IETF におけるM2M/IoT の動向

Shoichi Sakane
Cisco Systems

21-Dec-2012

ISOC-JP IETF85報告会

本日の流れ

- IETFにおけるM2M/IoT関連の背景
  - M2Mアプリケーションや
  - スマートグリッドからの要求事項
- IETFにおける
  M2M/IoT関連技術の標準化動向

本日の対象エリア

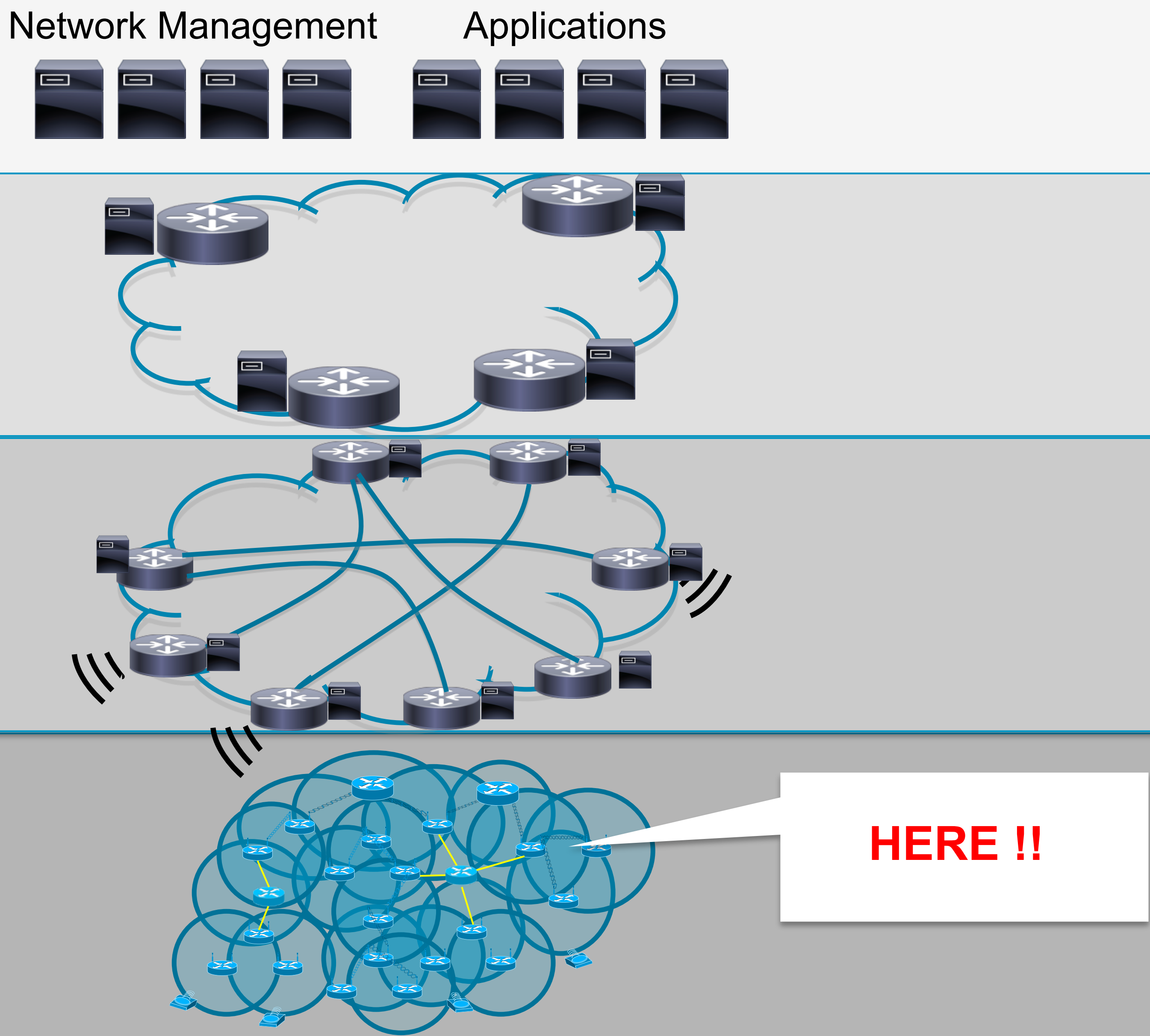
M2M/IoTアーキテクチャ例
Fog Computing, Cisco

Data Center Cloud
Application Hosting, Management, IoT Analytics

Core Networking
IP/MPLS, QoS, Multicast, Security

Multi-Service Edge
3G, 4G, LTE, WiMAX, WiFi Ethernet

Embedded Systems and Sensors
Low power & bandwidth, Machines Wired or Wireless



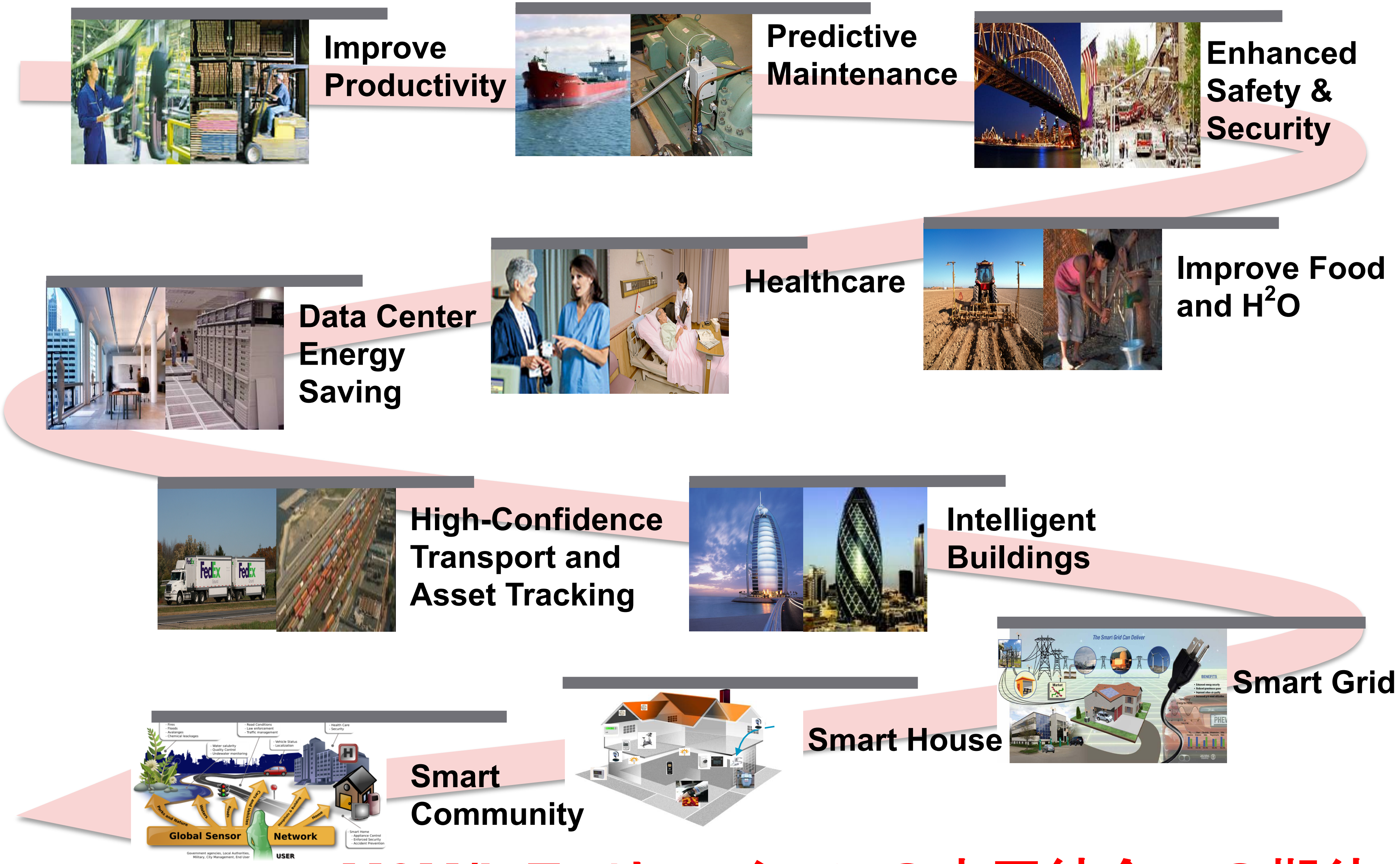
