

モバイルインターネット技術 最新動向

MobileIPからアプリケーションまで

砂原 秀樹

奈良先端科学技術大学院大学

石山 政浩

(株)東芝 研究開発センター

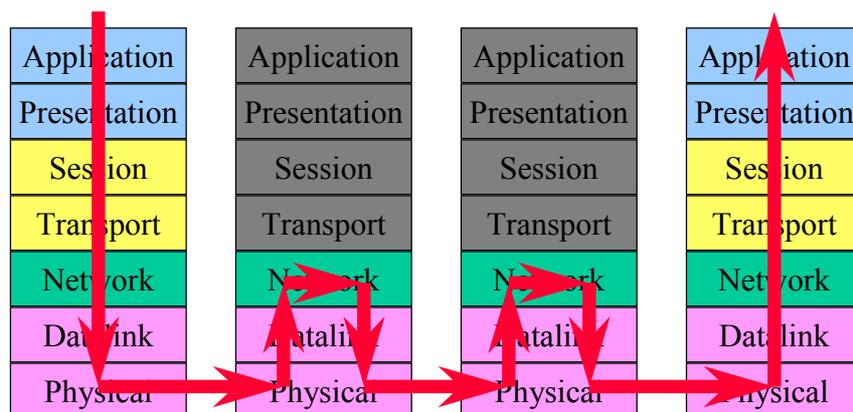
今日の内容

- モバイルインターネット技術概説
- IP層
 - Mobile IPv4, IPv6, Mobile IPv6, LINA,...
- データリンクと支援技術
 - Robust Header Compression, トランスポート層による支援
- アプリケーション
 - モバイルアプリケーション
 - 位置情報サービス
- 今後の展望

概要

- 移動するネットワークエンティティ
 - ノートパソコン、PDA、携帯電話、自動車
 - インターネット人口のほとんどが携帯電話
- 無線通信デバイス
 - 無線LAN (IEEE802.11)
 - bluetooth
 - 携帯電話 (IMT-2000)
- モバイル環境を支援するインターネット技術
 - IP
 - トランスポート
 - ミドルウェア
 - アプリケーション

コンピュータネットワークの階層アーキテクチャ



無線データリンク

- 携帯電話
 - 9.6kbps (回線交換)、DoPa 28.8kbps/9.6kbps(パケット交換)、PacketOne 14.4kbps/64kbps (パケット交換)
- PHS
 - PIAFS 2.0/2.1/2.2 32kbps/64kbps(回線交換)
 - Air H⁺ 32kbps(パケット)+64kbps(回線交換) (~128kbps)
- IMT-2000
 - 64kbps/384kbps(パケット) (~2Mbps)
- 4G 数十Mbps~100Mbps(?)

無線データリンク

- DSRC (狭域通信)
- bluetooth
 - 1Mbps (FH)
- IEEE802.11
 - IEEE802.11b (11Mbps) 2.4GHz
 - IEEE802.11a (54Mbps) 5GHz
 - IEEE802.11g (22Mbps) 2.4GHz
- ...

モバイルコミュニケーション環境

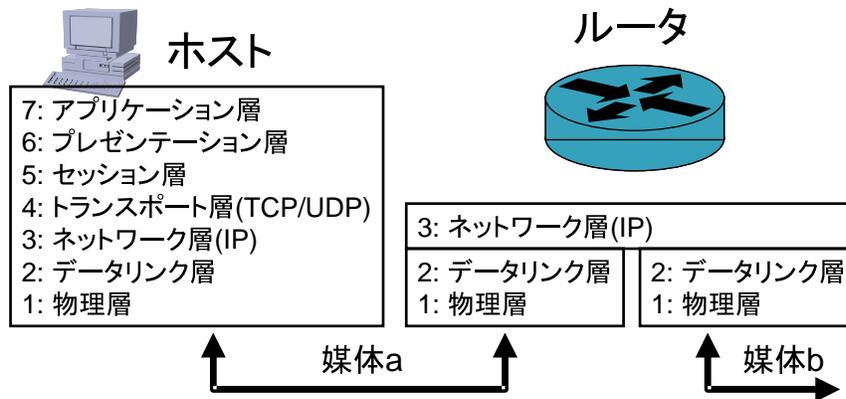
- 無線インフラの整備
- i-mode/ezwebなどによる常時接続性とモビリティの有効性の証明
- 本格的モバイルアプリケーション事業への展開
 - 位置情報
 - 個別情報

Mobile IPv4

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.2/63

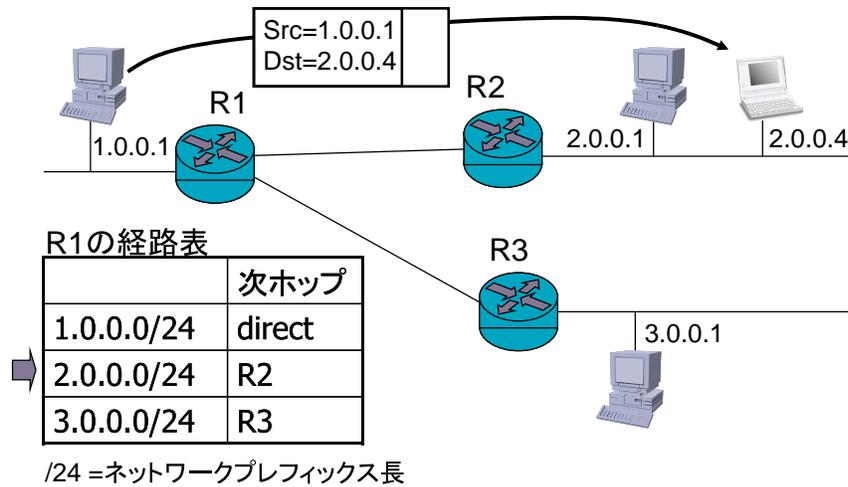
背景:IPによるネットワーク

- OSI 7 階層モデル



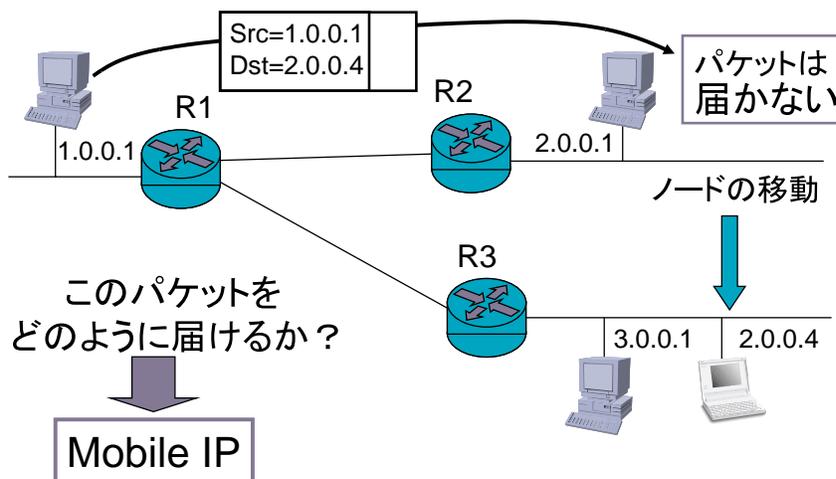
Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.3/63

IPにおける経路制御



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.4/63

もしノードが移動したら



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.5/63

Mobile IP の必要性

- 可搬性: ノードがネットワーク上を移動可能
- DHCP, PPP などを使う



IP アドレスの変更が起きる

- ノードの発見が困難
 - 移動ノードに対して発呼できない (e.g. 電話)
- 移動したらセッションを維持できない
- IP アドレスに依存した制御が不可能



