

画像情報特論 (10)

- モバイル、ワイヤレス

情報理工学専攻 甲藤二郎

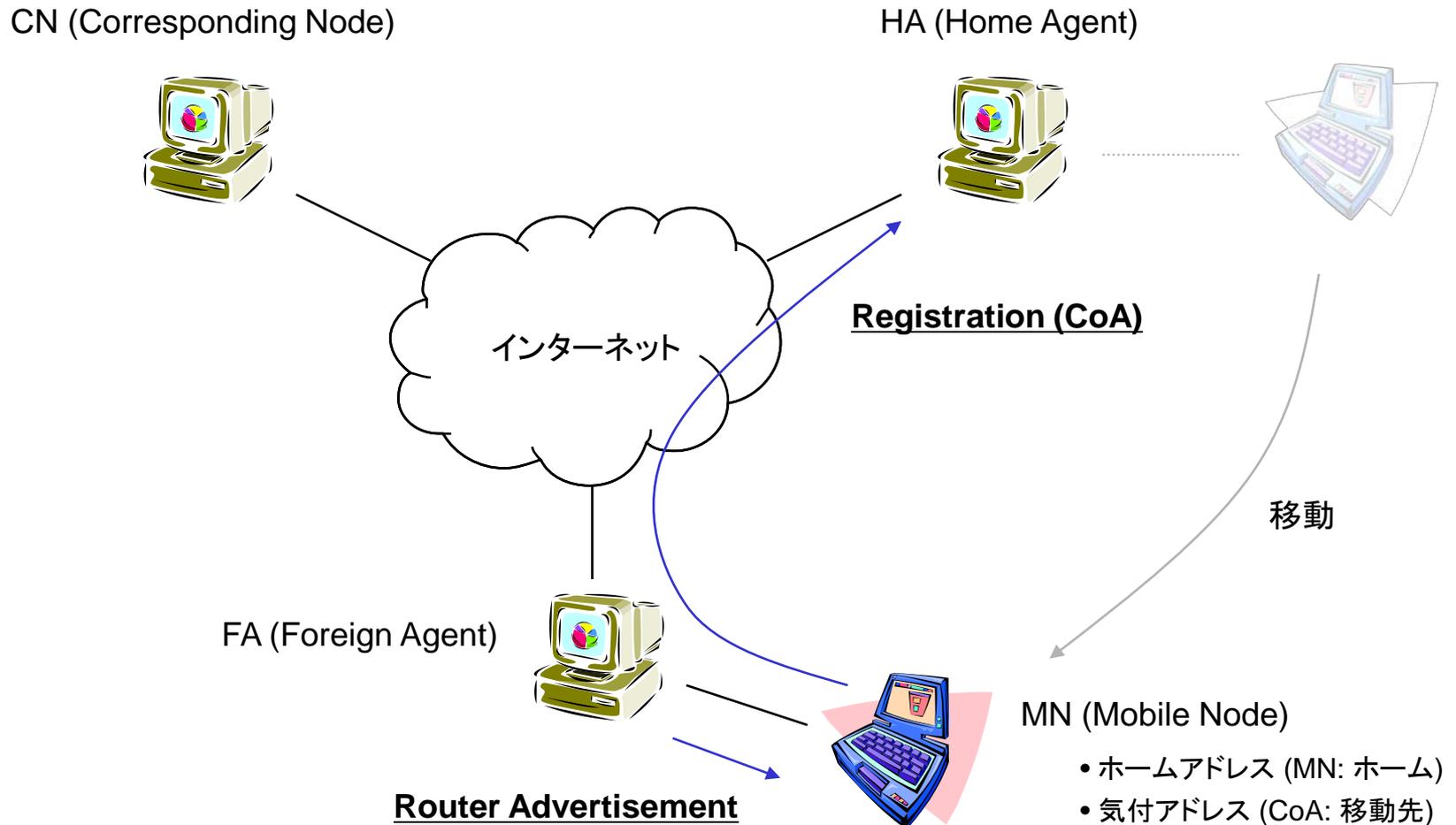
E-Mail: katto@waseda.jp

モビリティ管理

- L3モビリティ: Mobile IP
- L7モビリティ: SIP Mobility

