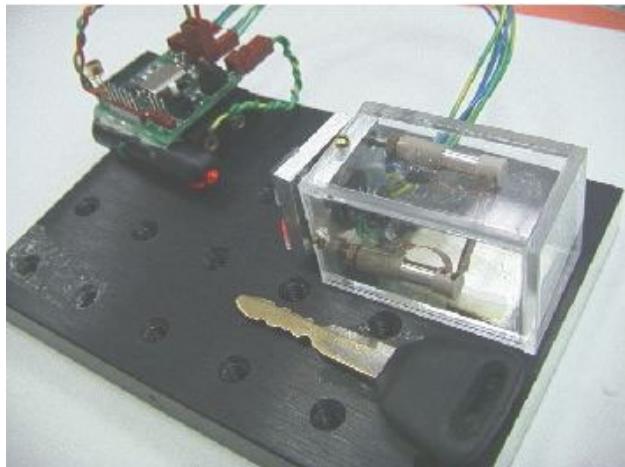


Corner Cube Reflector/Light Receiver Communication

Sensors: temperature

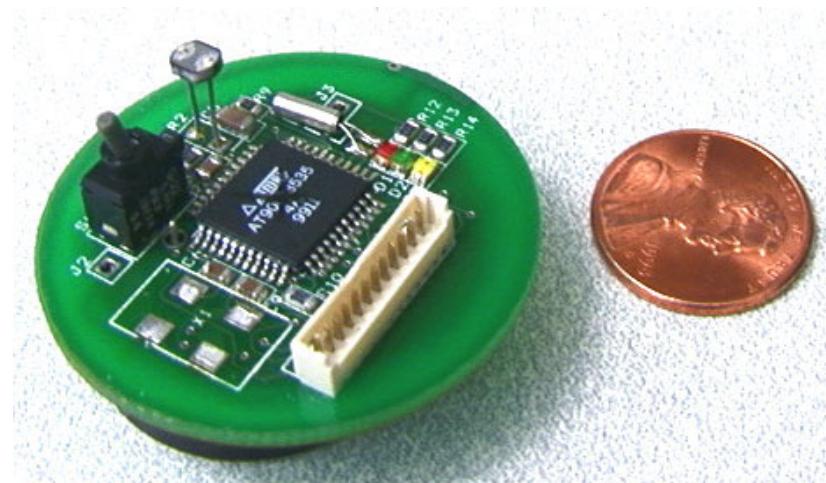
MEMS device for passive laser communications.





Steerable Laser Beam
Communication with integrated
CCD camera
Sensors: light

RF 916.5 MHz
10kbps 20meter range
Sensors: light, temperature
The next revision of the Mini Mote
Wireless reprogramming