Mobile IP はこれらを解決する

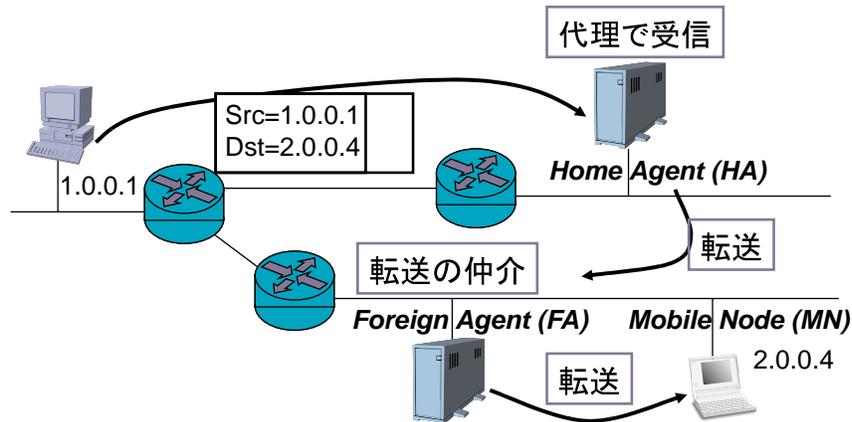
Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.6/63

Mobile IP

- RFC2002 で規定
- IETF Routing Area:
 - IP Routing for Wireless/Mobile Hosts Working Group で議論
 - ただし通称は Mobile IP WG
- Chairs:
 - Phil Roberts (motorola)
 - Basavaraj Patil (Nokia)

Mobile IP: 動作概要

- 基本は「転送」



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.8/63

Mobile IP: 用語 (1)

- ホームアドレス (Haddr)
 - 移動ノードが使いつづけるアドレス
- 気付アドレス (Care-of-Address, CoA)
 - 移動ノードが訪問したサブネットワークで使用するアドレス
- バインディング
 - Haddr と CoA の関係
 - ある Haddr をもつ移動ノードが今どこにいるか? (すなわちどの CoA を使用しているか?)
- ホームネットワーク
 - Haddr が属するサブネットワーク
 - 移動ノードの本拠地

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.9/63

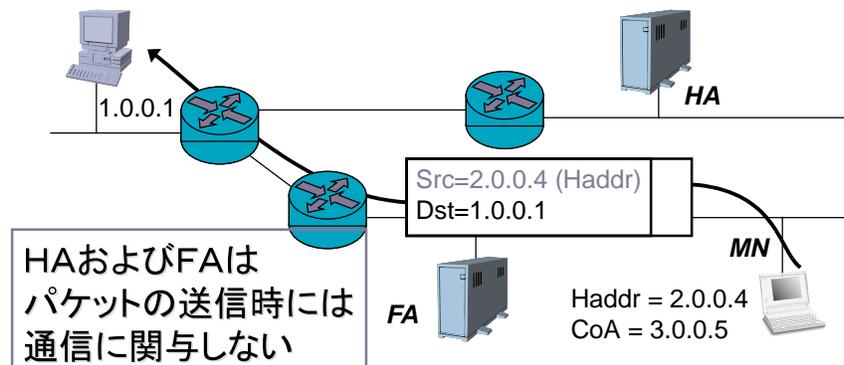
Mobile IP: 用語 (2)

- Mobile Node (MN)
 - Mobile IP を使用して移動する計算機
- Home Agent (HA)
 - ホームネットワークにいるノード
 - MN がホームネットワークから離れているときに、パケットを代理受信して転送する
- Foreign Agent (FA)
 - 訪問先のネットワークにいるノード
 - MN が移動してきたときに、パケットの転送を支援する

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.10/63

移動ノードからのパケットの送信

- 通常とまったく同じに送信してよい



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.11/63

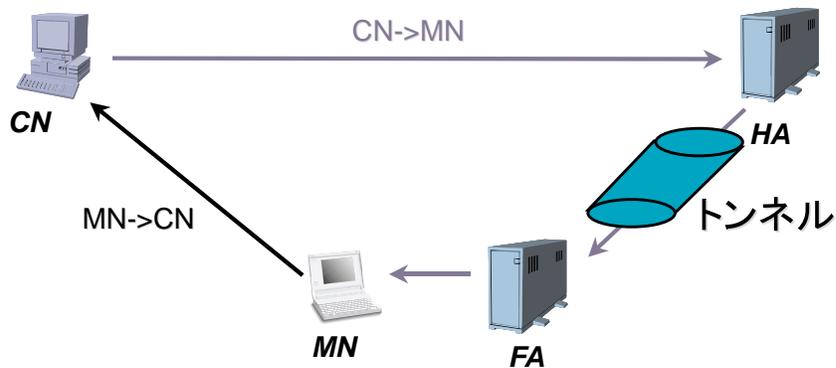
移動ノードのパケットの受信

- パケットは Haddr 宛て
- 経路にしたがってホームネットワークに届く
- HA は Haddr 宛てのパケットを代理受信バインディングを確認して、「カプセル化」を行い、現在の CoA に向けてパケットを転送
- FA は、「カプセル開放」を行って、移動ノードにパケットを転送

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.12/63

三角経路

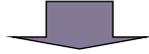
- 最終的に、Mobile IP を使った通信は HA, FA を経由した三角形の経路を通る



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.13/63

FA がない場合はどうなるのか？

- 移動ノードは、自分で CoA を取得してもよい (たとえば DHCP)



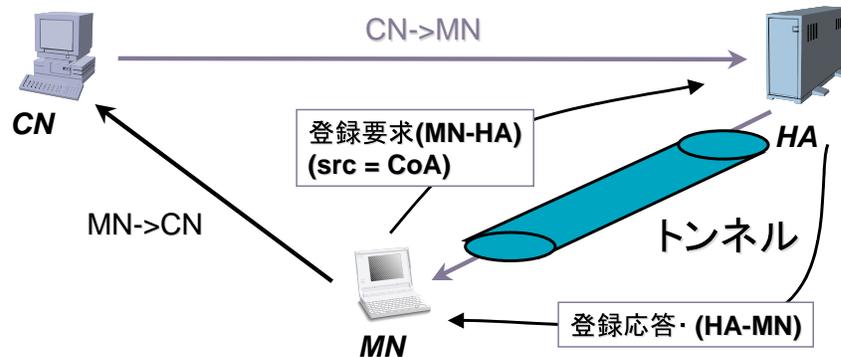
共存気付アドレス (co-located care-of-address)

- 利点: 訪問先のネットに FA がいなくてもよい
- 欠点: 移動の検出が難しい

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.14/63

共存気付アドレスの場合の通信

- 登録: HA へ直接送信する
- 通信: MN が直接カプセル開放を行う



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.15/63

Mobile IPの拡張についての議論 (1/2)

- 送信元アドレス詐称攻撃 (source address spoofing attack) との誤認を回避
 - 逆方向トンネリング (Reverse Tunneling) (RFC3024)
- Client 識別子の定義
 - Network Access Identifier (RFC2794)
 - Generalized NAI (GNAI) Extension (draft-ietf-mobileip-gnaie)

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.16/63

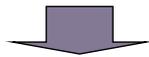
Mobile IPの拡張についての議論 (2/2)