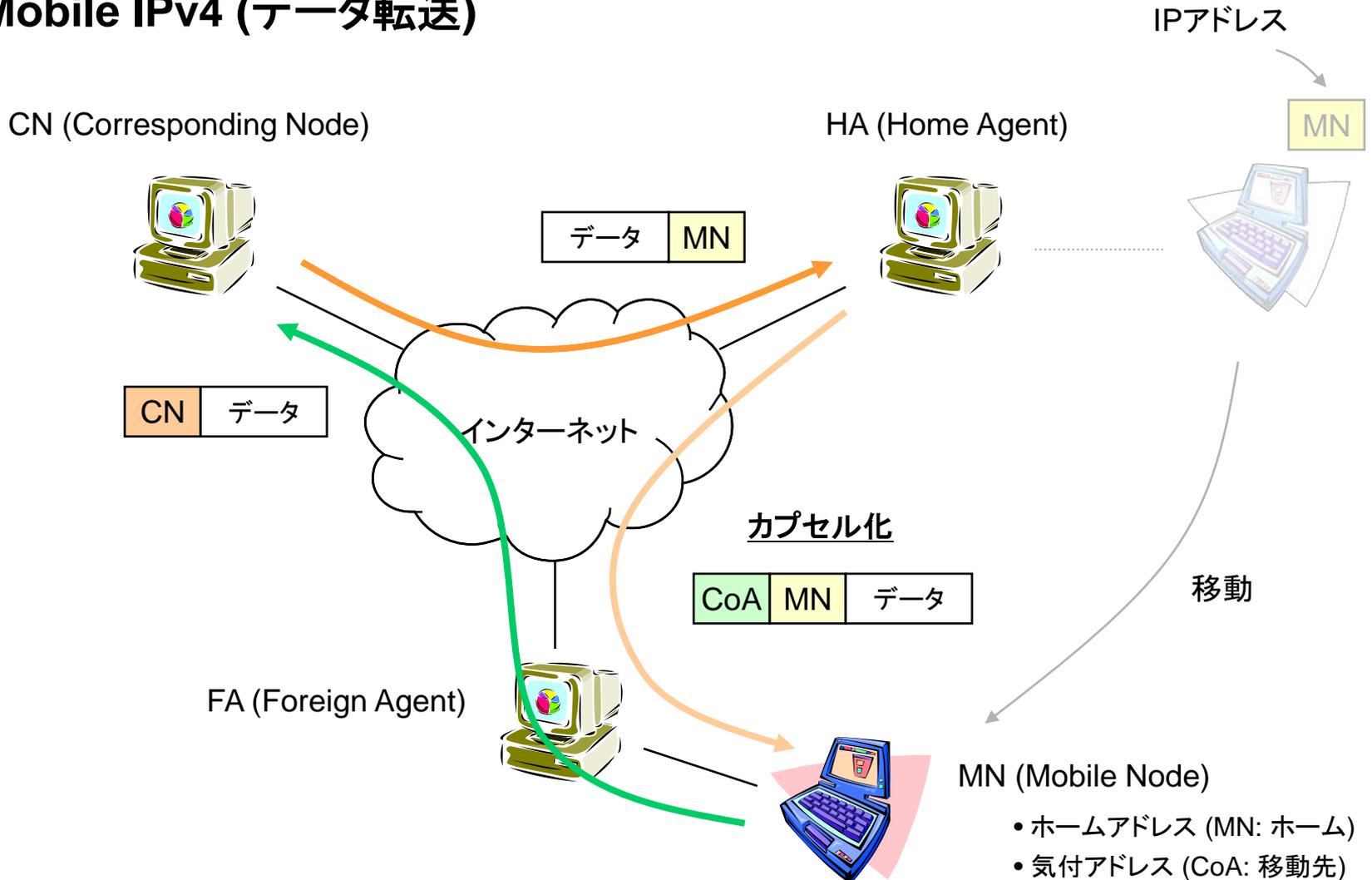
Mobile IP (1)

• Mobile IPv4 (登録)



Mobile IP (2)

• Mobile IPv4 (データ転送)



Mobile IP (3)

• Mobile IPv4 (定義と手順)

定義:

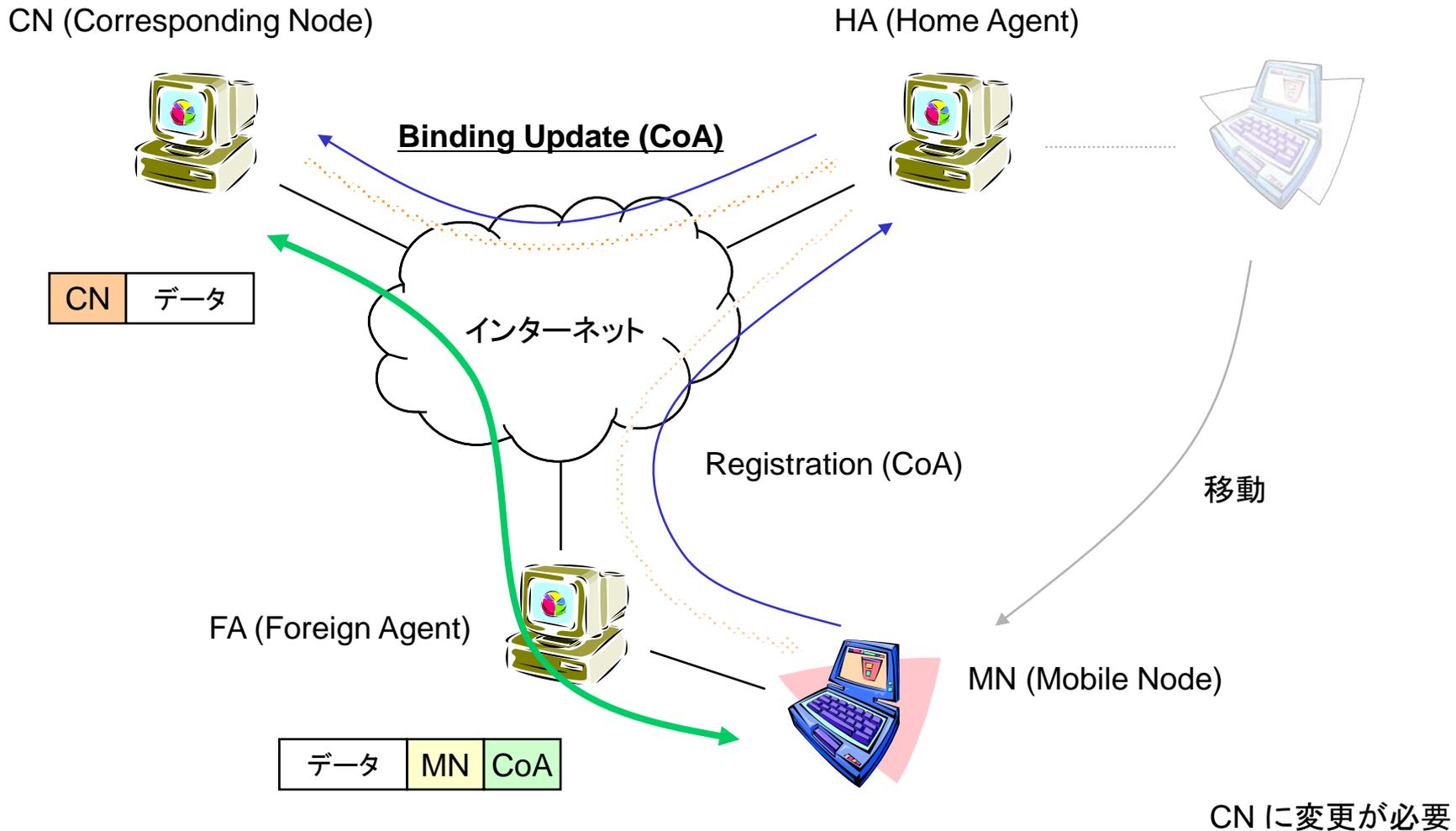
- MN (Mobile Node): 移動端末
- CoA (Care of Address): 気付アドレス (共存気付と外部気付)
- HA (Home Agent): 移動元エージェント
- FA (Foreign Agent): 移動先エージェント
- CN (Corresponding Node): 通信相手

共存気付アドレスの場合:

- MN が FA から CoA をもらう (**Discovery**: Advertisement, DHCP 等)。
- MN が HA に CoA を登録する (**Registration**)。
- CN からのパケットを HA が MN にカプセル化転送する (**Delivery**)。
- MN は、受信パケットのカプセル化をほどこきデータを受信。
- MN は、送信元アドレスは MN のまま、CN に対してパケットを送信。