Agenda

- M2M/IoTに関連した背景
- 技術の標準化動向

Agenda

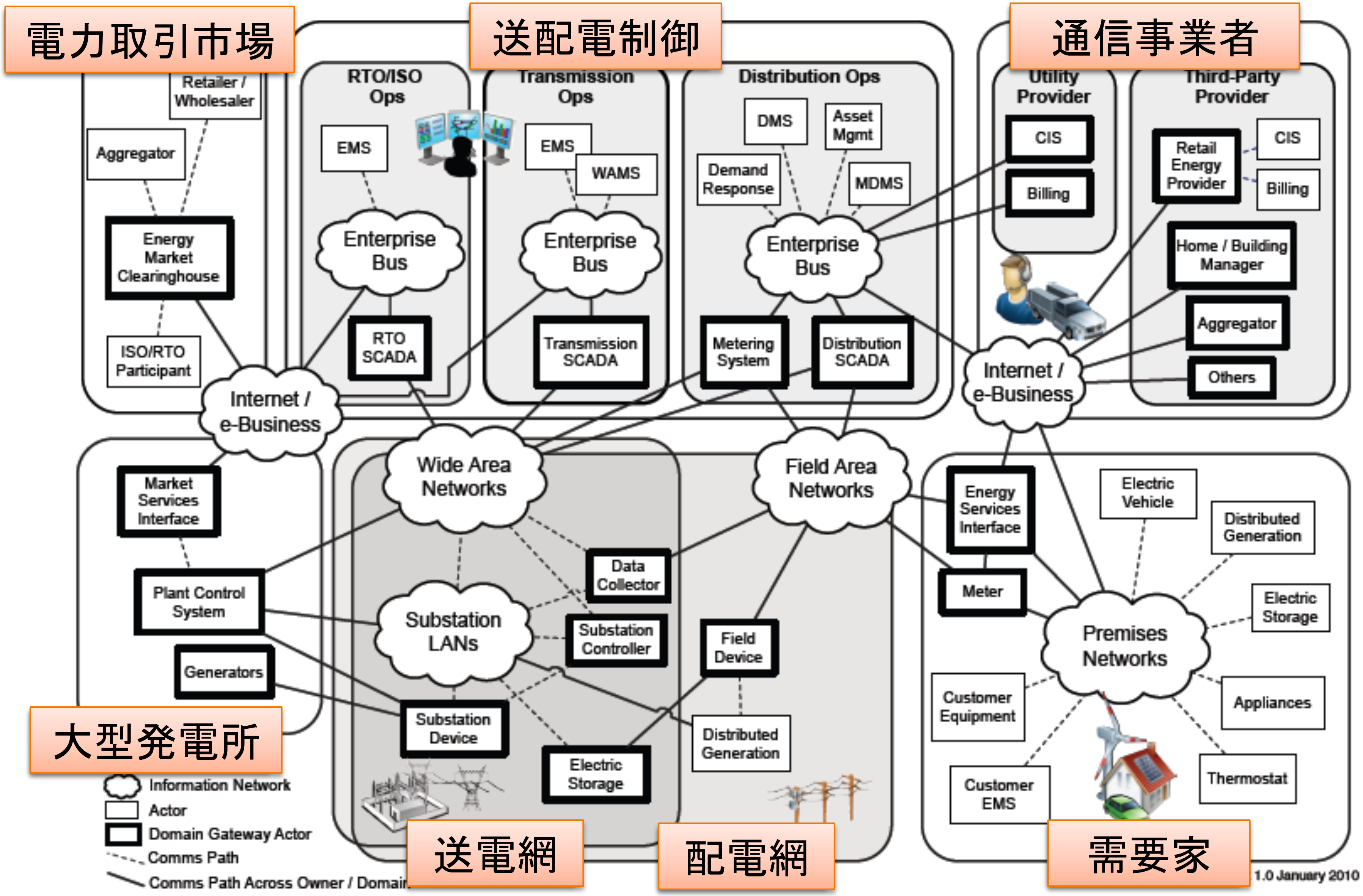
- M2M/IoTに関連した背景
- 技術の標準化動向

M2M/IoTのアプリケーションやネットワークの多様化



M2M/IoTソリューションの水平統合への期待

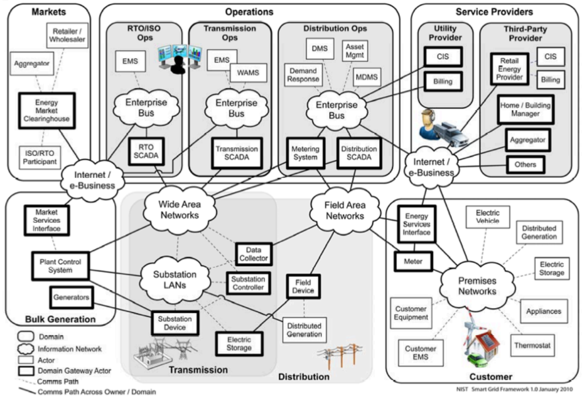
スマートグリッドを構成する様々なシステム（米国）

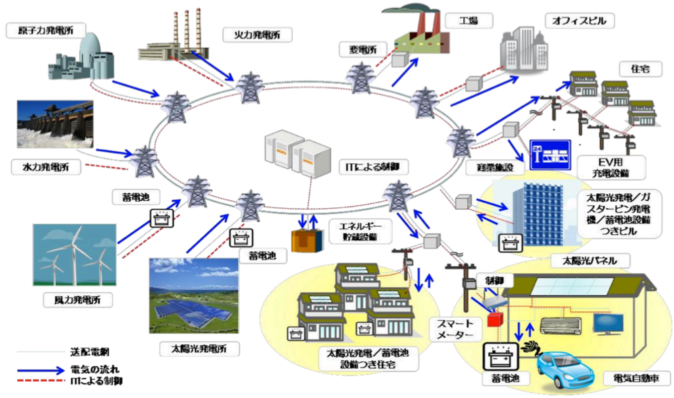


NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0, NIST, Jan 2010

スマートグリッドの通信システムの要求事項

- 異なる伝送メディア・リンク技術の相互接続の必要性





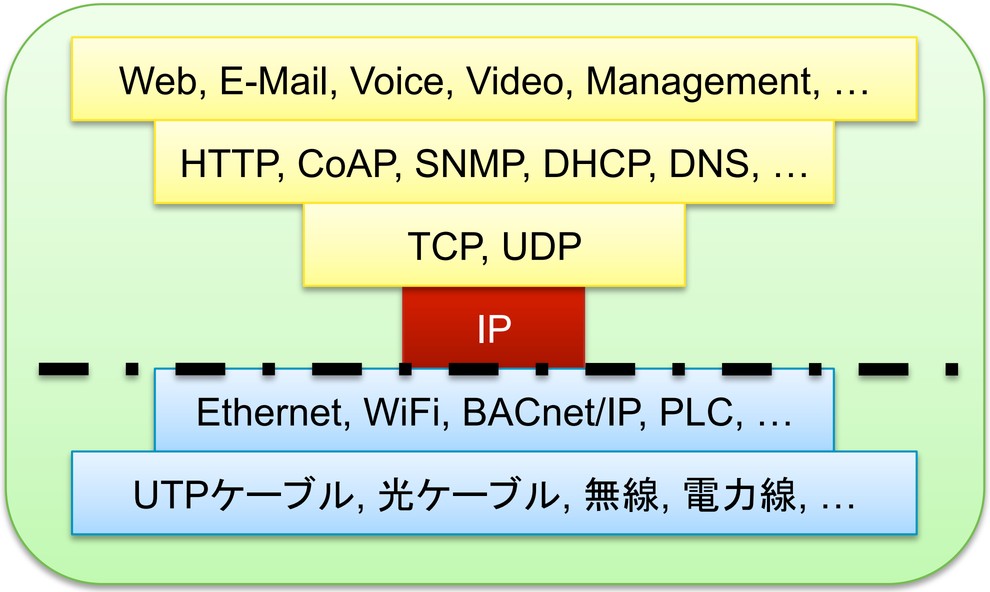
スマートグリッド通信システムの要求事項

- リンク技術に依存しないアドレス体系
- リンク技術に依存しないメッセージ配送技術
- リンク技術に依存しないセキュリティ技術
- 多様な伝送メディア・リンク技術の相互接続性