- 三角経路による遅延増加および通信効率の低下の回避
 - 経路最適化オプション (Route Optimization) (draft-ietf-mobileip-optim)
- 登録等で使用する Extension Format の整理
 - draft-ietf-mobileip-mier
- 高速なハンドオフ手法

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.17/63

Fast Handoff

- Mobile IP を使って非常に煩雑に移動することを考えると、いくつかの課題が見える
- HA が遠い場合、登録処理の時間が長く、パケットロスを多く発生する
- コントロールパケットが多くなり、ネットワークおよび HA に大きな負荷を与える

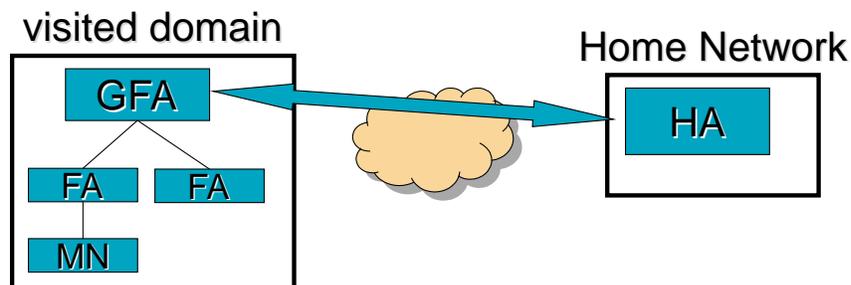


- より高速な移動処理への要求
- 最近の Mobile IP WG の主要トピックのひとつ
- 多くの提案が draft として提出されている

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.18/63

Regional Registraton

- draft-ietf-mobileip-reg-tunnel



- visited domain 内は GFA までの登録で完結
- CoA は GFA のアドレス

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.19/63

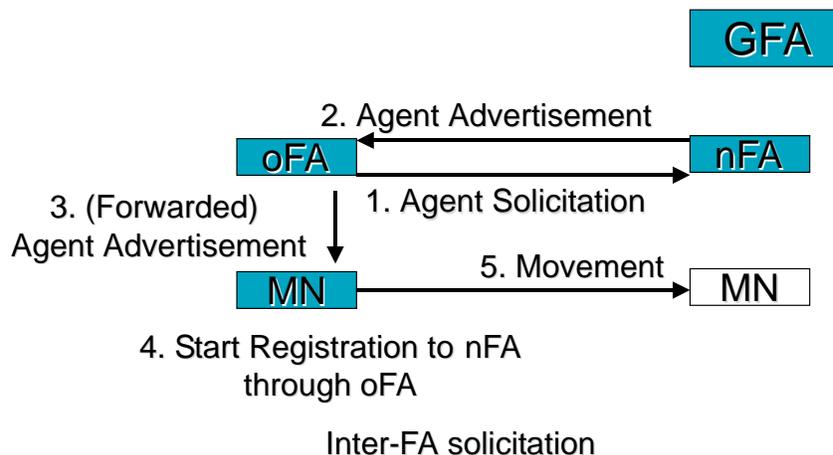
Fast Handoff

- draft-ietf-mobileip-lowlatency-handoffs
- いくつかの方法が示されている:
- Pre-Registration Handoff
 - Network-Initiated Handoff
 - Source Trigger, Target Trigger
 - Mobile-Initiated Handoff
- Post-Registration Handoff
 - Two Party Handoff
 - Three Party Handoff

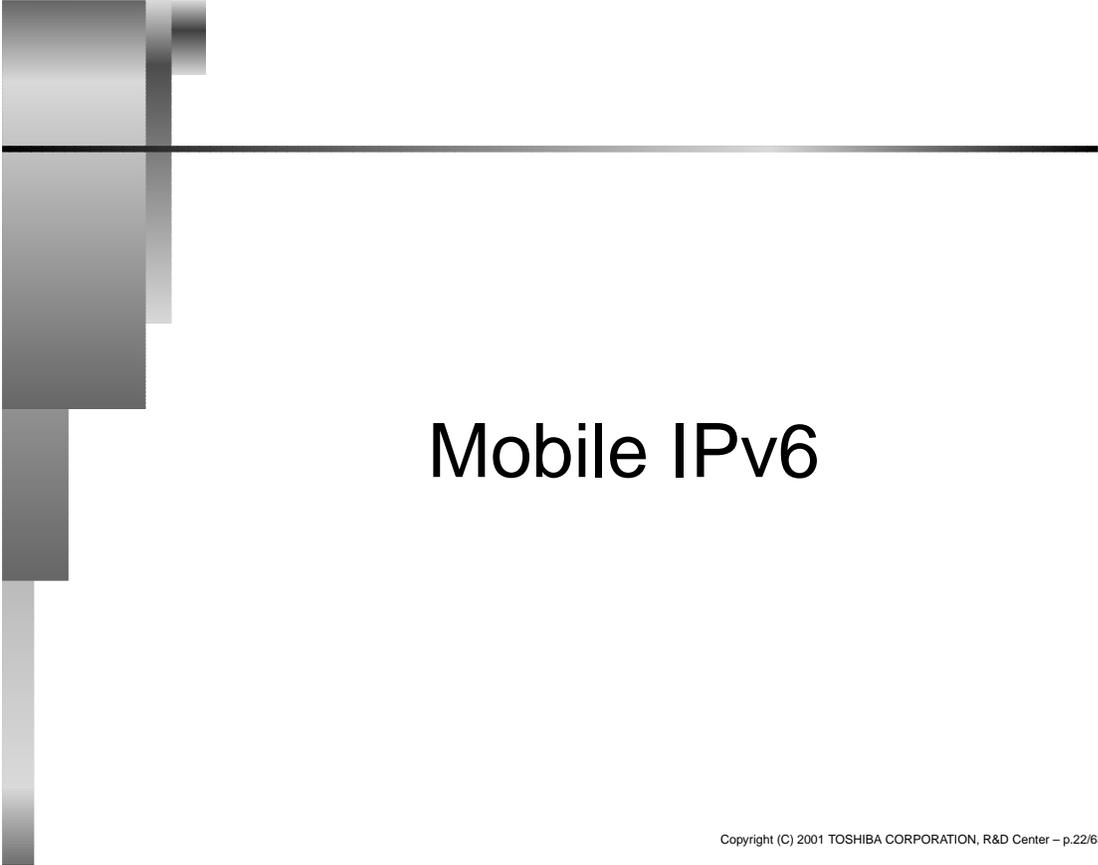
Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.20/63

Fast Handoff (例)