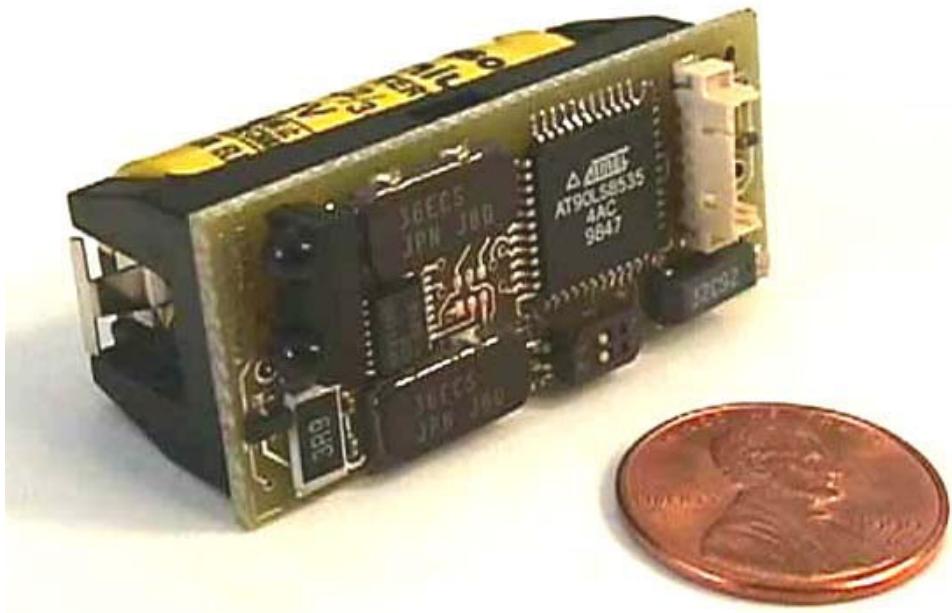


IrDA

IrDA communication

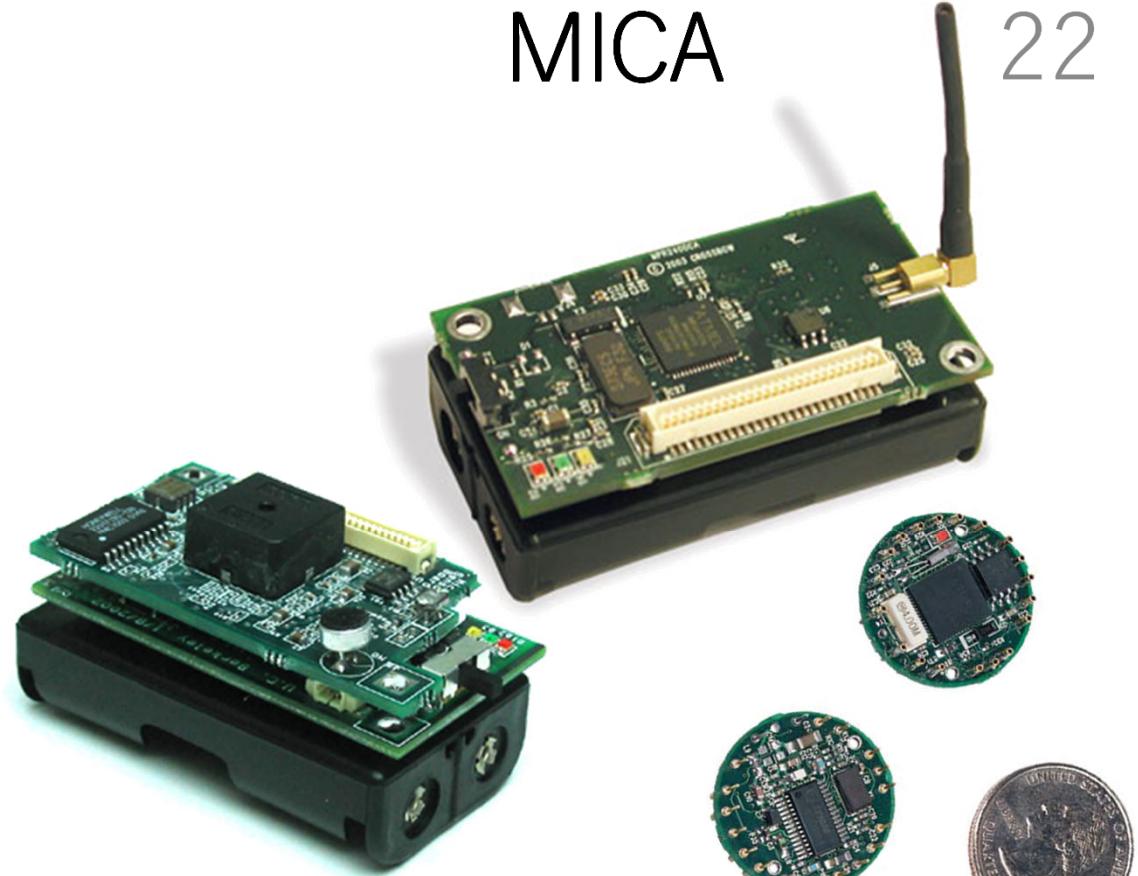
Sensors: temperature

Interface with other IrDA compliant devices (ex. Palm Pilot).



MICA

22



Atmel AVR and Chipcon CC1000
433, 868/916, or 310 MHz multi-channel Wireless
Light, temperature, RH, barometric pressure,
acceleration/seismic, acoustic, magnetic, GPS, and others
Battery AA x 2



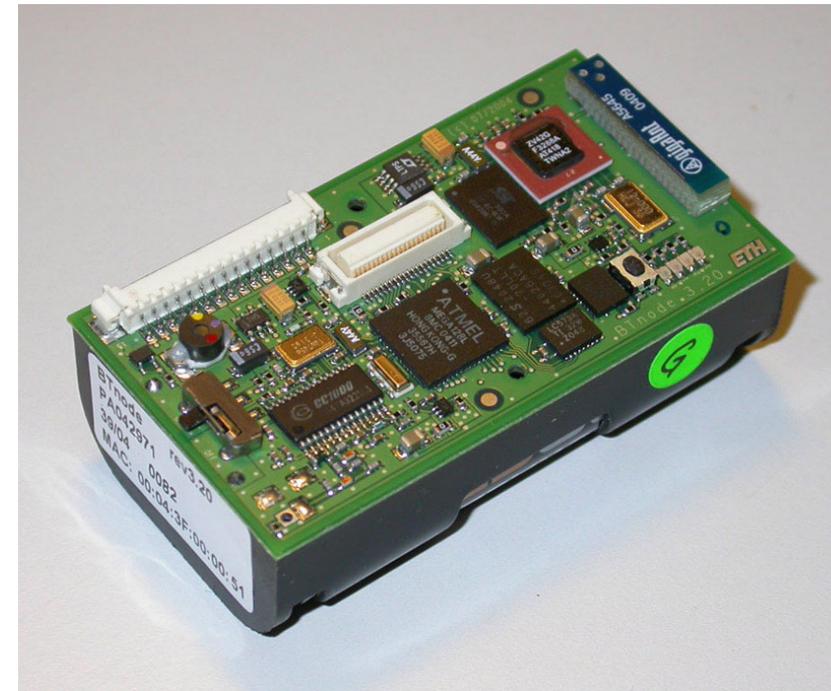
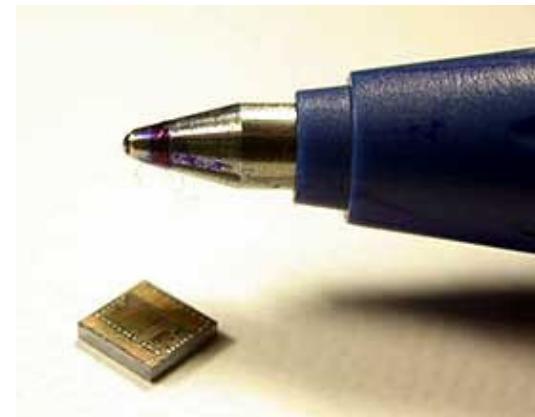