The role of standards in the Smart Grid: an IETF view, Fred Baker

IP技術の通信スタック構造

IP技術の通信スタック（概念図）



✓データリンク技術と完全に分離

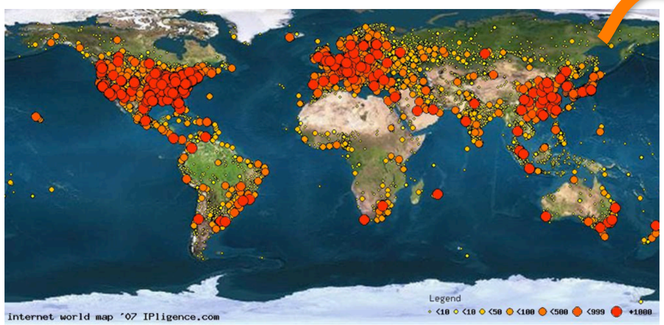
各層に・・・
✓アドレス体系
✓メッセージ配送機能
✓セキュリティ機能
✓選択可能な暗号技術

IP技術の通信スタック構造

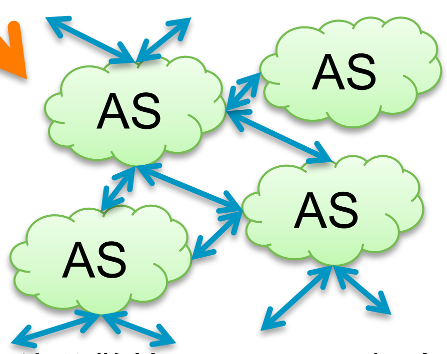
- リンク技術に依存しないアドレス体系
- リンク技術に依存しないメッセージ配送技術
- リンク技術に依存しないセキュリティ技術

柔軟性と拡張性に優れたIP技術

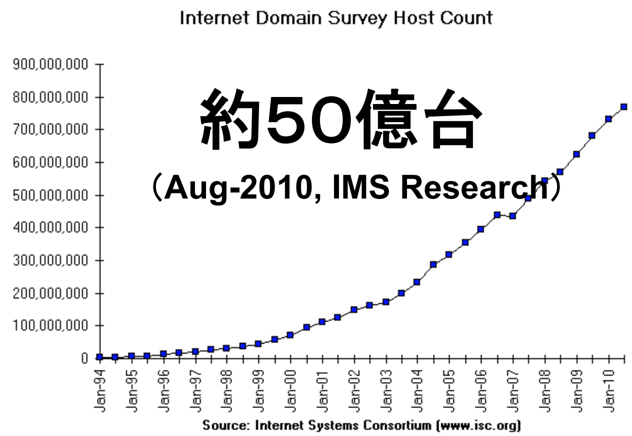
222ヶ国, 54459 ASs
(May 2011, World Autonomous System Number Statistics)



Internet World Map 2007



自律分散協調システム（概念図）



The ISC Domain Survey

実証されたIP技術の特性

- 多様な伝送メディア・リンク技術が相互に接続。
- 地球規模のスケールで実運用されている。
- 自律分散システムであり障害に強い。

スマートグリッドの通信システムの要求事項とIP技術の親和性

スマートグリッド通信システムの要求事項

IP技術の通信スタック構造

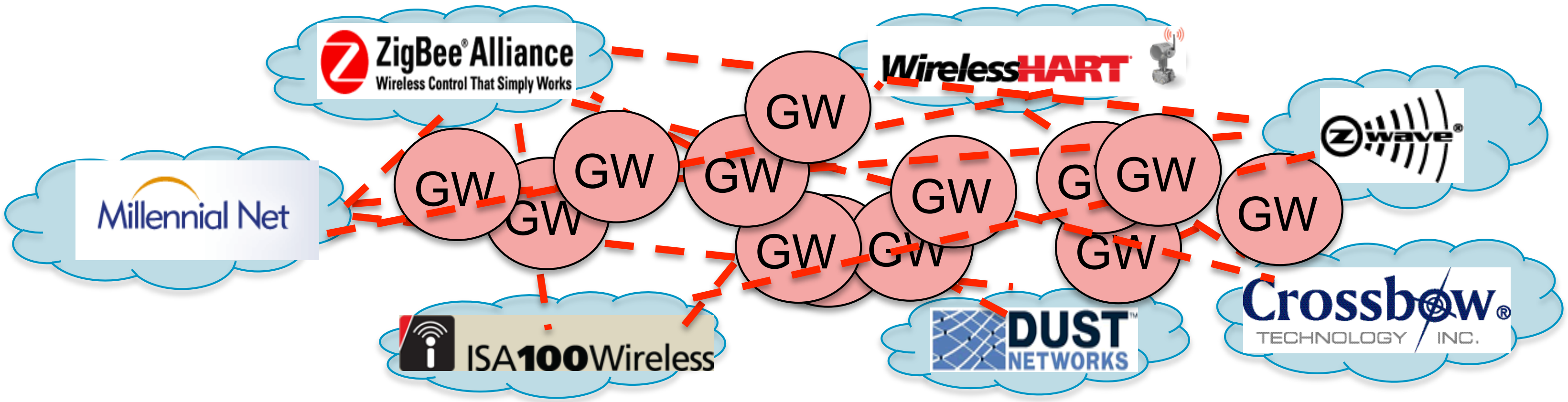
実証されたIP技術の特性

- リンク技術に依存しないアドレス体系
- リンク技術に依存しないメッセージ配送技術
- リンク技術に依存しないセキュリティ技術

- 多様な伝送メディア・リンク技術が相互に接続。
- 地球規模のスケールで実運用されている。
- 自律分散システムであり障害に強い。

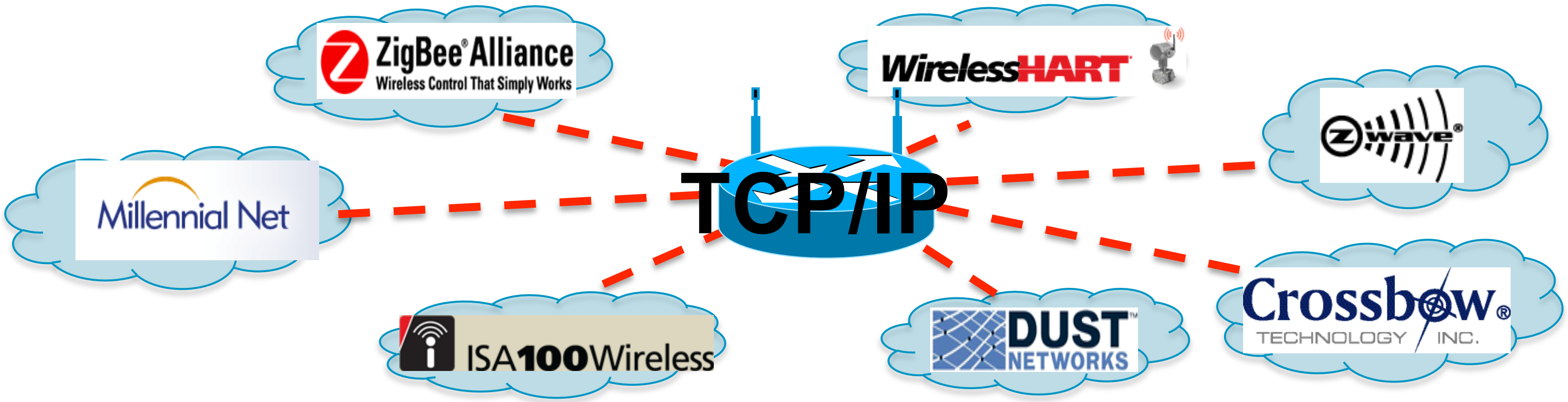
センサー網の多様性と非相互接続性

- Zigbee, Z-Wave, Xmesh, SmartMesh, MeshScape, …
  - ➢互換性のないプロトコル
  - ➢下位から上位層まで1つのスタック
  - ➢閉鎖的なアーキテクチャ
- GWの乱立
  - ➢開発・導入・メンテナンスコストの増大
  - ➢スケーラビリティの欠如
  - ➢一貫した経路制御が不可能
  - ➢本質的に複雑なアーキテクチャになり普及が困難
  - ➢センシング情報の共有化が困難