- Pre-Registration Handoff
- L3 Handoff が完了した後 L2 Handoff

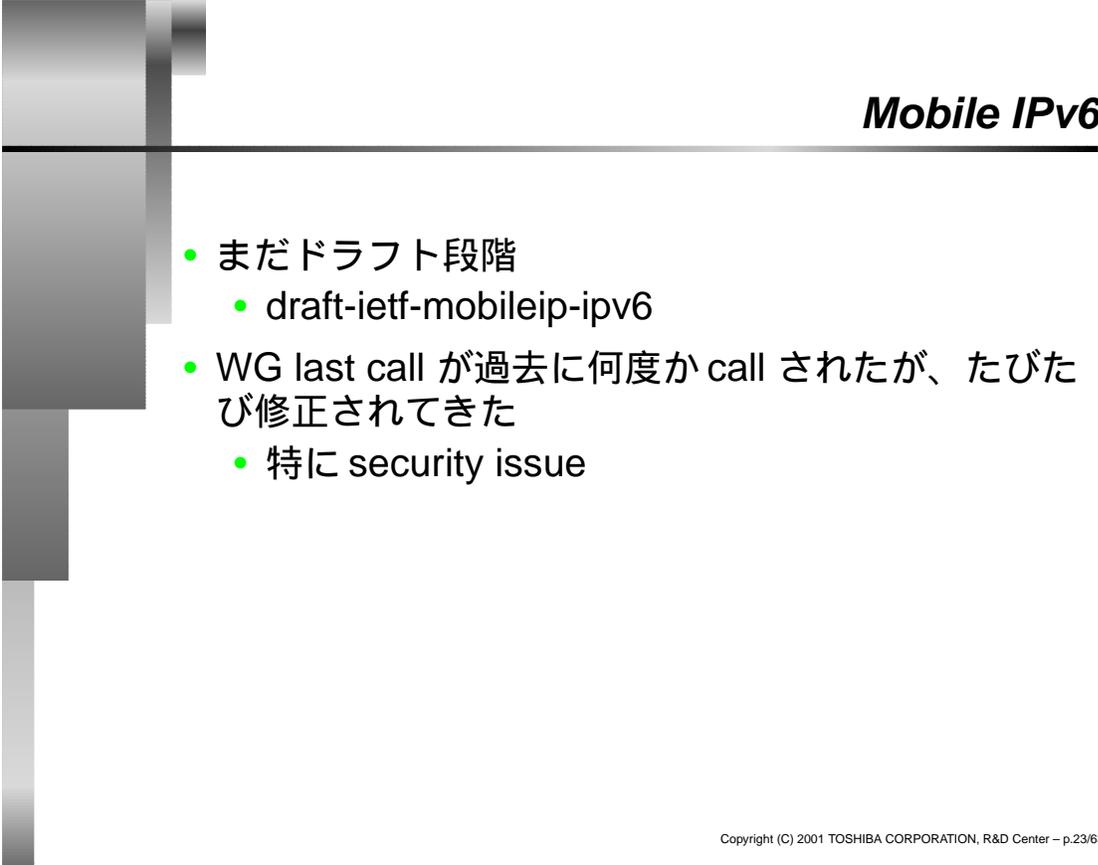


Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.21/63



Mobile IPv6

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.22/63



Mobile IPv6

- まだドラフト段階
 - draft-ietf-mobileip-ipv6
- WG last call が過去に何度か call されたが、たびたび修正されてきた
 - 特に security issue

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.23/63

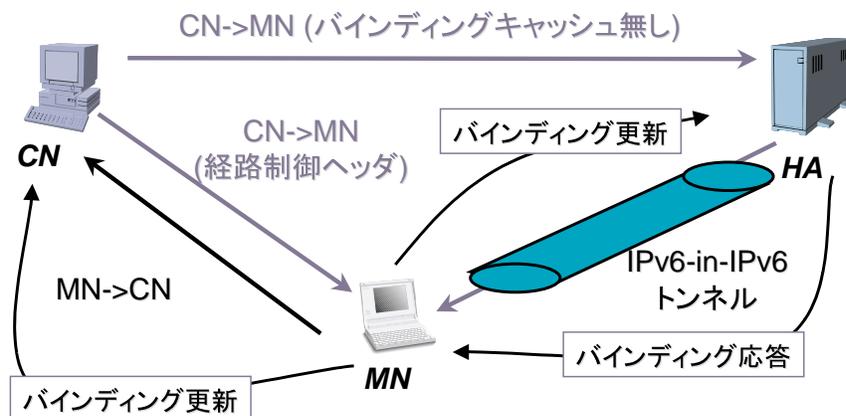
Mobile IPv4 と Mobile IPv6 の主な違い

- 経路最適化が最初から考慮されている
 - 終点オプションの利用
- 発信元アドレスが CoA になった
 - ホームアドレスオプションの導入
- Foreign Agent の廃止
- 経路制御ヘッダの使用

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.24/63

Mobile IPv6 動作概要

- 大枠は Mobile IPv4 と同じ



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.25/63

Mobile IPv6 と終点オプション

- IPv6 終点オプションヘッダ
 - 受信者 (Destination) だけが処理すべきオプションの集まり
 - Mobile IPv6 のための情報交換は主にこの終点オプションを使用
- Mobile IPv6 では、新たに 4 つのオプションを定義
 - ホームアドレスオプション
 - バインディング更新オプション
 - バインディング応答オプション
 - バインディング要求オプション

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.26/63

ホームアドレスオプション

- Mobile IPv6 では送信元アドレスに CoA を使う
- 通信相手に自分のホームアドレスを伝えるためのオプション
- 受信者は、このオプションがついていた場合、送信元アドレスに書いてあるアドレスではなく、このオプションに記入されているホームアドレスから送信されたものとして扱わなければならない

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.27/63

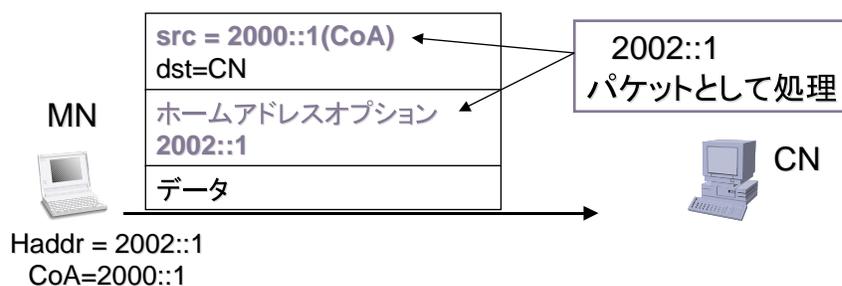
バインディングの通知

- バインディング更新オプションとホームアドレスオプションをパケットに付与
- 受信者は、送信元アドレスが CoA、ホームアドレスオプションの内容がホームアドレスであるとしてバインディングを記憶
- 通常は「確認応答 (ack)」はない
 - HA には応答を要求
- 任意のパケットで通知可能
 - たとえば ftp の開始のための SYN パケット
- ペイロードが無ければ No Next Header を次ヘッダに指定
 - IPv6 ヘッダしかないパケット

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.28/63

通信相手へのパケットの送信

- 送信元アドレスは CoA
- ホームアドレスオプションを付与
- 受信者はホームアドレスからきたパケットであると解釈



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.29/63

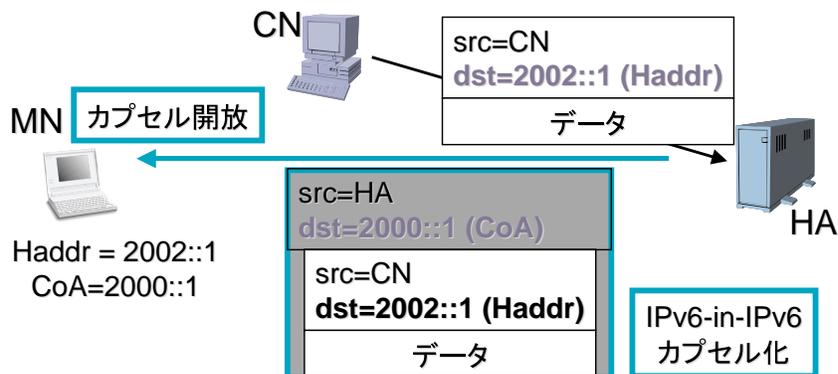
バインディングキャッシュ

- バインディングを覚えておく領域
- 通常の通信相手もバインディングキャッシュを持ってよい
 - まったく持たなくてもよい
- キャッシュなので任意の時点で廃棄してもよい
 - たとえば多くの移動ノードと通信をされていて領域が足りなくなった場合など
- ただし HA は有効期限までは廃棄してはいけない