最終的には

23

Spec Mote:

2mmx2.5mm, AVR-like RISC core,
3K of memory, 8 bit On-chip ADC
FSK radio transmitter, Paged memory system
SPI programming interface,
RS232 compatible UART,
4-bit input port, 4-bit output port



Btnode:

Atmel AVR, Bluetooth and aChipcon CC1000 radio
Mica2 Mote with more SRAM (256K) and an additional
Bluetooth radio.





Imote2 :

PXA271 Xscale Processor

802.15.4 radio (CC2420) with a built-in

2.4GHz antenna

USB Client With On-board mini-B



Tmote Sky (Telos B):

TI MSP430F1611

10k SRAM, 48k Flash + 1024k serial storage

250kbps 2.4 GHz Chipcon CC2420

IEEE 802.15.4 Wireless Transceiver

On-board humidity, temperature and light sensors

Fast wakeup from sleep (<6usec)

Programming and interface via USB





MICAシリーズ

25

型名	MICAz (MPR2400J)	MICA2 (MPR420)	MICA2DOT (MPR520)
マイクロプロセッサ	CPU	Atmel ATMega128L(Active 8mA/Sleep 15uA)	
	クロック周波数	7.37MHz	4MHz
	プログラムフラッシュメモリ	128kbytes	
	SRAM	4kbytes	
拡張インターフェース	Bit幅(pin数)	51	19
	A/Dコンバータ	10bit	
	UART	2	1
	その他インターフェース	DIO, I2C	DIO, I2C(emu.)
無線通信モジュール	型式(送信/受信消費電力)	CC2420(20/18)	CC1000(8mA/5mA)
	無線周波数	2400MHz	315MHz
	スループット	250kbps	38.4kbps
ログ用フラッシュメモリ	容量	512kbytes	
電源	種類	単三電池2ヶ	CR2354





MICAシリーズ

- MICAシリーズの基本構成
 - センサ
 - 観測対象に応じて各種センサを搭載
 - マイクロコントローラ
 - PICやAVRなどを搭載
 - 通信デバイス
 - 一般的に無線を採用（特定小電力やZigBeeなど）
- 現在は
 - センサ
 - より多様なセンサが大量に採用される
 - マイクロコントローラ
 - ARMなどより汎用なプロセッサを採用する例もある
 - 通信デバイス
 - BLEなどより多様化