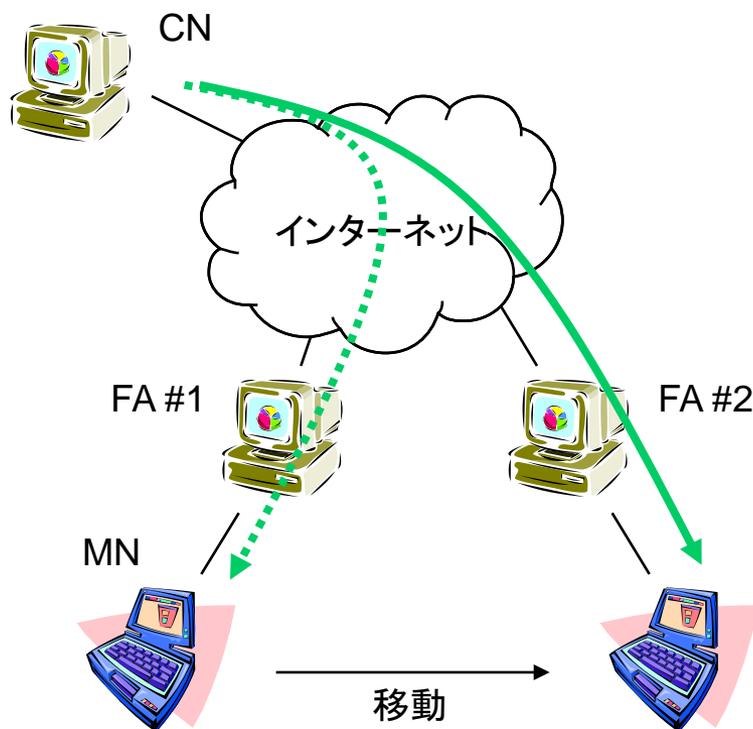
Mobile IP (4)

• Route Optimization (三角経路の回避オプション)



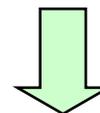
Mobile IP (5)

• Fast Handover (1) 概要



課題: ハンドオーバー処理

- (1) シグナリング遅延の削減
- (2) パケットロスの削減

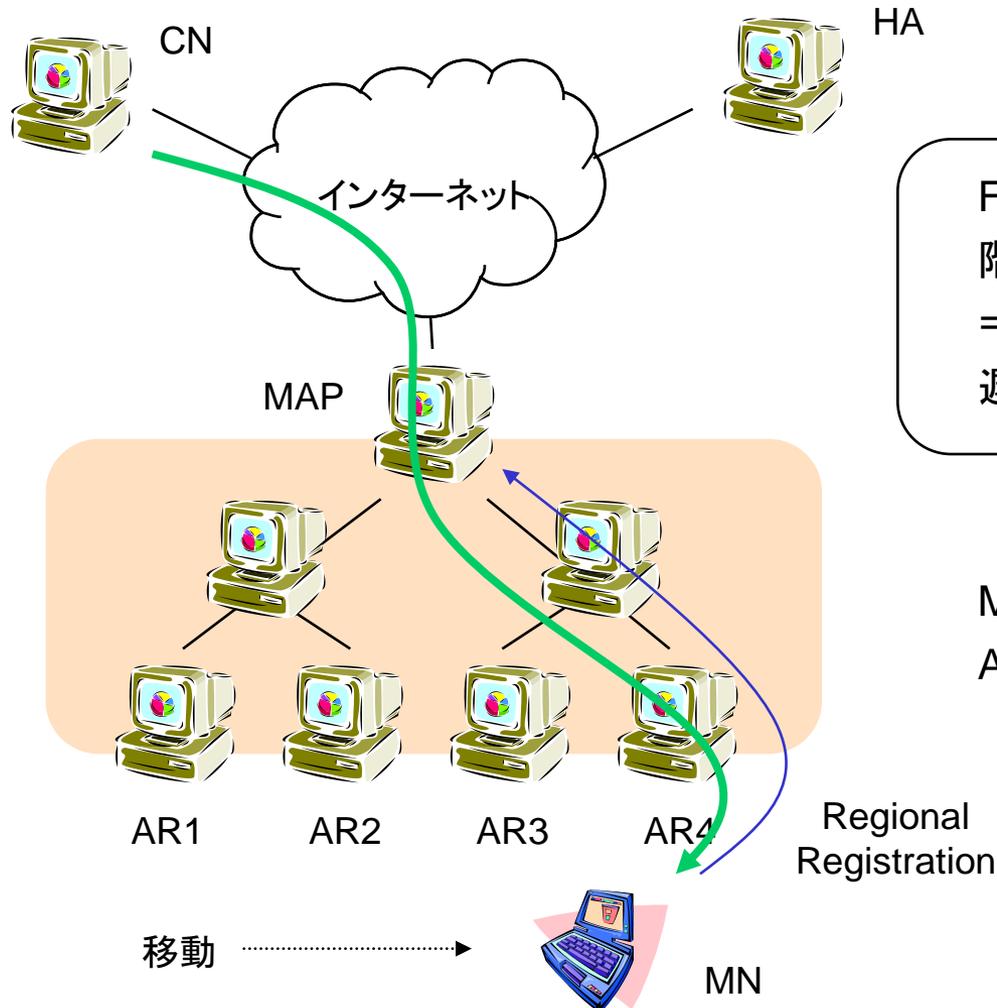


対策:

- (1) 階層化 MIP (HMIP)
- (2) バッファリング
- (3) バイキャストイング

Mobile IP (6)

• Fast Handover (2) 階層化 MIP



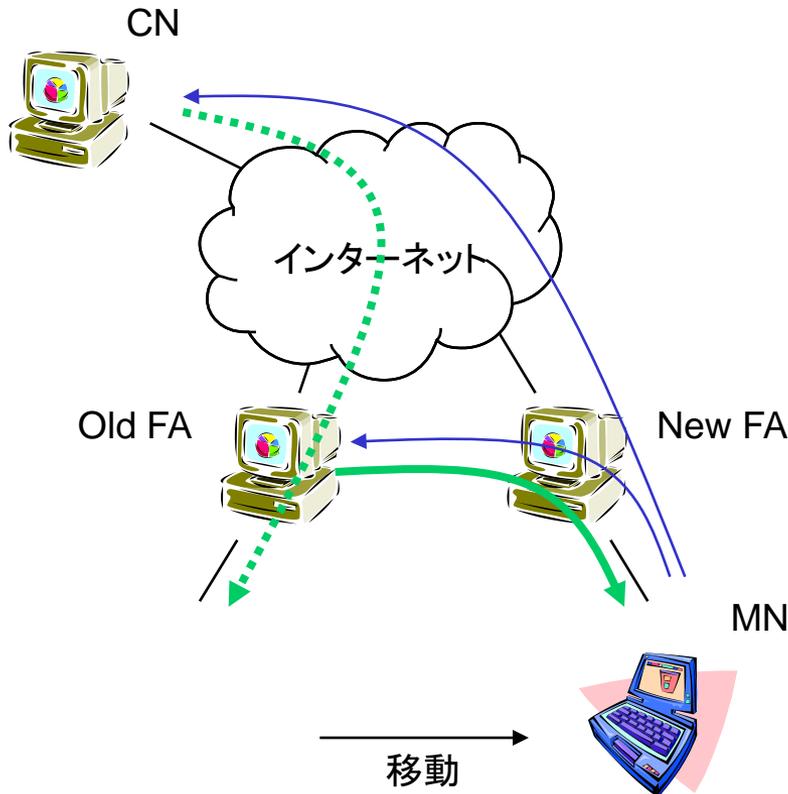
FA の階層化、
階層化ドメイン内でのみのシグナリング
⇒ MAP を跨がない限りはシグナリング
遅延が低減される

MAP: Mobility Anchor Point
AR: Access Router

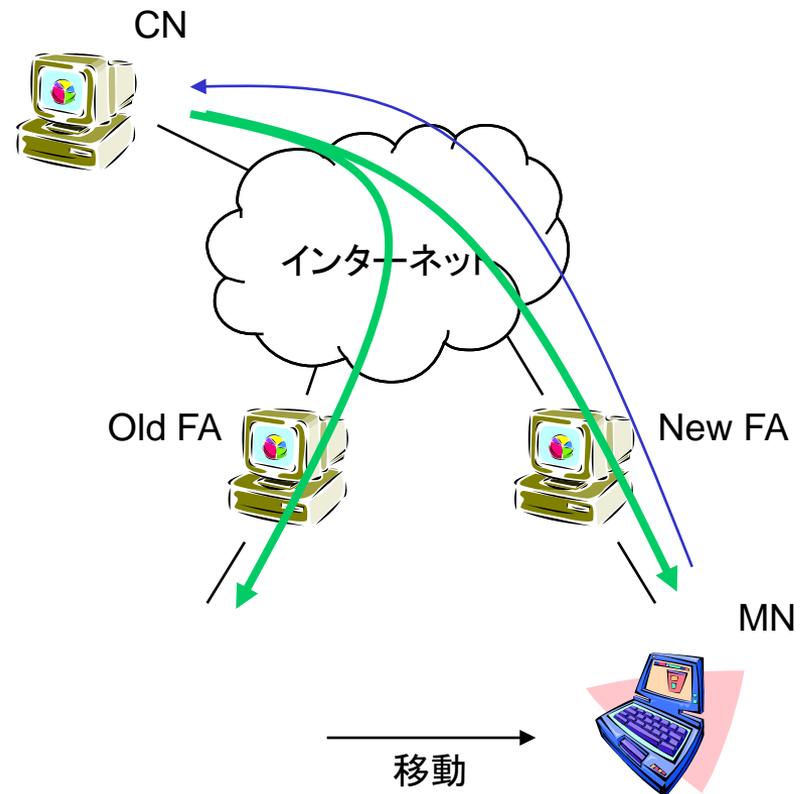
Mobile IP (7)