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.30/63

通信相手からのパケット (バインディング キャッシュが無い場合)

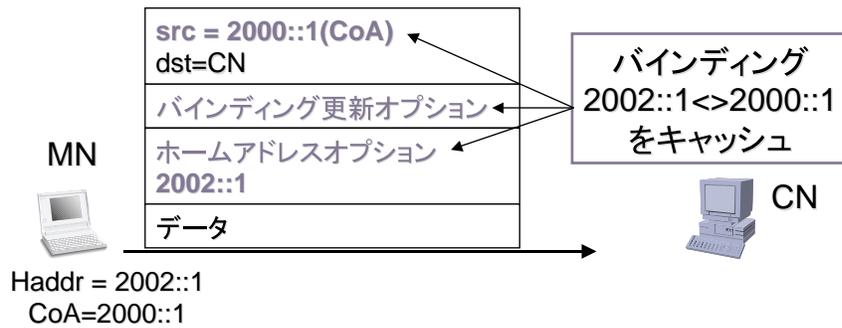
- HA 経由になる
- HA からは IPv6-in-IPv6 トンネルを通る



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.31/63

通信相手へのバインディングの通知

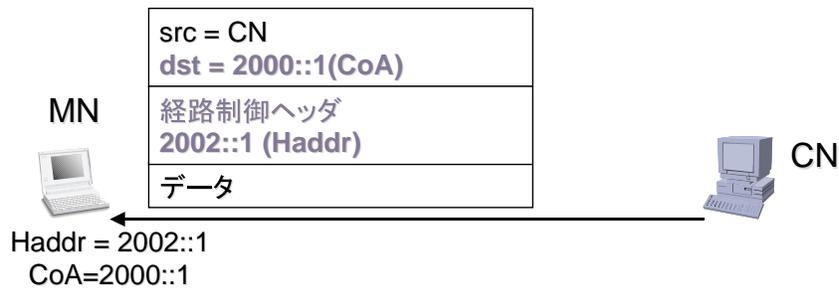
- 通常の packets にバインディング更新オプションを付与する



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.32/63

通信相手からの packet (バインディング キャッシュがある場合)

- 経路制御ヘッダを付与して HA を介さない
- (IPv6-in-IPv6 ではない)



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.33/63

- 「なりすまし」がより容易になった
 - バインディングの通知が通常の通信相手にも可能
- セキュリティ機能（特に認証）は必須
- Mobile IPv6 自身はセキュリティ機能を持たない

IP Security (IPsec) の利用

IP security (IPsec)

- IP 層でのセキュリティ保証
- Authentication Header (AH)
 - 完全性、認証の提供
 - IP ヘッダを含む
- Encapsulating Security Payload (ESP)
 - 秘匿性、完全性、認証の提供
 - IP ヘッダを含まない

しかし...

- 2001/03/19、 IESG から一通のメールが mobile-ip の ML に届く: IESG Security Concerns with MIPv6
- "The IESG strongly recommends that the WG find an alternate approach that is not tied to IPsec/AH"
 - SA 確立までの overhead の問題
 - IPsec 処理ルールの複雑さ
- これにより、IPsec を使う方針を捨てて独自のプロトコルを考案することになった

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.36/63

Mobile IPv6 の拡張

- Fast Handoff
 - v6 では FA が存在しない
 - Access Router を拡張して Fast Handoff を実現する
 - draft-ietf-mobileip-fast-mipv6
- ハンドオフ時のパケットの喪失の回避
 - draft-kempfbeth-ipv6

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.37/63

- 三角経路は無くなっていない
 - 相手はバインディングキャッシュを持ってくれないかもしれない
- パケットのオーバーヘッドが大きい
 - 移動ノード同士が通信すると、ホームアドレスオプションと経路制御ヘッダで最低でも 44byte のオプションが必要
 - Voice Over IP (VoIP) 等のアプリケーションでは苦しい

トランスポート層への支援: Performance Enhancing Proxy

Performance Enhancing Proxy (PEP)

- リンク特性に依存して性能劣化が起きるものについて、どのように支援するか?
 - Transport Layer (TCP)
 - Application Layer (Web, Mail...)
- 特に無線リンクにおける TCP のための PEP がいま大きな議論となっている

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.40/63

TCPと無線リンク

- TCP はパケットロスを輻輳としてとらえる
- パケットロスはタイムアウトと重複 ACK で検出
- 無線リンクはエラー率が高い
 - 輻輳がおきていないにもかかわらずパケットが落ちる
- 無線リンクは再送機能を持つ場合がある
 - TCP の再送タイマーと独立なので、無駄な再送が発生する可能性
 - RTT の揺らぎが大きく、再送タイムアウトの妥当性を失う

TCP のパフォーマンスを低下させる

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.41/63

Congestion Window (cwnd)

- 送信者が管理する window
 - いわゆる Window Size は受信側が管理する
- 送信者は、提示された window size と自分の持つ cwnd のどちらか小さい方まで送信可能
 - cwnd が大きくなるにつれてスループットが上昇する (一般的には)
- cwnd は、新しい ack を受けるたびに増加
- 輻輳が起きた場合には、送信者は送信量を減らす必要がある
 - cwnd を小さくする congestion avoidance

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.42/63

TCPのタイムアウト

- TCP の送信者は再送タイマーをパケットに対してセットする
- そのパケットに対する ack が RTO (Retransmission TimeOut) 以内に来なかった場合、パケットは lost したと判断される。
- RTO は動的に計測される
- パケットロスは輻輳として扱われる
- タイムアウトが起きた場合、cwnd は 1MSS に戻り、slowstart する
- スループットは下がる

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.43/63

Fast Retransmit/Fast Recovery

- タイムアウトには時間がかかる: より早く再送するためには
- 重複 ack:
 - パケットの喪失
 - パケットの乱順到着
- 3つの重複 ack が届いたら, パケットの喪失が起きたと判断する
- cwnd は半分になる
- スループットは下がる

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.44/63

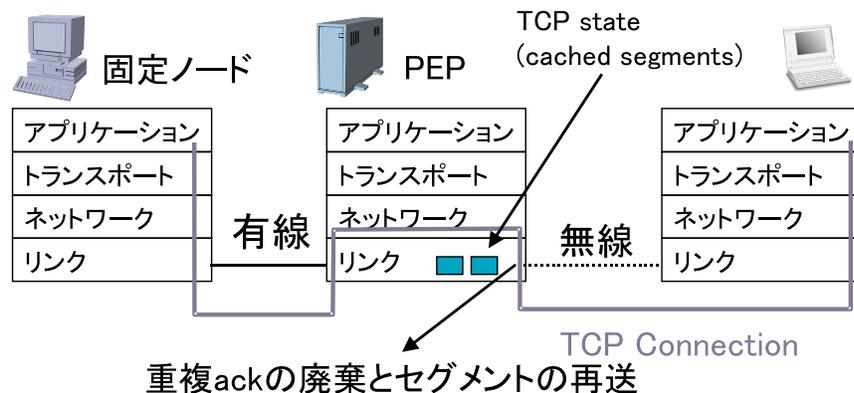
Random error が TCP に与えるパフォーマンスの影響

- パケットがエラーで落ちる Fast Retransmit の機能が働くが...
- 喪失したパケットの再送
- cwnd の縮小 スループットの低下
- しかしエラーが原因なら (輻輳ではないので) cwnd の縮小は必要はない
- いかに送信者に対してエラーによるパケットロスを隠蔽するか