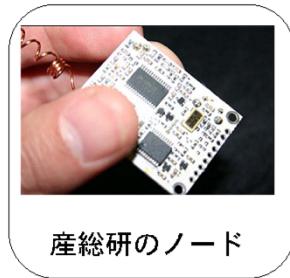
MICA2 Mote



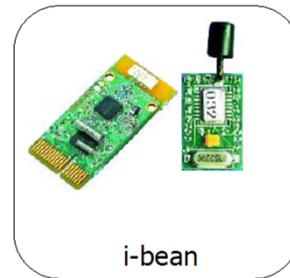
Telos



Ni3



産総研のノード



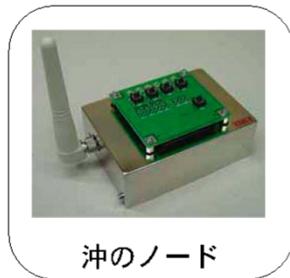
i-bean



Smart Its



三菱のノード



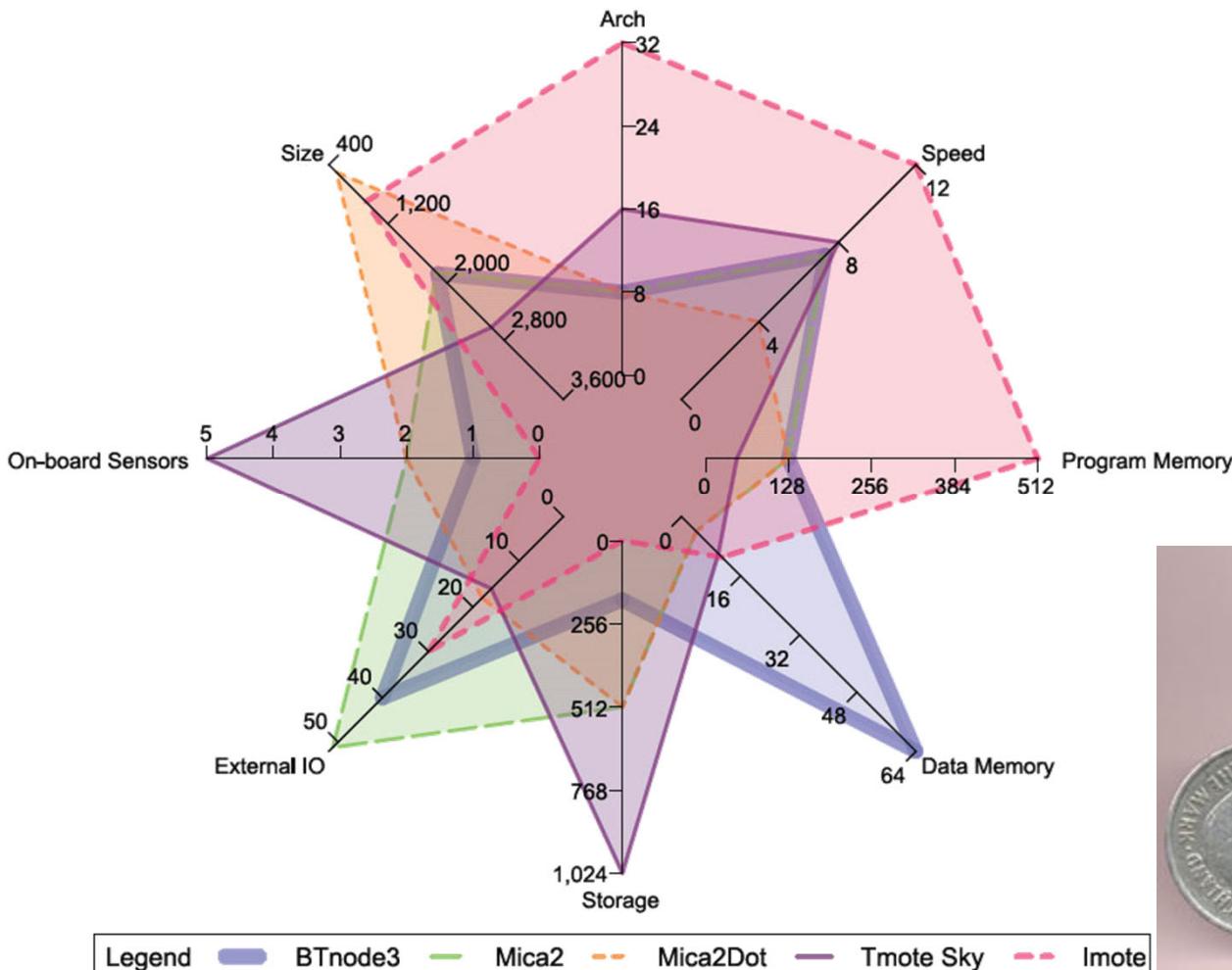
沖のノード



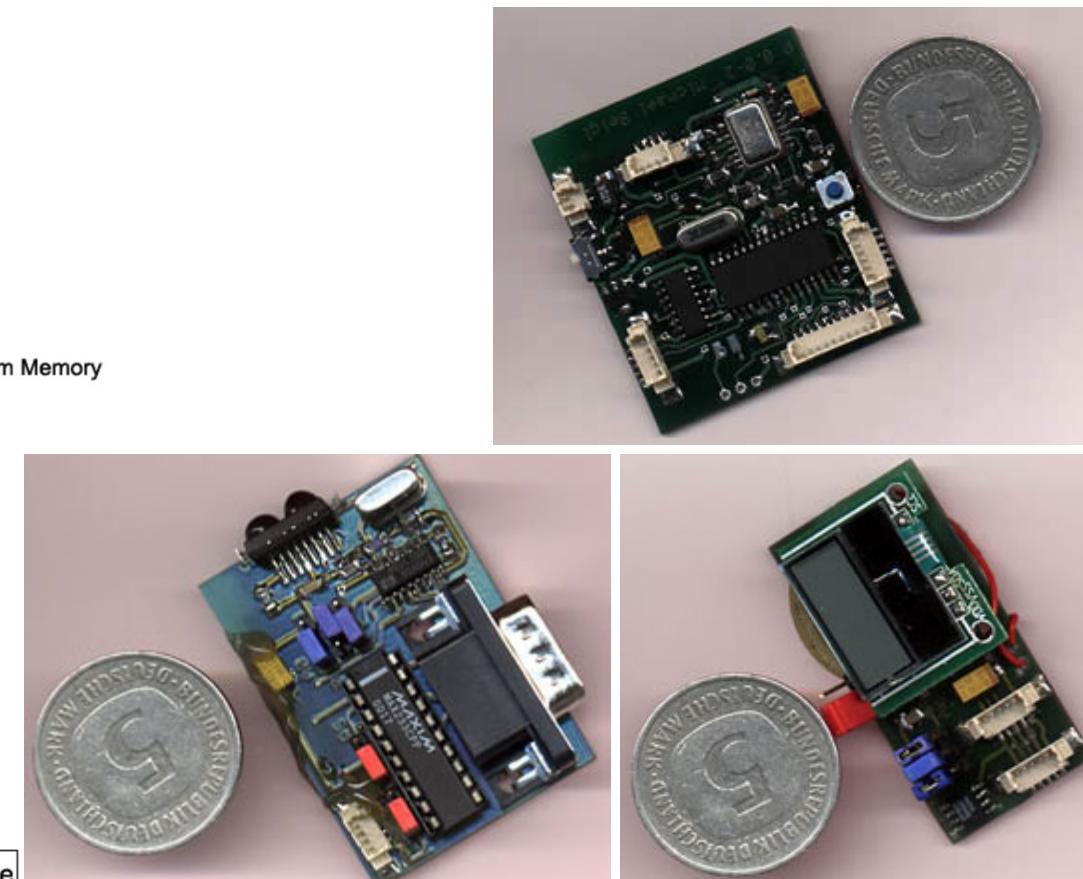


MICAの比較

27



欧洲における研究例



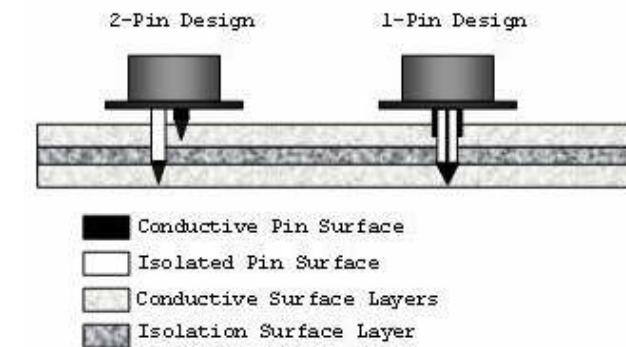
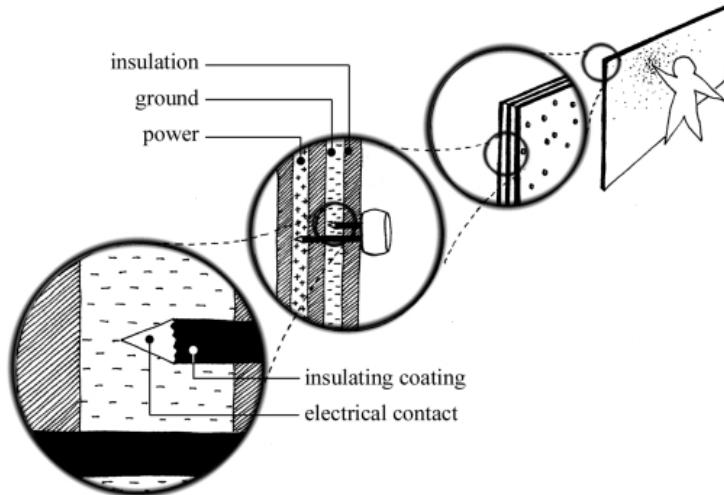
<http://www.snm.ethz.ch/pub/uploads/Projects/core.jpg>





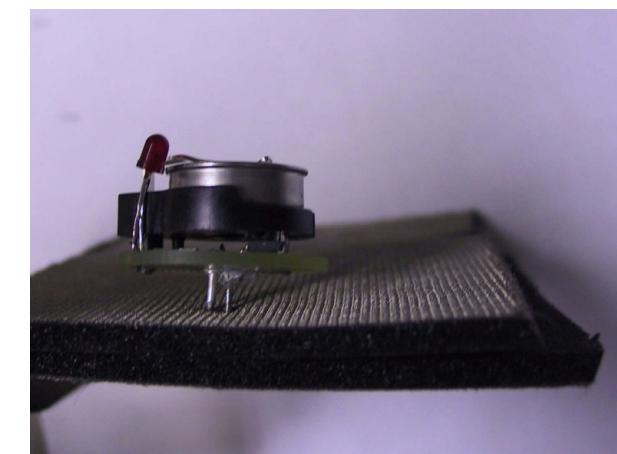
PushPin Computing

28



The Pushpins themselves are comprised of three stacked circuit boards; one each for communication, processing, and sensing. The communication layer features infrared transceivers that enable a Pushpin to communicate to adjacent Pushpins within a radius of roughly 10 centimeters. The core of the pushpin, the processing layer, contains a mixed analog/digital 8-bit micro-controller from Silicon Laboratories (previously Cygnal Systems) running at 22 MIPS.