• Fast Handover (3) バッファリングとバイキャストイング

Buffering (Fast MIP)



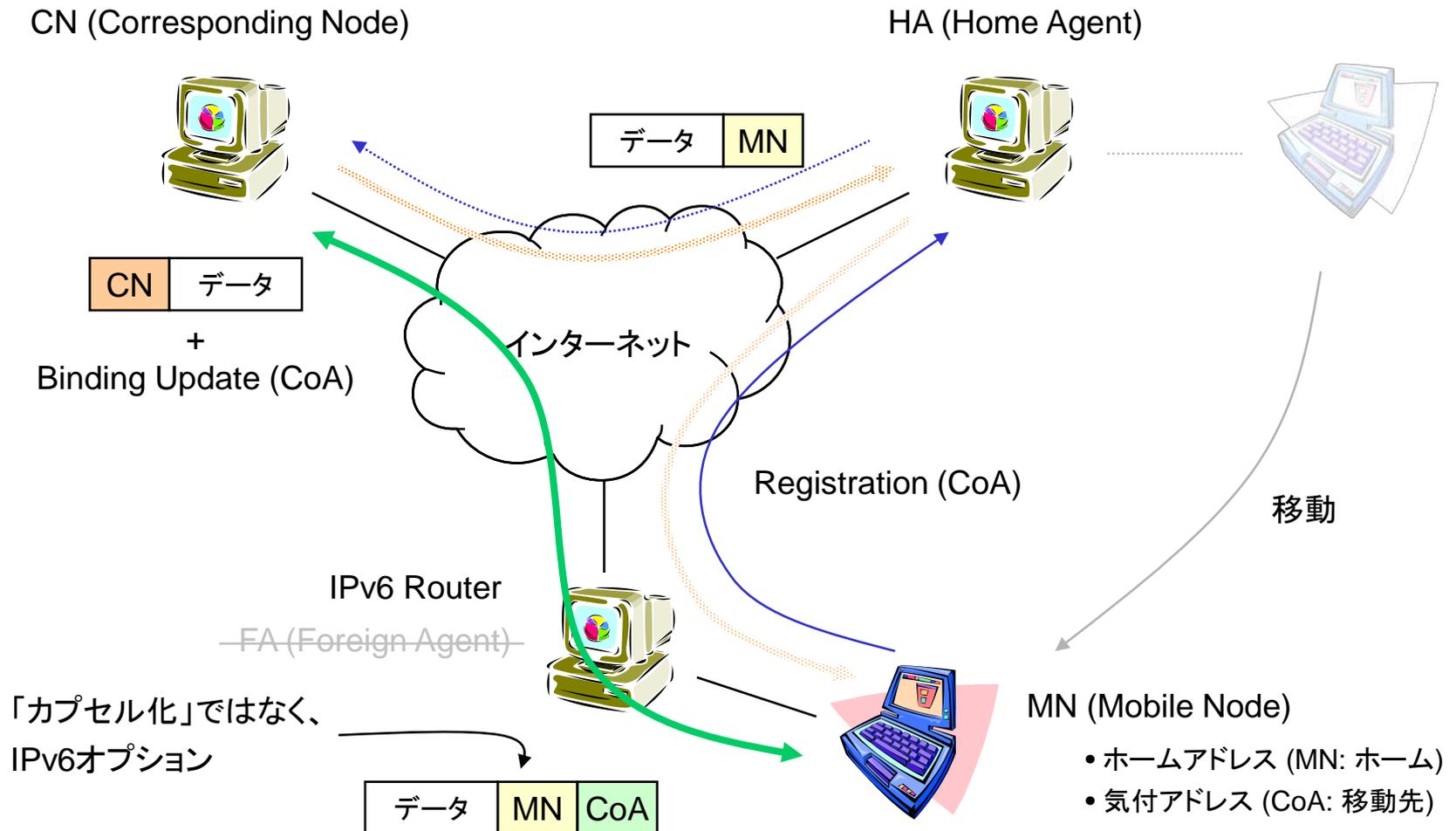
Bi-casting (Simultaneous Binding)