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.45/63

PEPの実例

- TCP-Aware Link Layer: snoop
- 再送を PEP のリンク層上での監視で行う



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.46/63

snoopの特徴

- コネクションを分断せずにローカルリカバリーを実現
 - 無線リンク上でのパケットロスは固定ホストに伝わらない
- end-to-end セマンティクスの保存
 - 固定ホストに ack が返れば、移動ノードがそこまでのセグメントを受信したことを保証する
- ソフトステート
 - 通信中に異なる PEP に移動することは容易
 - 通信中に PEP がステートを失っても (パフォーマンスは低下するが) TCP セッションは継続可能

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.47/63

snoopの問題点

- 無線区間の遅延を隠蔽することはできない
 - 無線リンクの再送メカニズムによる遅延の揺らぎ
 - 再送タイムアウトの値が適切ではなくなる (無駄に長くなる) 可能性
 - 有線区間のパフォーマンスの低下
- 同様に、無線区間の一時的な disconnect も隠蔽できない (disconnect handling)
 - 送信者のタイムアウト再送が発生する

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.48/63

その他の PEP

- Split Connection
 - 有線部分と無線部分で、TCP コネクションを分割
 - 無線部分におけるパケットロスおよび遅延は固定ノードに対して完全に隠蔽
 - PEP と移動ノードの間に各リンク層にチューニングされたプロトコルを持ち込むことでより高い性能が期待できる
 - PEP によるローカルリカバリーによって早いエラーからの回復
- WTCP
 - 無線区間の遅延を隠蔽
 - 無線区間の滞在時間を計測し, ack の timestamp option に滞在時間を加算

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.49/63

- IPsec が使用できない
 - snoop は ESP されてなければ使用可能
- 非対称な経路での使用は難しい
- split connection のように end-to-end セマンティクスを喪失するものもある
- single-point of failure の発生
- 障害時の問題発見の複雑化

Robust Header Compression

Robust Header Compression (ROHC)

- 高い遅延、狭いバンド幅だけでなく、無線のような高いエラーレートのリンクに対応したヘッダ圧縮についての議論
 - rfc1144, rfc2508 では性能が出ない
 - SACK[rfc2018] 等の TCP option も圧縮対象
- IP/TCP/UDP/RTP がターゲット
- 3GPP/3GPP2 との連携
- IETF WG:
<http://www.ietf.org/html.charters/rohc-charter.html>

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.52/63

過去のヘッダ圧縮: e.g. RFC1144

- aka VJ Compression or Compressed TCP(CTCP)
- TCP Connection が対象
 - c.f. RFC2508 (CRTP): Compresses IP/UDP/RTP
 - RFC1144 を拡張したもの
- 変化しないヘッダフィールドは送らない
- 変化するフィールドも、sequential なものは差分にして送る

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.53/63

IP/TCPヘッダ

- 色がついている部分が (通常) 変化しない

Ver	Hlen	ToS	パケット全長	
識別子		フラグ	オフセット	
TTL	プロトコル	ヘッダチェックサム		
送信元アドレス (src)				
宛先アドレス (dst)				
src port		dst port		
sequence Number				
ACK Number				
off/flags(excl push/urg)		window		
checksum		urgent pointer		

↑ IP ヘッダ ↓

↑ TCP ヘッダ ↓

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.54/63

状態 (*context*) の保存

- ヘッダの保存
 - connection ごとに、(再現された)TCP/IP ヘッダを保存しておく
- 保存されたヘッダは Context ID (CID) で識別
 - 圧縮されたパケットは、CID と変化した部分の差分となる

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.55/63

ROHCの必要性: 従来の方式ではなぜいけないのか

- Long-Thin Pipe の出現:
- 高いエラーレート (High Error Rate)
 - out-of-sync となりやすい
- 狭帯域 (Low Bandwidth): out-of-sync がさらに帯域を消費
 - context の回復にはかならず全ヘッダを送信する
- 高遅延 (Long Delay)
 - バーストロスの可能性
- 多くの無線ネットワークは Long-Thin Pipe
- Long-Thin Pipe では性能は出ない [CRTPC]

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.56/63

ROHC (RTP)

- RFC3095 (draft-ietf-rohc-rtp-09.txt)
- 対象となるプロトコル群
 - RTP/UDP/IP
 - UDP/IP
 - ESP[rfc2406]/IP
- 変化しない部分は送らないという方針は同じ
- パケットの喪失・エラーに対して頑強 (Robust) なヘッダ圧縮
- TCP は別方式 (e.g. TAROC)

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.57/63

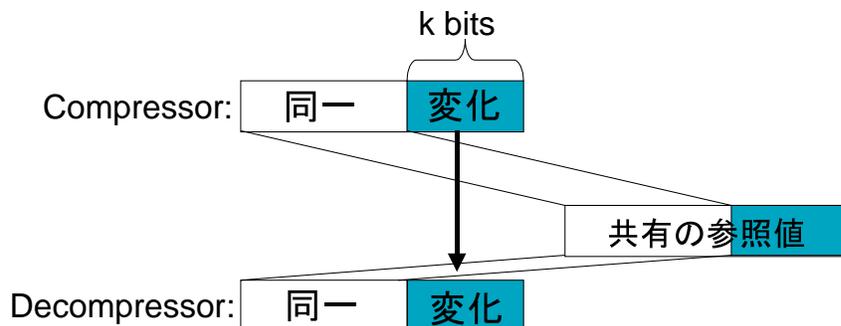
ROHC (RTP) (cont'd)

- Robustness の確保: パケットの喪失に強い Encoding
 - Window-based LSB Encoding
 - Scaled RTP Timestamp Encoding
 - Offset IP-ID encoding
- 属性に応じた encoding を使用
- CRC による Header reconstruct の正しさの検出
- 圧縮されるプロトコルは profile で識別

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.58/63

LSB encoding

- ある参照値に対して、LSB k bit の部分だけ送信する



- Decompressor は、最後に復号に成功した値を参照値として使用する

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.59/63

Window-Based LSB encoding

- Compressor は参照値を複数個持つ (Sliding Window)
- 送信した値は、参照値として保存される。
- $k = \max(g(v, v_{\min}), g(v, v_{\max}))$
 - ただし v_{\min} , v_{\max} は参照値の最大・最小値。
 - g は参照値に対して最小の k が得られる関数
- Compressor は、Decompressor が参照値として使わなくなった値 (e.g. 最後に ack された値より古い値) は、参照値からはずす

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.60/63

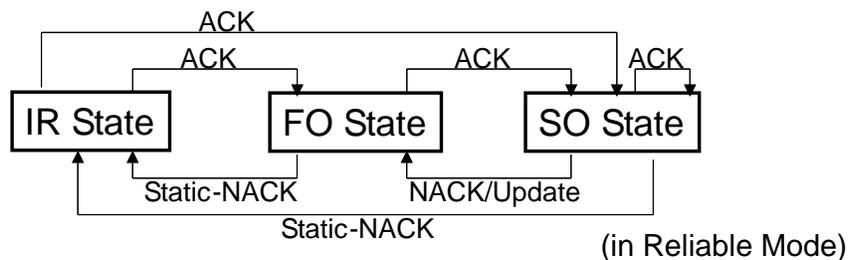
ROHC (RTP) (cont'd)