センサー網の多様性と非相互接続性

- Zigbee, Z-Wave, Xmesh, SmartMesh, MeshScape, …
  - ➢互換性のないプロトコル
  - ➢下位から上位層まで1つのスタック
  - ➢閉鎖的なアーキテクチャ
- GWの乱立
  - ➢開発・導入・メンテナンスコストの増大
  - ➢スケーラビリティの欠如
  - ➢一貫した経路制御が不可能
  - ➢本質的に複雑なアーキテクチャになり普及が困難
  - ➢センシング情報の共有化が困難



M2M/IoT網の統合運用への期待

IP技術の策定過程と相互接続性

IETF
www.ietf.org

- IETF
  インターネット技術全般の標準化を行う組織。
  策定した技術はRFCとして発行され、誰でも自由に参照できる。
  会社や国の代表としてではなく原則として個人で参加する。
  8エリア、124WG
- 仕様は全てオープン
  全ての議論や文書が公開されている。
  誰でも自由に議論に参加でき文書を発行できる。
- 動作実績のある仕様と相互接続性が最も重要
  "We reject kings, presidents and voting. We believe in ***rough consensus and running code***",
  Dave Clark (1992)

センサー網におけるIP技術の主な4つの課題

- 動作条件の厳しい通信機器の存在
  - 省電力
  - 物理的サイズ（5mm～）
  - 低CPU性能（8 or 16-bit, 低クロック 8~16MHz）
  - 少ないメモリ（~128 KB）
  - スリープモード

これらの特徴を持つ機器をIETFでは “**Smart Object**” と呼んでいる

- 通信条件の厳しいネットワークの存在
  - 多数のノード（～数千ノード）
  - 低通信帯域（～250kbps）
  - 高パケット損失性
  - 技術者が直接メンテナンスできない環境

これらの特徴を持つネットワークをIETFでは
“**LLN**”（Low power and Lossy Network）
低消費電力＆高パケット損失ネットワーク
と呼んでいる

Challenge Areas

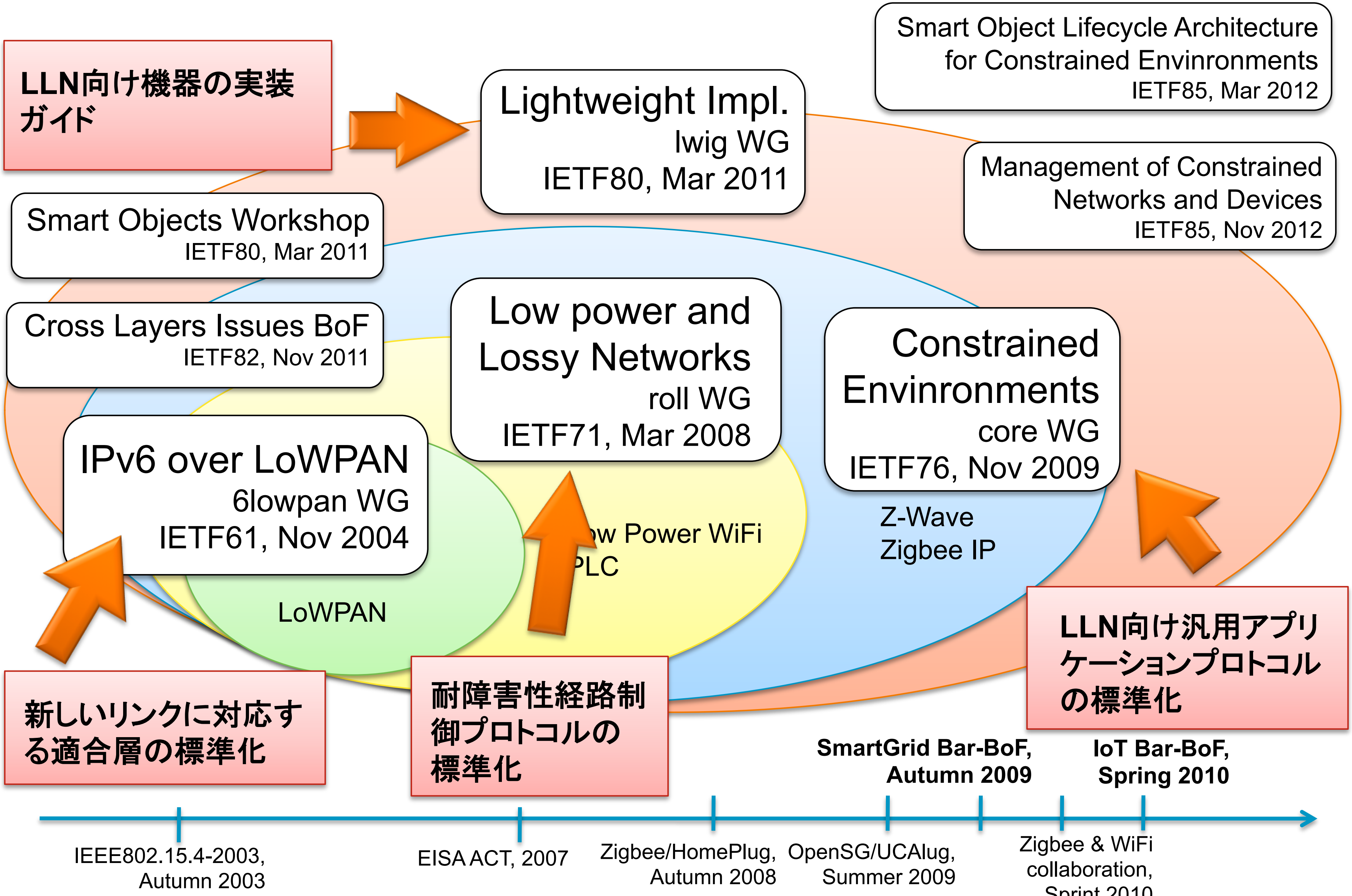
新しいリンクに対応する適合層の標準化

耐障害性経路制御プロトコルの標準化

LLN向け汎用アプリケーションプロトコルの標準化

LLN向け機器の実装ガイド

LLNに関するIETFの動向



Agenda

- M2M/IoTに関連した背景
- 技術の標準化動向

What is 6lowpan WG?

- IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks

  Co-chairs:
    Carsten Borman (Bremen Univ.)
    Geoff Mulligan (Consultant)

- Mission

  802.15.4-basedネットワークに対する、IPv6 Adaptation Layerの策定とIPv6仕様の拡張

- RFCs and Significant Documents

  RFC 4919: Problem Statement, and Goals

  RFC 4944: Transmission of IPv6 Packets

  RFC 6282: Compression Format

  RFC 6568: Design and Application Spaces

  RFC 6775: 6lowpan Neighbor Discovery

Challenge Areas

新しいリンクに対応する適合層の標準化

耐障害性経路制御プロトコルの標準化

LLN向け汎用アプリケーションプロトコルの標準化

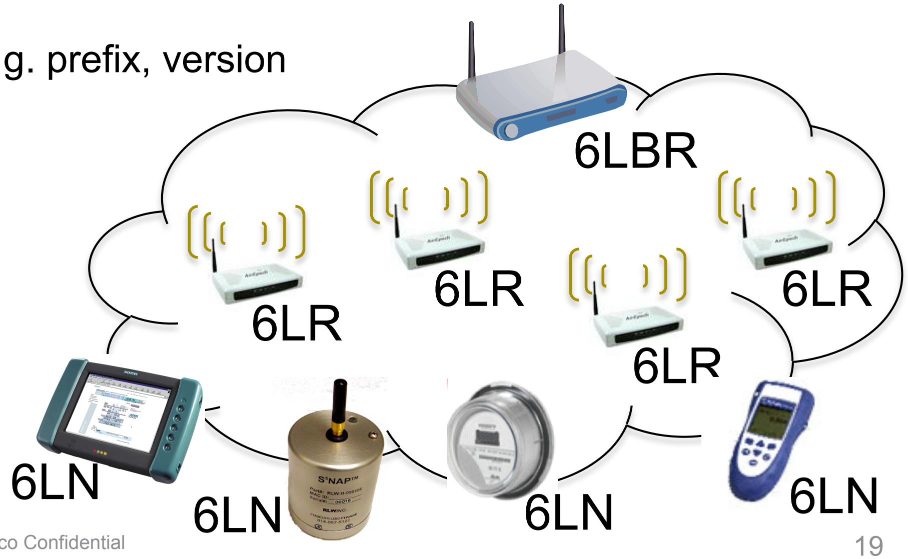
LLN向け機器の実装ガイド

What are 6lowpan protocols ?