<http://www.media.mit.edu/resenv/pubs/papers/2002-09-PushpinPervasiveWF.pdf>





- 背景

- センサネットプロトコル研究の飽和
- アプリからのフィードバック・民生領域
- テストベッドが必要

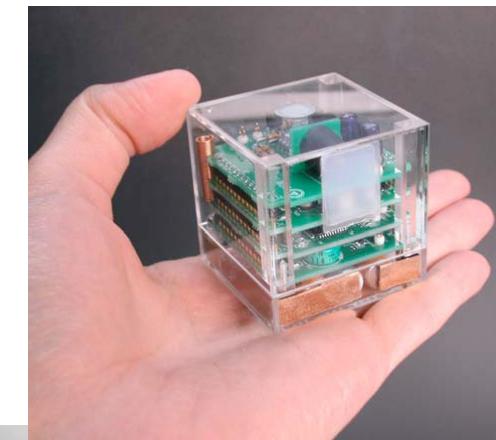
- 目標

- センサネットの各種プロトコルの実験や実空間情報を使ったアプリを簡単に作成できること

- アプローチ

- MICAとの親和性
- 外観デザインも重視
- 通信／演算／センサを分離
- 通信のレイヤ構造を明確化
- TinyOSとのメッセージレベル互換

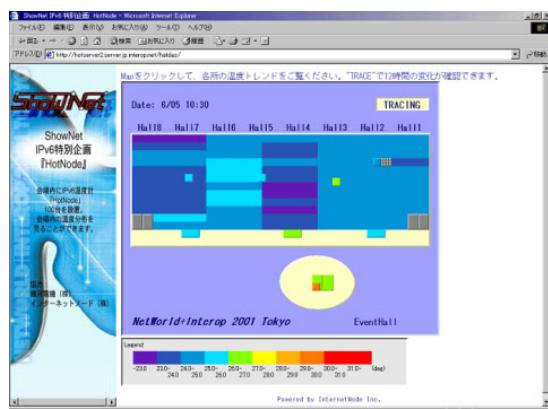
Microchip PIC18F452 20MHz x 2
ROM 16Kwords/RAM 1.5KB
115Kbps RF-Module, IrDA1.1
UM4 and Solar Cell
I2C, A/D DIO, RTC