- Link の状態に応じた 3 つのモード
- Unidirectional mode (U-mode)
 - C → D のみの path でも使用可能
- Bidirectional Optimistic mode (O-mode)
 - 基本的に C → D のみだが、error recovery など重要なものは D から feedback
 - feedback channel を sparse に保つ
- Bidirectional Reliable mode (R-mode)
 - 積極的に D → C を使う (e.g. context update ack)
 - Robustness を最大化

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center – p.61/63

ROHC (RTP) (cont'd)

- 効率の向上: 3つの状態に分ける
- e.g. Compressor
 - Initialization and Refresh (IR)
 - First Order (FO)
 - Second Order (SO)



Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.62/63

その他の議論

- Lower Layer Guidelines for ROHC
 - draft-ietf-rohc-rtp-lower-layer-guidelines
 - ROHCからの二層への要求。Cellularについての項目もある。
- Efficient Protocol Independent Compression (EPIC)
 - 圧縮メカニズム一般化のための枠組み
- TAROC
 - draft-ietf-rohc-tcp-taroc
 - TCP圧縮方式
 - TCP圧縮へのrequirementの議論も平行

Copyright (C) 2001 TOSHIBA CORPORATION, R&D Center - p.63/63

モバイルとユービキタス

- Mobile
 - 動く(動かす)ことができる, 移動できる; 機動力のある
 - 移動する計算機
- Ubiquitous
 - 同時にいたる所に存在する, 遍在する, あまねく
 - どこにでもある計算機

モバイル インターネットワーキング

- 移動する計算機を含むインターネット
 - 人間とともに移動する計算機
 - 移動する人間のコミュニケーション基盤
 - 技術
 - 移動する計算機との接続手段
 - 無線ネットワーク
 - 移動する計算機の識別
 - 移動する計算機のためのアプリケーション

ユービキタス インターネットワーキング

- 世の中にあまねく存在する計算機を用いたコミュニケーション環境
 - 人間は移動するが、計算機(ハードウェア)は移動しない
 - 利用環境が移動
 - どこへいても、その人間の近くにある計算機に等価な環境が構築される
- アプリケーションの移動
 - ソフトウェアマイグレーション

Mobility

- 通信技術
 - 携帯電話, PHS, 衛星
- Mobile-IP
 - 移動ノードを含む経路制御
 - Mobile-IP
 - VIP
- 移動することの意味付け
 - 物理的位置とネットワーク位置
 - アプリケーション

アプリケーション

- Disconnected Operation
 - 切断時操作
 - ネットワークから切断されている状態でも利用を継続する技術
- 地理的位置情報

Disconnected Operation

- ネットワーク切断時でも利用したい
 - Coda
 - PFS
- ネットワークアプリケーション体系の変更

Personal File System

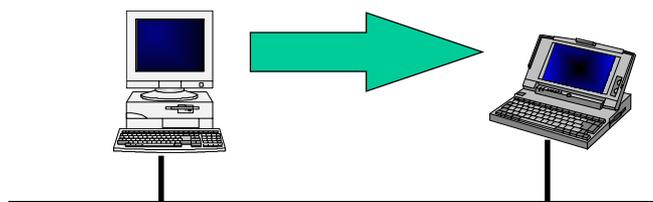
- 基礎となるファイルシステムの構築
- Pre Cacheによる必要なファイルの取得
- Optimistic Replication
 - Home Directoryだけ書き込み可能
- 多段キャッシュ
 - 近くのファイルサーバの利用

Personal File System (*cont'd*)

- キャッシュの圧縮
- モード
 - 通信状況に応じた振る舞い
- NFSの利用
 - 組込みが容易

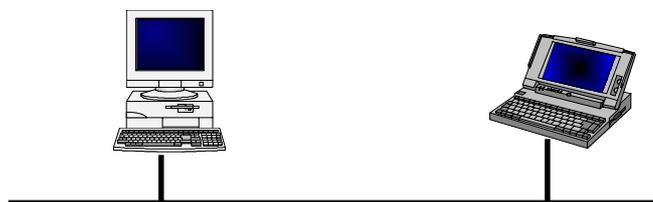
PFSの動作

必要なファイルのコピー



PFSの動作

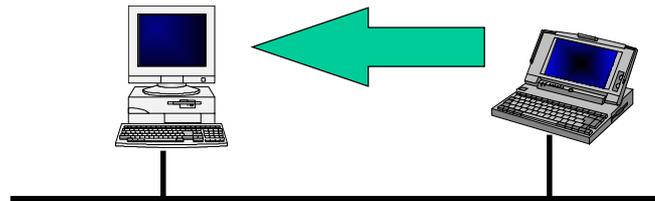
ネットワークからの切断



あらかじめコピーされた
ローカルファイルを利用

PFSの動作

変更されたファイルのコピー



PFSの動作

必要なファイルの読み込み



回線速度が遅い場合

インターネット空間と実空間

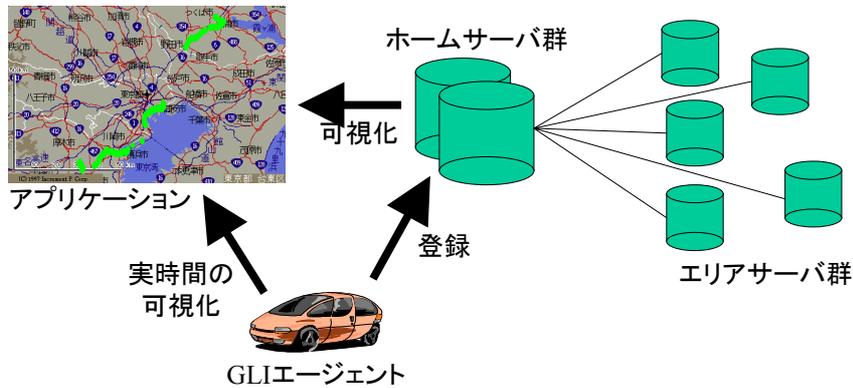
- 移動
 - 論理的な移動
 - 物理的な移動
- 識別子・アドレス
 - 実空間での定義
- インターネット空間と実空間の関係
- セル情報・GPS情報・各種ビーコン情報の利用

位置情報を用いた例

- ロカティオ
 - デジタルGPS・PHS



地理的位置情報



インターネットカープロジェクト

- 人間とともに移動する計算機
 - 移動する人間と計算機の対応付け
 - 電源の問題
 - 電源を持ち、人間とともに移動するものとしての自動車
- 自動車への情報発信だけではなく
 - 自動車からの情報収集
 - 収集された情報からの新たな情報の再構成