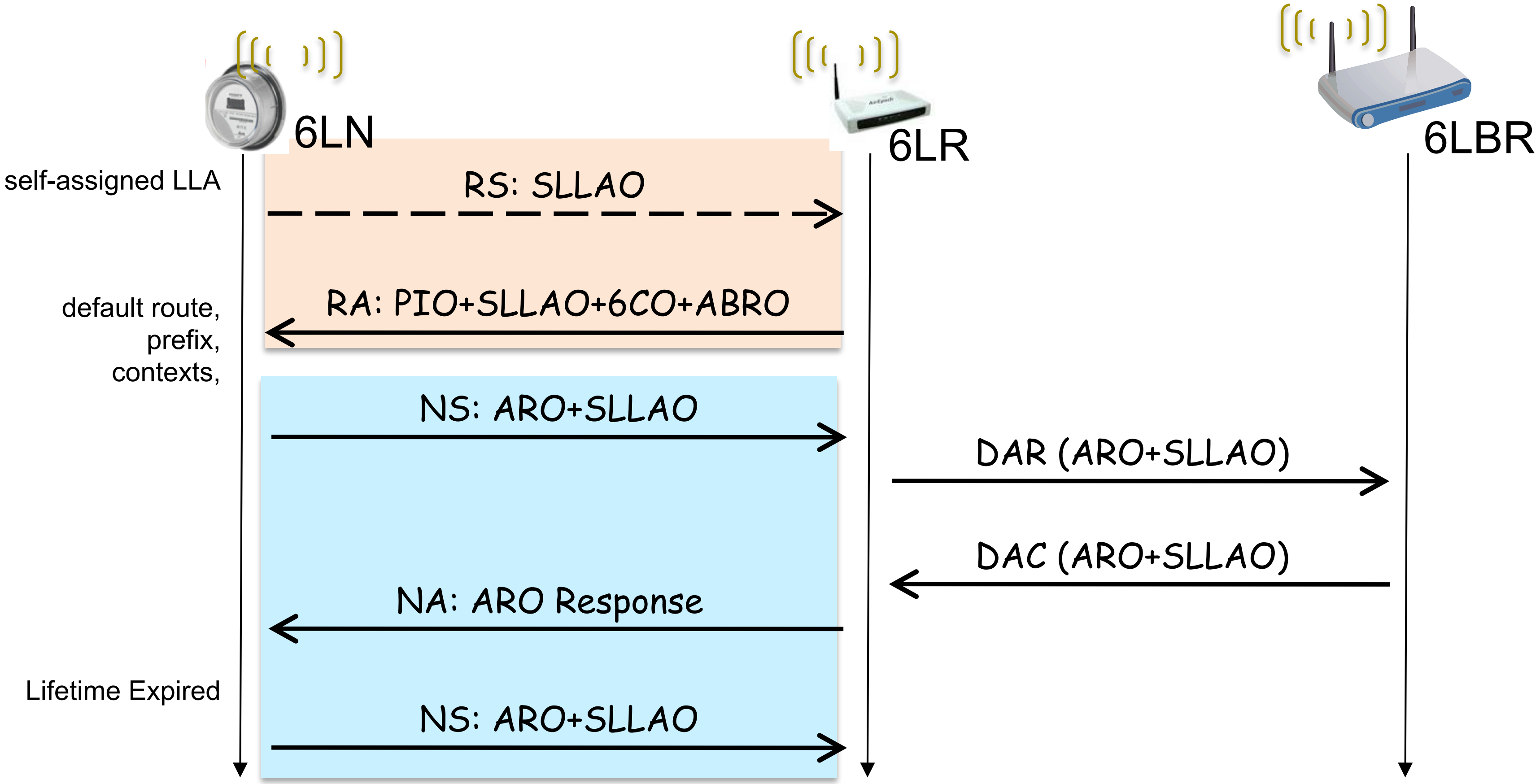
- 802.15.4ベースのL2リンクとTCP/IP技術のギャップを埋める。
  当初は、802.15.4-2006が対象だった。
  現在は、IEEE P1901.2や IEEE 802.15.4k等への応用も検討中。

IEEE802.15.4	IPv6
➢127B frame size. ➢Data Rate: 20~250Kbps ➢Maximize battery life.	➢40B Header (Min.) ➢1280B MTU. ➢ND in multicast.

- What's new ?
  - IPv6 Header compression
    - スタック全体で冗長なフィールドを削除
      - ヘッダーチェーンChained header by a dispatch field.
      - リンクヘッダから取れる情報 e.g. EUI-61
      - ネットワークの設定から読み取れるもの e.g. prefix, version
  - Fragmentation and Reassembly
  - ND Optimization
    - multicast packet の抑制
    - L2網の情報の伝達
      - border routerのアドレス
      - header composessのための情報



6lowpan ND Message Exchange



- 3つのIPv6 ND optionと、2つのICMPv6 typeを定義
- 6LRから、6lowpan context (6CO), Authoritative Border Router (ABRO)を通知。
- 6LRから、Address Registration (ARO)を使用した6LBRへの登録とDADの実施。
- DA Request/Confirmationを使用した、6LBRでのDADの実施。

What is roll WG?

- Routing Over Low power and Lossy networks

  Co-chairs:

  JP Vasseur (Cisco)
  Michael Richardson (Consultant)

- Mission

  LLNとSmart Objects向けの経路制御に関する課題の解決

  "Low power and Lossy networks (LLNs) are typically composed of many embedded devices with limited power, memory, and processing resources interconnected by a variety of links, such as IEEE 802.15.4, Low Power WiFi."

- RFCs and Significant Documents

  RFC 5548, 5673, 5826, 5867: Requirement for Urban, IA, HA, BA

  RFC 6206: Trickle Algorithm

  RFC 6550: RPL Core Spec

  RFC 6551: Routing Metrics

  RFC 6552: Objective Function Zero

  RFC 6553: IPv6 Hop-by-Hop Option for RPL

  RFC 6554: IPv6 Routing Header Option for RPL

  P2P-RPL in IESG queue

  RPL Multicast

Challenge Areas

新しいリンクに対応する適合層の標準化

耐障害性経路制御プロトコルの標準化

LLN向け汎用アプリケーションプロトコルの標準化

LLN向け機器の実装ガイド

What is RPL ?

Routing over low Power Lossy networks: ripple [rípl]

- 多様なLLN向けアプリケーションの要求を元に設計

  Urban, Industrial, Home Automation, Building Automation.