HotNode

- 温度センサ内蔵マイクロノード
- IPv6対応、WEBサーバ搭載
- Power Over Ethernet対応



SUN SPOT 30

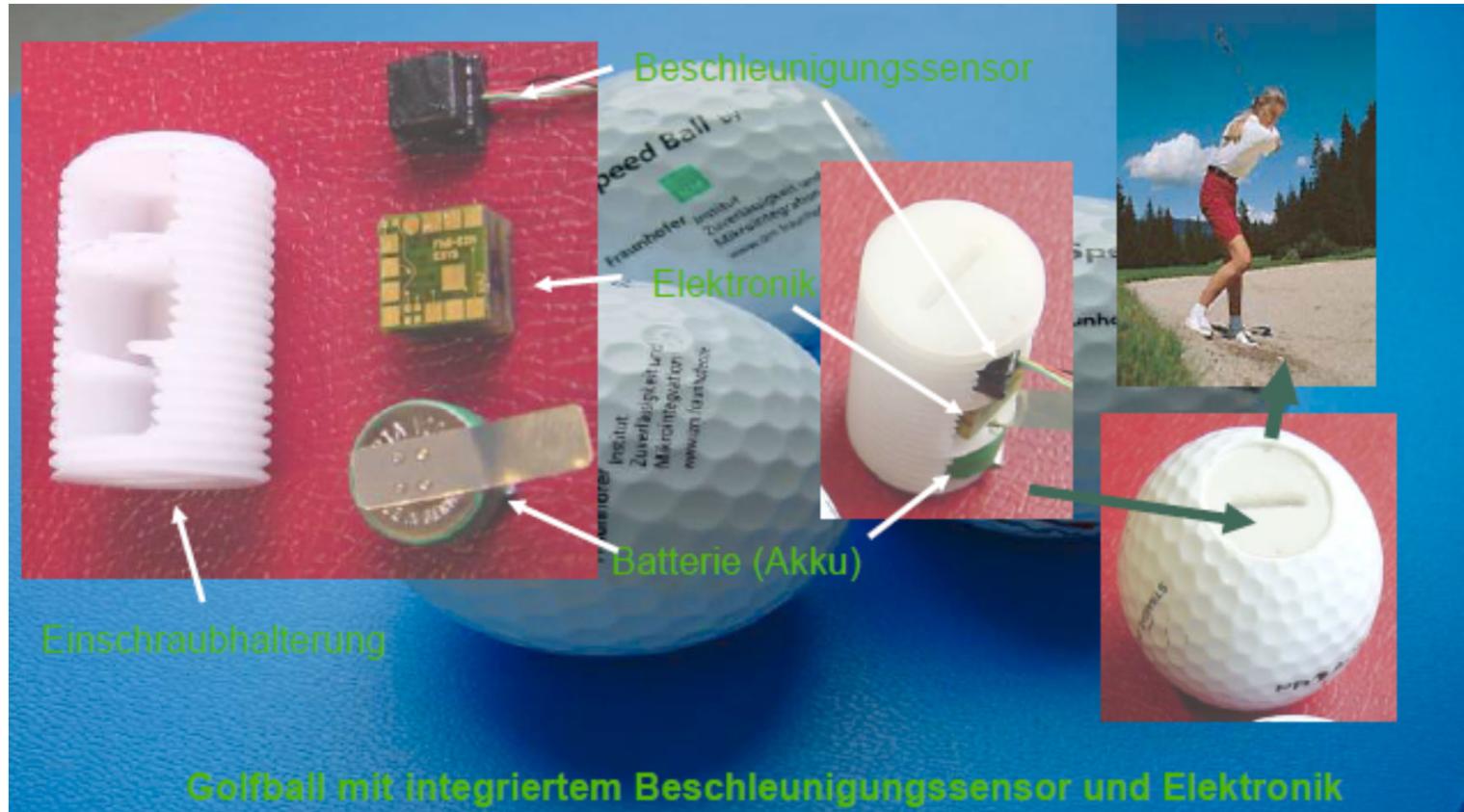
- Sun Small Programmable Object Technology
 - CPU上でJavaを直接実行する無線センサー・アプリケーション構築デバイス
 - 物理デバイス制御のためのJava学習プラットフォーム
- 緒言
 - 41 x 23 x 70 mm、54 グラム
 - 180 MHz 32 bit ARM920T 512K RAM/4M フラッシュ
 - 2.4 GHz IEEE 802.15.4 (ZigBee)
 - USB interface
 - スリープ時32 uA
 - センサ：2G/6G 3軸加速度センサ、温度センサ、光センサ





そしてとうとうゴルフボールになる

31





そして行き着くところまで行ってしまう

32

日産、“確実にカップインするゴルフボール”
「ProPILOT GOLF BALL」体験会
2019年9月1日まで日産
グローバル本社ギャラリーで開催



日産が「確実に入るゴルフボール」開発 毎日新聞2019年8月29日 17時24分





センサネットワーク研究開発動向

33

- 米国
 - 科学技術振興政策NITRDにより各省庁・機関が連携し、センサネットワークに関する研究が実施された
- 欧州
 - FP6(=6th Framework Program)でIST(=Information Society and Technologies)を推進、Disappearing Computer、Ambient Networksに関する研究が行われた

プロジェクト名	開発国	センシング対象	センシング	利用範囲	通信方式
Wi-Fi店内マーケティング	独(米開発)	買い物客	インフラ側	店内	IEEE802.11
Sentient Computing	英	タグ(保有者)	インフラ側	オフィス内	超音波
Ubisense	英	タグ(保有者)	インフラ側	屋内	UWBなど
MediaCup	独	コーヒーカップ(利用者)	センシング対象側	屋内	赤外線
IntelliBadge	米	タグ(保有者)	センシング対象側	屋内会議場	アクティブRFID
Sensimesh Software	米	取付対象に依存	センシング対象側	屋内	アドホック
SmartDust	米	照度、温度	センシング対象側	屋内や屋外	狭域通信
Sensor Web	米	環境(照度、温度、湿度等)	センシング対象側	屋内や屋外	無線





可視光通信

34

応用分野

照明通信:

LED照明への移行

ユビキタス通信:

情報収集/情報サービス、「光タグ」

ITS通信:

交通信号ランプ、車のライト

ホームネットワーク:

電力線搬送通信、POFとの組み合わせ

レンジフリーによる位置同定が可能



LED照明

慶應大学・松下電工・NEC



受光器付き携帯電話



宇宙開発向けデモ機-ビデオデータ送信機
<http://www.vlcc.net/about.html>



交通信号機による可視光通信システム
名古屋工業大学・日本信号(株)