Data Collection Box



Data Collection Box



SIC2000の現状

オデッセイ(sic2000-5)
コントローラ部



MR-2(sic2000-3)
コントローラ部



MR-2(sic2000-3)
メイン部

Internet Car 実験1

ネットワークインタフェース切り替え



車庫の自動車は無線LANで
家のインターネットに接続さ
れている



ダイヤルアップの状態
でFTPを開始し家に戻
る無線が再び届くよう
になり、FTPが続行した
まま無線LANに切り替
わる。



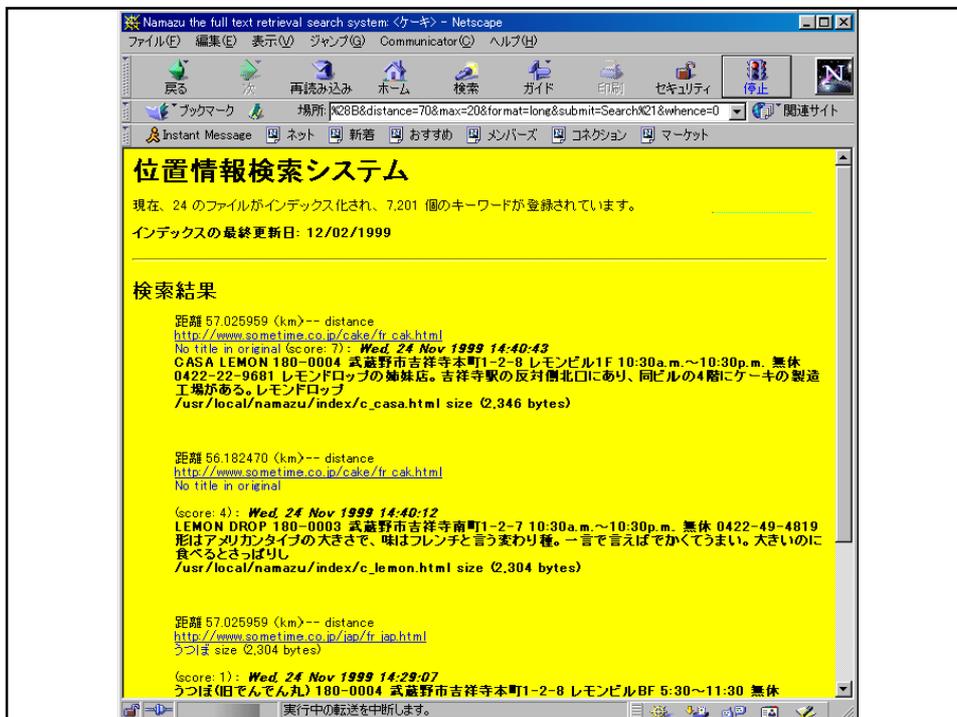
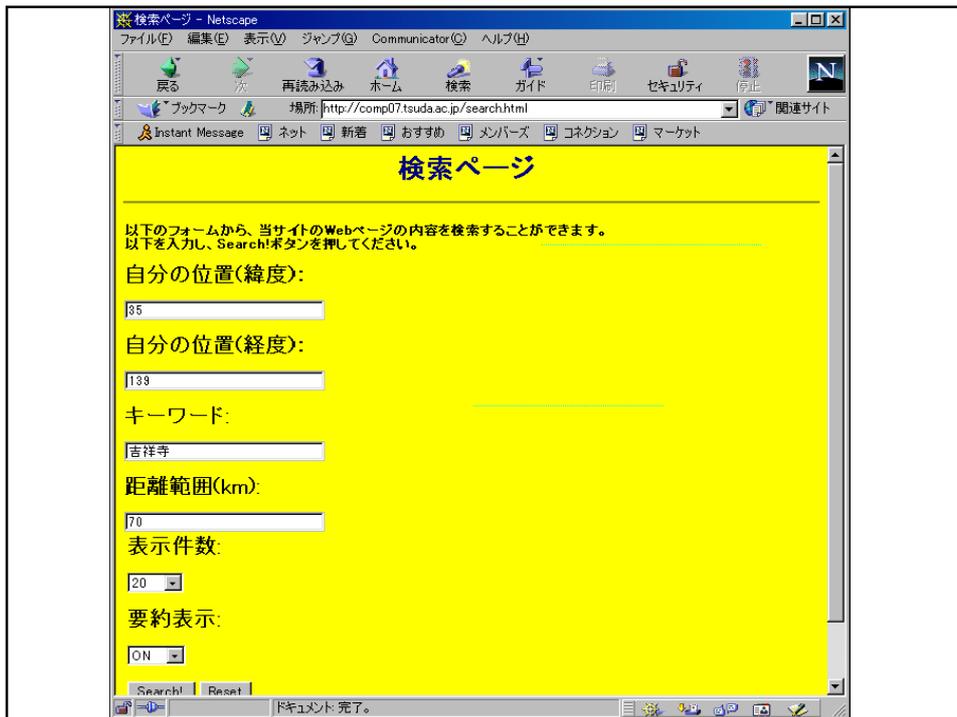
走り始めると無線が届か
なくなり、自動的に携帯電
話のダイヤルアップ接続
に切り替わる





地理的位置情報に 基づくサービス

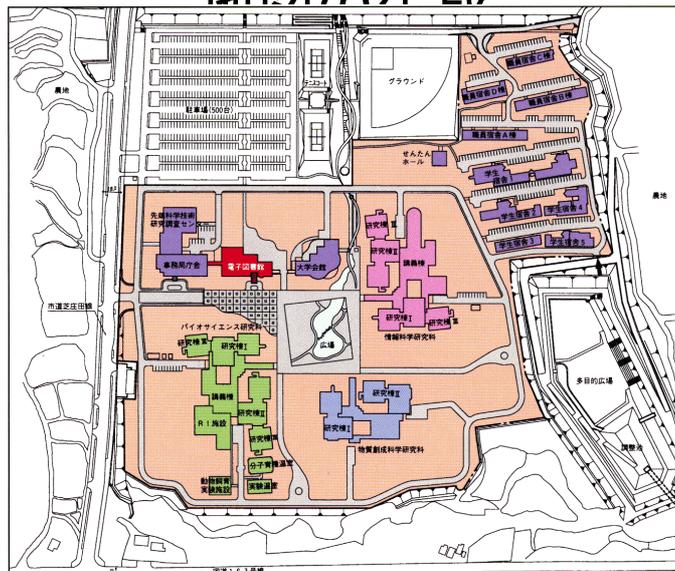
- 位置付き情報サービス
 - i-mode Navi, EZweb
- 検索サービス
 - 地理的位置情報による絞り込み
 - 情報収集ロボット
- 地図の作成



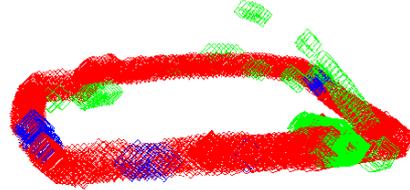
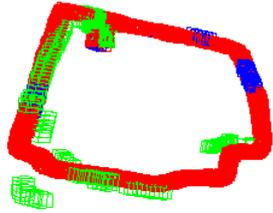
情報収集

- ロボットによる収集
- テキスト内から位置を特定できる情報の抽出
 - 住所
 - 郵便番号
 - 電話番号
- 緯度、経度への変換

地図の作成

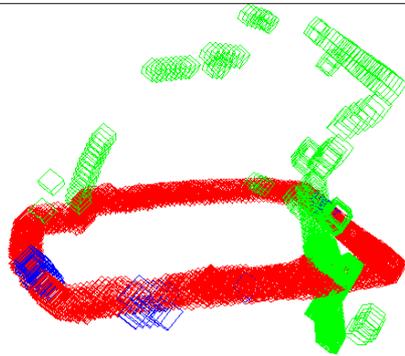
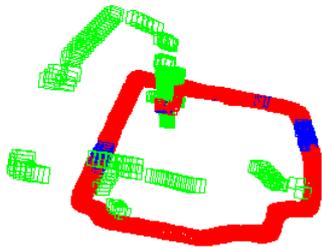


3D Map



VRMLによる表現

3D Map補正前



今後の展望

- モバイルを前提にした情報ビジネス
- 情報の仕入れと配布
- 双方向