  → MP2P, P2MP and P2P

DODAG: Destination Oriented Directed Acyclic Graph

- 物理的に同じリンク上に複数の ツリー を構築可能

  →異なるのアプリケーションの要求に応じた最適なパスを構築できる。

- DODAGを構築する複数のメトリックを指定可能。

  メトリック: node state, energy, hop-count, throughput, link reliability

- LLN向けのパス構築機構

  近隣状態に応じて制御情報の送出間隔を変化させる。

  Trickle Timer

  メモリが少ないノードがパケットを転送できるモードがある。

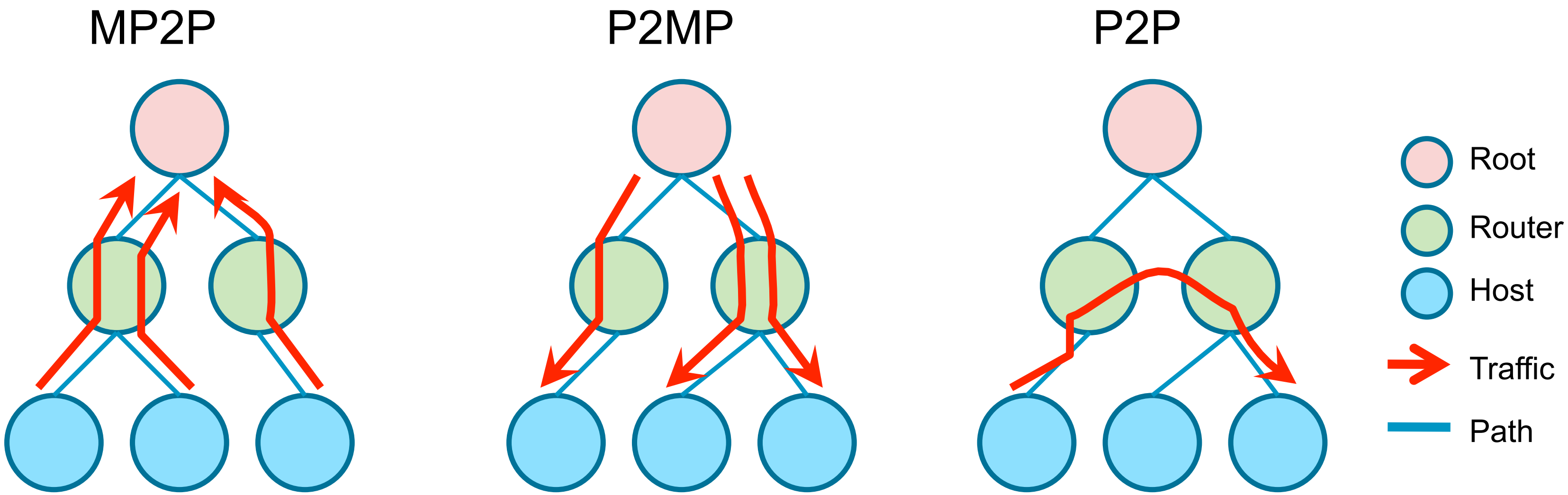
  Non-Storing Mode

  2つのパス再構築機構

  Global Repair：全体を再構築する機構 e.g. DODAGのメトリックが変わった場合等

  Local Repair：部分的に自動修復する機構 e.g. リンクの状態が変化した場合等

Path Construction by RPL



- ICMPv6 type (155): RPL Control Messages

    DIS / DIO for MP2P

    DAO / DAO-ACK for P2MP

    DIO+RDO / DRO+RDO / DRO-ACK for P2P

DIS: DODAG Information Solicitation
DIO: DODAG Information Object
DAO: Destination Advertisement Object
DRO: Discovery Reply Object
RDO: Route Discovery Option

- 2 IPv6 Extensions

    RPL SRH in Routing Header: transmission b/w RPL routers.

    RPL Option for HbH Options Header: exchaning RPL information b/w RPL routers.

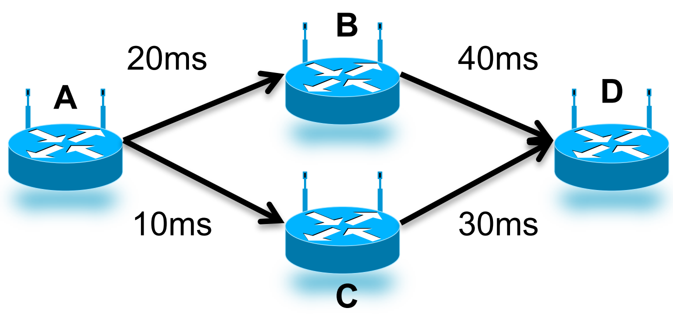
- ICMPv6 Destination Unreachable

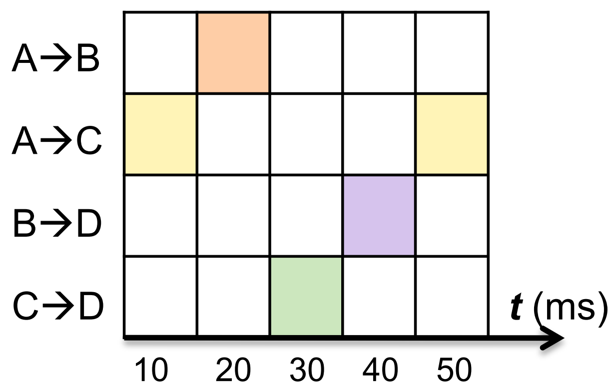
    Code (7) Error in Source Routing Header

roll WG meeting in IETF85

- Applicability Statement template.
- RPL applicability in industrial networks
- Industrial Deterministic Routing Extension for Low-Power and Lossy Networks

  TDMA(L2)の待ち時間をメトリックとして扱う提案。





roll WG meeting in IETF85

- Multicast Protocol for Low power and Lossy Networks

  e.g. mDNS

- Loop Free DODAG Local Repair

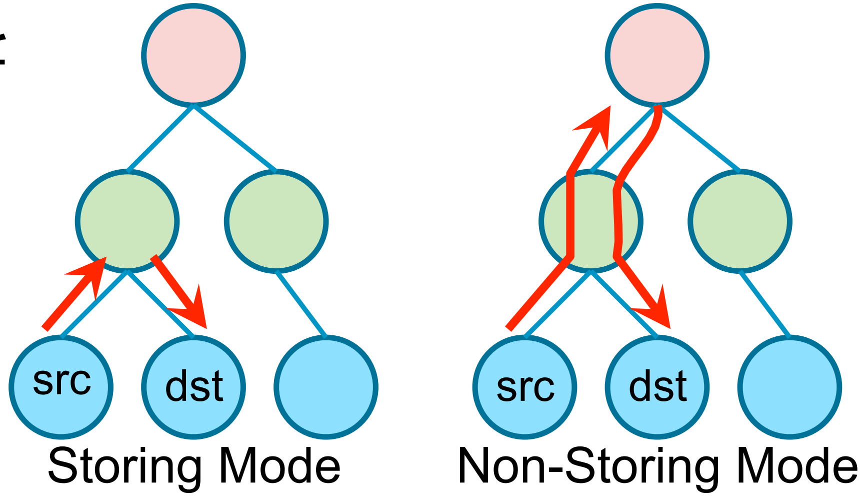
  non-storing modeのLoop self hearing.

  DODAG Repair Query/Responseの追加提案

- RPL Routing Pathology In a Network With a Mix of Nodes Operating in Storing and Non-Storing Modes

  DAOにstoring mode bitを追加と

  new mode追加の提案



What is “core” WG ?

- Constrained RESTful Environment
  - Co-chairs:
    - Carsten Borman (Bremen Univ)
    - Andrew McGregor (Allied Telesis)
- Mission
  - M2M向けのアプリケーションプロトコルの策定
- RFCs and Significant Documents
  - RFC 6690: CoRE Link Format
  - **CoAP Specifications**
    - **Core**
    - **Block**
    - **Observe**
  - HTTP Mapping and Proxy
  - Group communication framework

Challenge Areas

新しいリンクに対応する適合層の標準化

耐障害性経路制御プロトコルの標準化

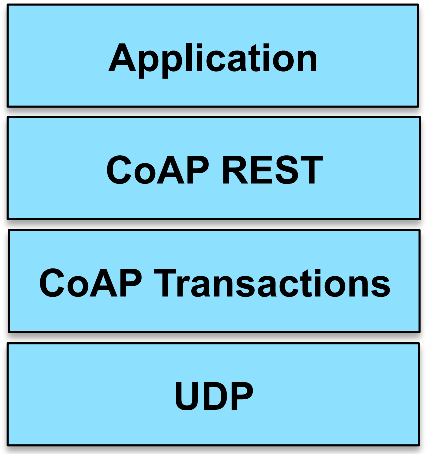
LLN向け汎用アプリケーションプロトコルの標準化

LLN向け機器の実装ガイド

What is CoAP ?