視覚障害者用ナビゲーションシステム



国土交通省関西空港実験



NTSC-TV画像を可視光伝送する場内監視システム





ヒアラブルデバイス

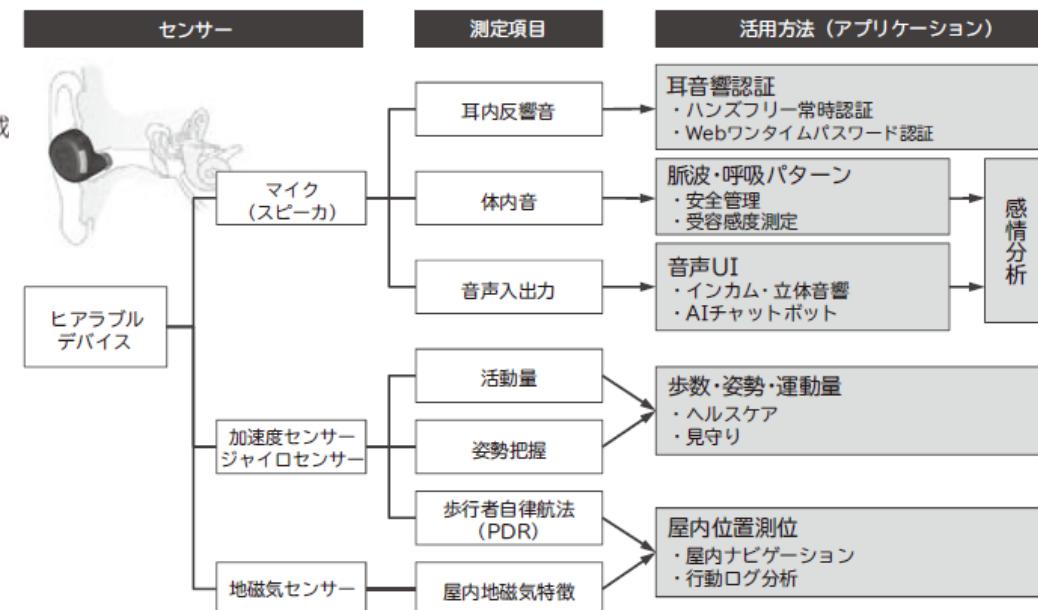
ヒアラブル(センサー)HW一覧

※主な処理はエッジとクラウド側で分散協調処理



出典：NEC資料を基に作成

磁界センサによるパターンマッチングと
加速度センサによる位置同定



NEC岡山様より





デモと演習

36

Bluetooth® を採用

コイン電池で長寿命稼働を実現
全センサを1分毎で測定した場合の
電池寿命は約1年

モーションデータとともに、気圧、温度・湿度、照度などの環境データを取得。
低消費電力通信のBluetooth®で通信を行う
センサネットワークモジュールです。幅広い業務でIoTを手軽に実現できます。



マイコンを搭載

きめ細かなセンサ制御を実現、
低消費電力にも貢献



多彩なセンサを搭載

気圧センサ
温湿度センサ
UV/照度センサ
6軸センサ
(加速度地磁)

小型内蔵モジュール

高密度実装で
18.5mm×5.6mm×3.4mmを実現
ウェアラブル用途にも最適

【使い方】

①タブレットに付属アプリを
インストール



②製品のスイッチをONにする



③タブレットに測定データを表示



④アプリからセンサ/通信の設定が
変更可能



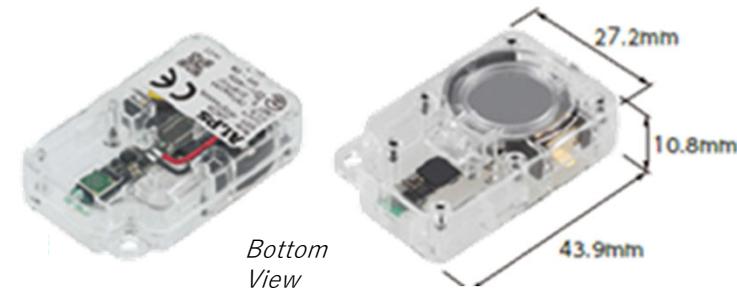


ALPS IoT Sensor Bluetooth Sensor Module

37

- ALPS IoT Sensor (BLE)

- Power 2.35-3.30V 7mA(Peak)
- Bluetooth 4.1
- Sensors:
 - 6D Acceleration Sensor (-2G – 2G extendable)
 - Pressure Sensor (300-1100hPa, 0.013hPa/LSB)
 - Temperature (-20 - +85 C, 0.02 C/LSB)
 - Humidity (0 – 100%, 0.016%/LSB)
 - UV (0 - 20.48mW/cm²)
 - Illuminance (0 – 81900Lx, 20Lx/LSB)



Top View

Bottom View