- Specialized for M2M applications
  - RESTful protocol
  - Simple small header < 10B
  - Stateless single message exchange
  - Asynchronous message exchange
  - Observation mode (a.k.a. publication/subscriber)
  - Caching
  - UDP binding with reliability, and multicast
    - Retransmission
    - Block-wise transfer
- Strictly specification of a HTTP proxy
  - Internet media type support.
  - HTTP compatible response code.

Protocol stack image of a LLN device



Transaction	Operations
CON	**receiver is requested to make a response**
ACK	**response to CON**
NON	**receiver is not requested any action**
RST	**reset the receiver's state, typically used in the asynchronous mode.**

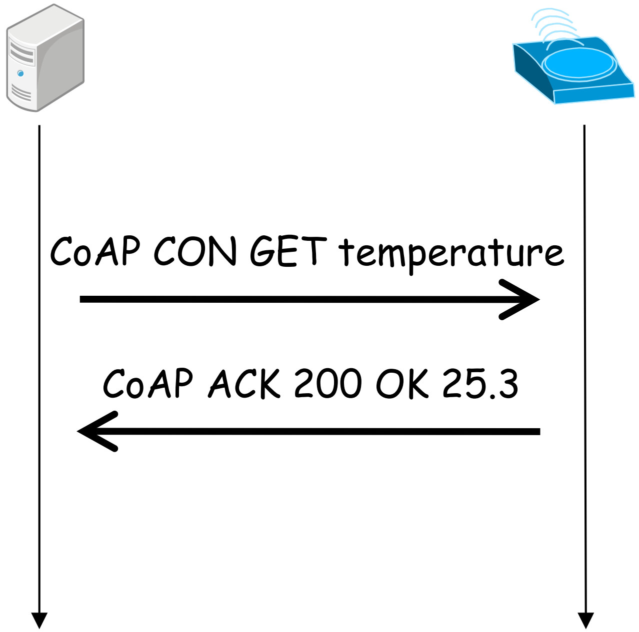
method	operation
GET	to get a resource, no change.
POST	to create a resource.
PUT	to update a resource.
DELETE	to delete a resource.

CoAP message exchange

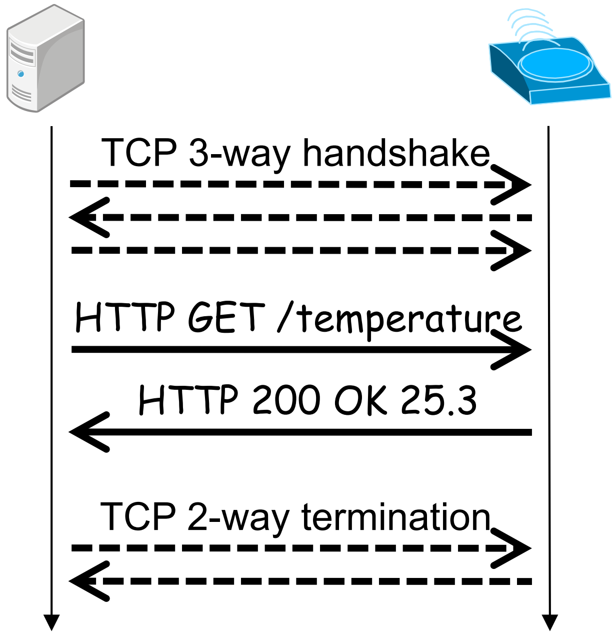
- Confirmable message

  Confirmable Request and Piggy-backed Response

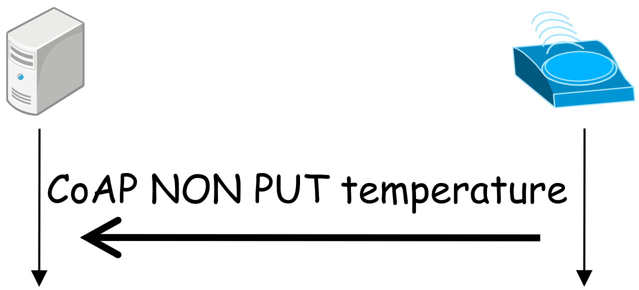
CoAP



cf. HTTP



- Non-confirmable message

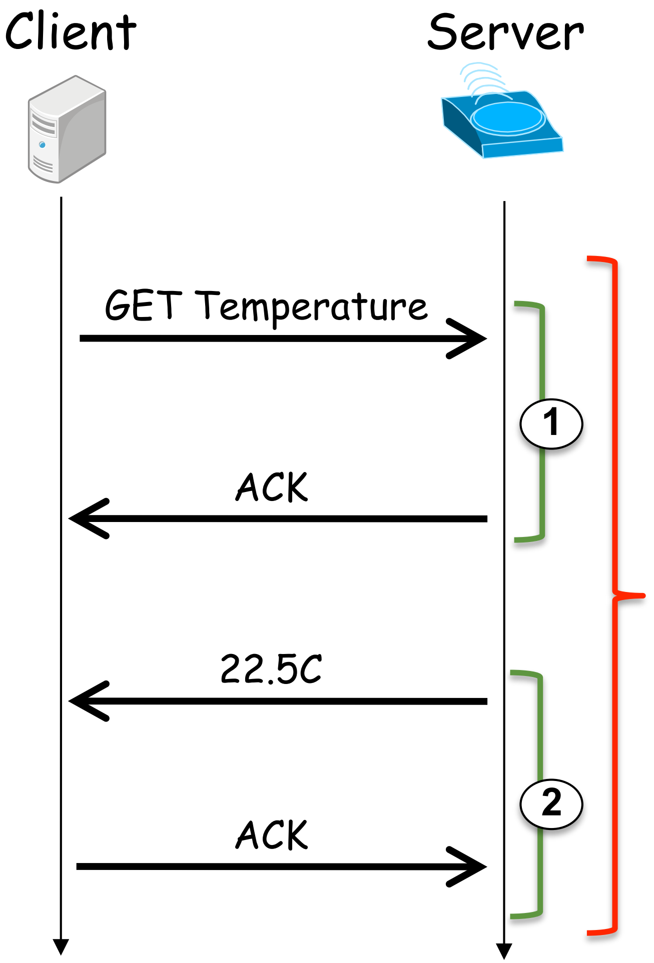


CoAP message exchange

- Asynchronous message

  Confirmable Request and Seprate Response

MID: メッセージの対応を示す
Token: トランザクションを示す



Header: GET T=CON Code=1 MID=0x7d38
Token: 0x53
Uri-Path: "temperature"
1

Header: T=ACK Code=0 MID=0x7d38
1

Header: 2.05 Content T=CON Code=69 MID=0x2d7b
Token: 0x53
Payload: "22.5C"
2

Header: T=ACK Code=0 MID=0x2d7b
2

core WG meeting in IETF85

- ETSI plugtest @ Sophia-Antipolis (27-30 Nov, 2012)
  CORE, LINK, OBSERV, BLOCK)
  Proxy Caching, Security DTLS, Full set of options,
  IPSO Applicaton Framework
- coap-12
  option番号のrenumbering!!
  option lengthの伸張, jump mechanism
  ETSI plugtestの結果を受けてcoap-13を提出する。
- WGLC in progress: coap-13, block-10, observe-07
- The content parameter option
  例. EXIは、送受信者同士がスキーマを共有していないと通信できない。
  そして、スキーマにはバージョンがある。
  → content-type以外に scheme version等を知らせる必要がある。
  現状：content-format optionにacceptableなcontent-typeを列挙しなければならない。
  提案：content parameter optionがあると、サポートしているバージョンを書けば良い。

core WG meeting in IETF85

- Group Communication
- HTTP-CoAP proxy
  - two open sources: squid base, evCoAP base
- Sleepy Devices
  - Sleeping End Point (SEP) の定義
  - CoAP Resource Directory(RD)への要求事項
  - SEP用属性の追加。
- DTLS based MSEC for LLNs (in tls WG)
  - DTLS自体はGCKSと張ってMIKEY的TEKを配る。
  - rekeyに課題がある。

What is lwig WG ?

- Lightweight Implementation Guidance

  Co-chairs:
    Zhen Cao (China Mobile)
    Robert Cragie (consultant)

- Mission

  組込み機器向けのTCP/IPスタック実装ガイダンスの作成

- Significant IDs

  Lightweight Implementation Guidance

	Data Size (e.g. RAM)	Code Size (e.g. Flash)
Class 1	~ 10KB	~ 100KB
Class 2	~ 50KB	~ 250KB

リファレンスモデル

Challenge Areas

新しいリンクに対応する適合層の標準化

耐障害性経路制御プロトコルの標準化

LLN向け汎用アプリケーションプロトコルの標準化

LLN向け機器の実装ガイド

標準化動向のまとめ

6LoWPAN HC/ND

- ✓IPv6/TCP/UDPヘッダの圧縮
- ✓IIPv6近隣探索プロトコルの最適化
- ✓IPv6パケットの分割と再構成
- ✓主要技術は全てRFC化された

RPL: LLNに最適な経路制御プロトコル

- ✓経路表を持てないノードでも動作可能
- ✓電力使用状況をメトリックに使用可能
- ✓自律分散的な経路再構築が可能
- ✓核となる仕様はRFC化された
- ✓P2P-RPLとRPL-MulticastはWGLC終了
- ✓Applicabilityは作業中

CoAP: M2M通信に最適化した通信プロトコル

- ✓メソッドの厳密な定義
- ✓バイナリメッセージ化
- ✓非同期、ブロック転送、PUB/SUB
- ✓HTTPマッピングの定義

Others in IETF85

- SOLACE (**Smart Object Lifecycle Architecture for Constrained Environments**)

  Focusing to setup processes ("instilling its meaning in life") and bootstrapping security of smart objects.

  e.g. where do devices get keys ?

  what do devices do in its lifecycle ?

- COMAN (**Management of Constrained Networks and Devices**)

  Management for LLN. Manet management is in manet WG.

  Gap analysis first, then starting a charter discussion.

  1) Terminology.

  2) Class of networks in focus.

  3) Analysis the management feature.

モノへのIP技術普及推進活動 IPSO

- Alliance established in September, 2008
  →**59** members (Nov 2012)
  Chairman: Geoff Mulligan (Proto6)
  President: Pete St. Perre (Oracle)
  Vice-President: Patrick Wetterwald (Cisco)
  TAB Chair: Jari Akko (Ericsson)

- Mission
  ✓Smart Object(モノ)へのIPの応用の推進活動
  ✓技術普及・教育活動やユースケースの紹介
  ✓IETF等の他標準化組織の活動サポート
  ✓相互接続試験の主催

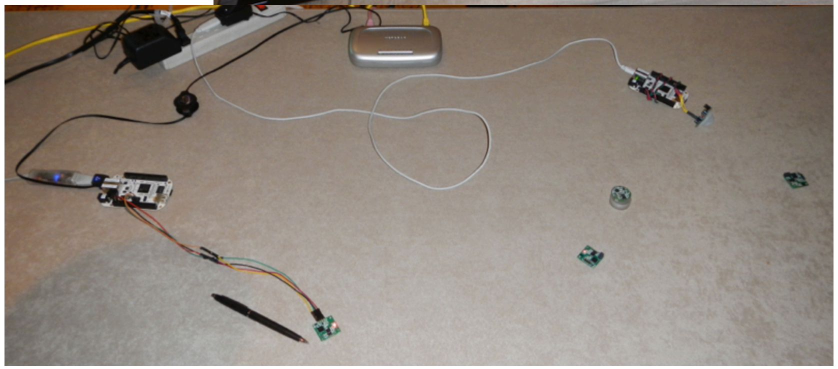
- Formal Liaison
  ETSI
  IPv6 Forum
  Zigbee Alliance

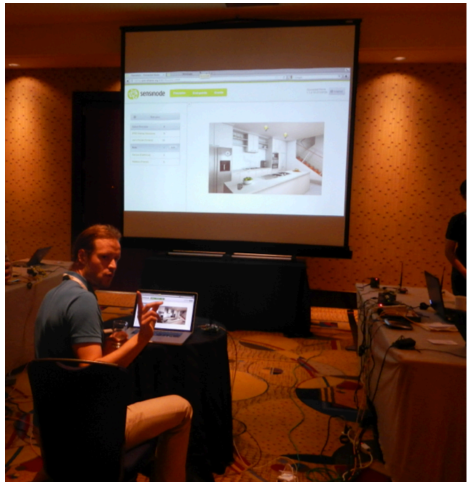
- On-Going Activities
  ○ Interoperability Testing
  ○ Tutorials, Webinars

http://ipso-alliance.org/resource-library

IPSO Plugfest at IETF84

- Nivis (http://www.nivis.com/products/product.php?pID=11)
  6lowpan,ipv6,rpl,coapスタックを1チップ化。
  freescale RFモジュールにadd-onしている。
  日本の技適取得は現在進行中。10月にプレスリリース予定。
- Proto6 + colorado micro
  10円玉ほどのデバイスとbeagleboneで作るネットワークのデモ
  core + IPv6 + 6lowpan + L2メッシュ
  10円玉デバイスは Colorado Microと言っていた。
- NOKIA
  TI cc2540ベースの bluetooth heart beat sensor
  coap + udp + ipv6 + 6lowpan + bluetooth
  APにbluetooth USBドングルを挿してデータを受ける。
  APにてbluetooth to ethernet変換してロンドンのDCへ転送する。
  coap/httpはロンドンのDCにてやる。
- Sensinode (http://www.sensinode.com/)
  coap関連スタック開発 link formatを使ったregistration&management GUIを見せていた。
  plugfestにあるデバイスは、ここにregistrationしていて、GUIから制御できる。
- NXP / jennic (http://www.jennic.com/products/protocol_stacks/jennet-ip)

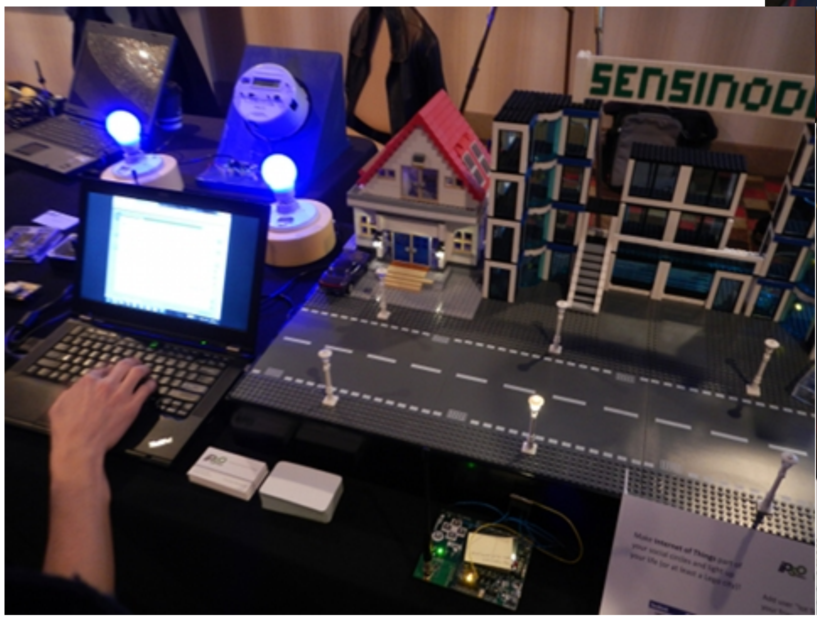




IPSO Demo: Bits-N-Bites in IETF85

- L+G: FOCUS RXR-SD
- Nivis+Freescale

  TWR-METRO-KIT-NA
- Sensinode
- Proto6



本日のまとめ

- M2M/IoTネットワークは垂直統合型で独自進化を遂げてきた。
- アプリケーションの多様化により、
  - ✓水平統合型のソリューションが期待されている。
  - ✓それらを統合運用する要求がある。
- そのためにTCP/IP技術の応用が検討・実施されている。

IETFにおいて、

- LLNに最適化したTCP/IP技術の標準化が進んでいる。
  - 6lowpan-hc, 6lowpan-nd: IPv6 ヘッダ圧縮とNDの最適化
  - RPL: LLN向け経路制御及びパケット転送技術
  - CoAP: M2M向け通信技術
- 標準化活動以外にも、M2M/IoTの相互接続性を向上させるための活動が行われている。
  - 実装ガイダンスの作成, Workshop, Interop,
  - SOLACE, COMAN, etc.