パケットロスの削減: HMIP との組み合わせも可能 (CN を MAP に置き換える)

Mobile IP (8)

• Mobile IPv6 (データ & 制御)



Mobile IP (9)

• Mobile IPv6 (定義と手順)

IPv4 との違い:

FA の廃止: IPv6 Stateless Address Autoconfiguration

Home Address Option: MN は発信元アドレスを CoA として送信

Destination Option: Binding Update をデータパケットに乗せられる

⇒ Route Optimization を (MIP拡張ではなく) IPv6 としてサポート

MIPv6 の手順:

MN が CoA を取得する (Stateless Address Autoconfiguration)。

MN が HA に CoA を登録する (MIP Registration)。

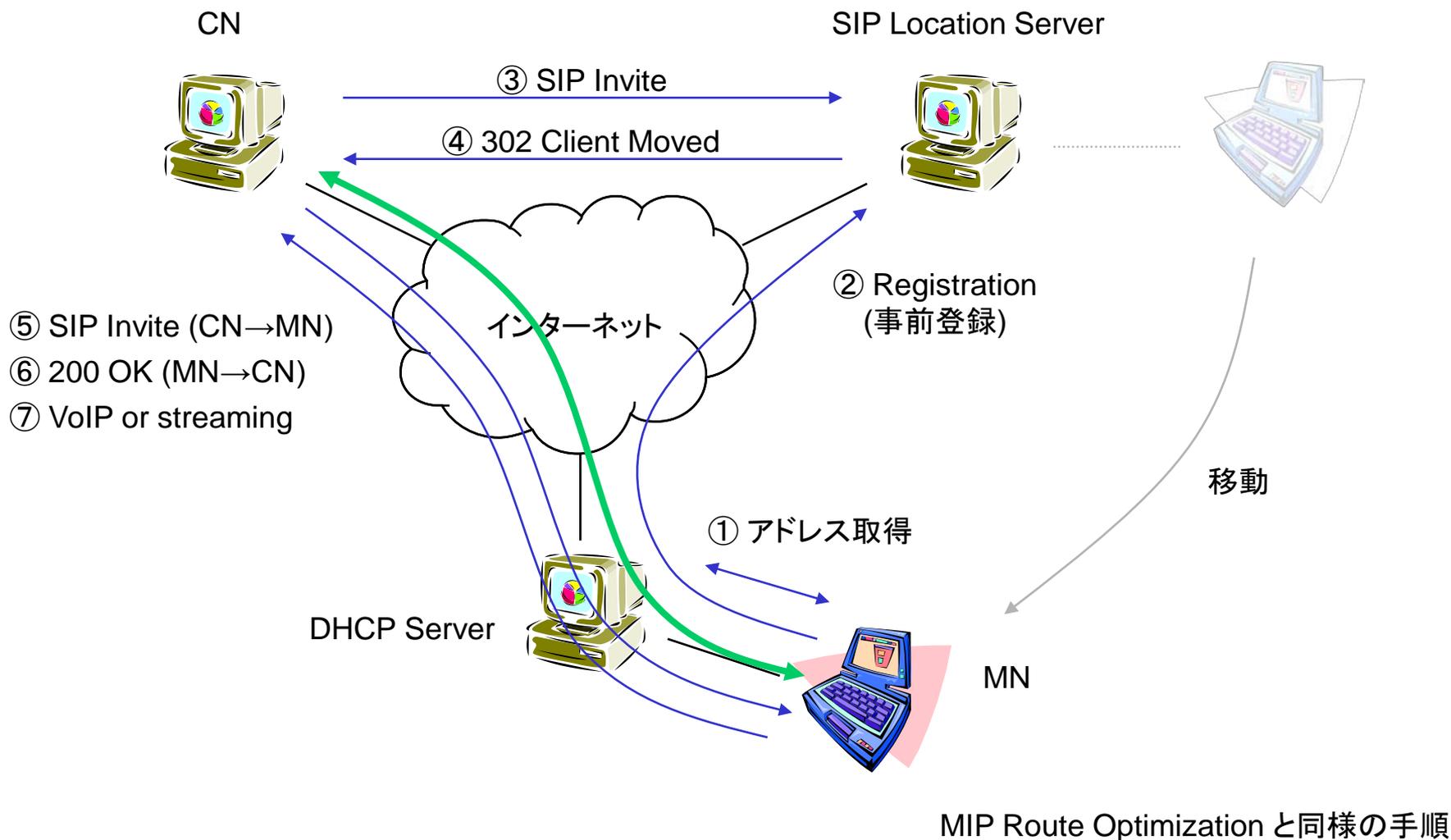
CN からのパケットが、HA からカプセル化されて MN に転送。

MN は、Binding Update を乗せて、CN にパケットを送信。

以降、MN と CN は、HA を介さずにパケットを送受信。

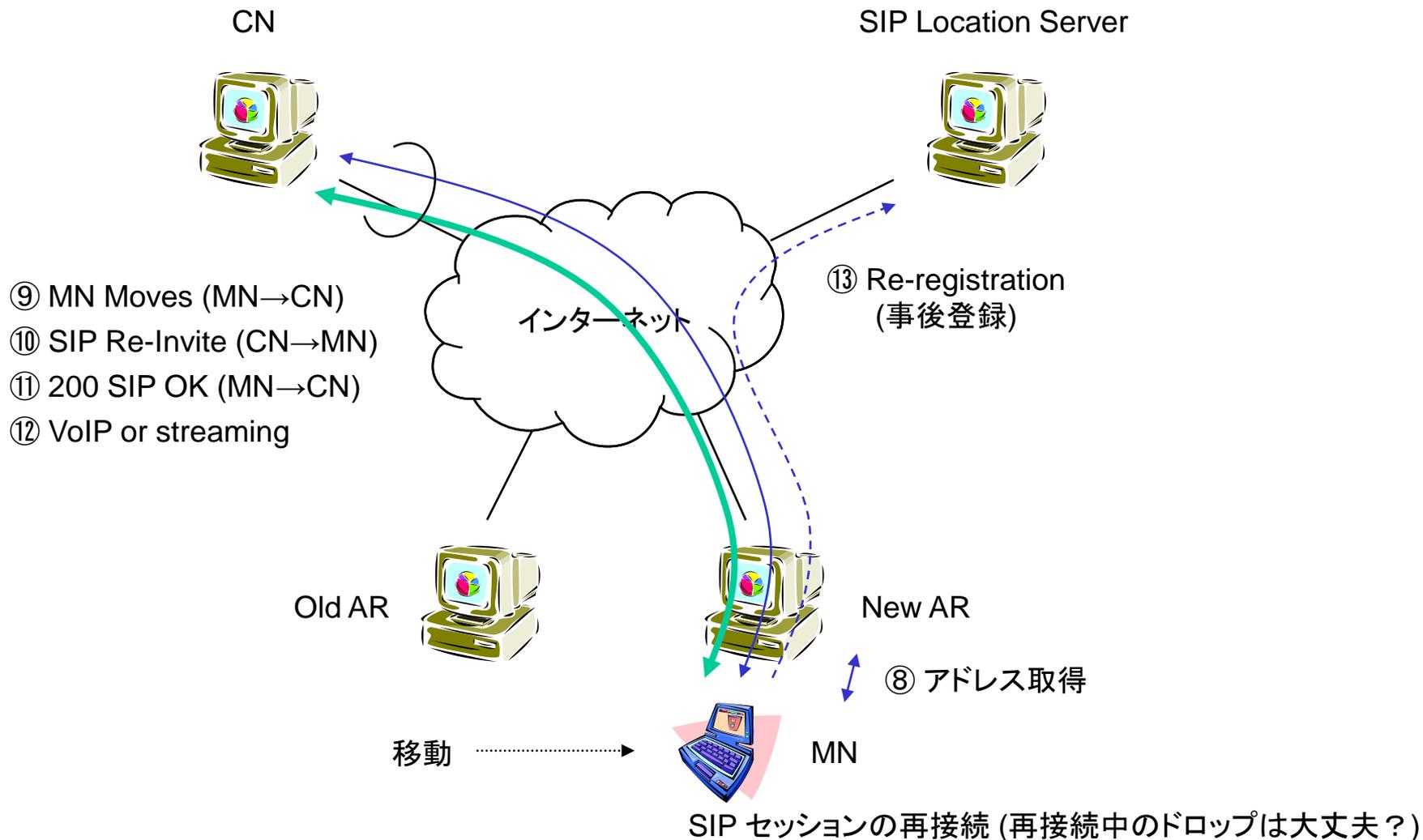
SIPモビリティ (1)

• プレコール・モビリティ: セッション前



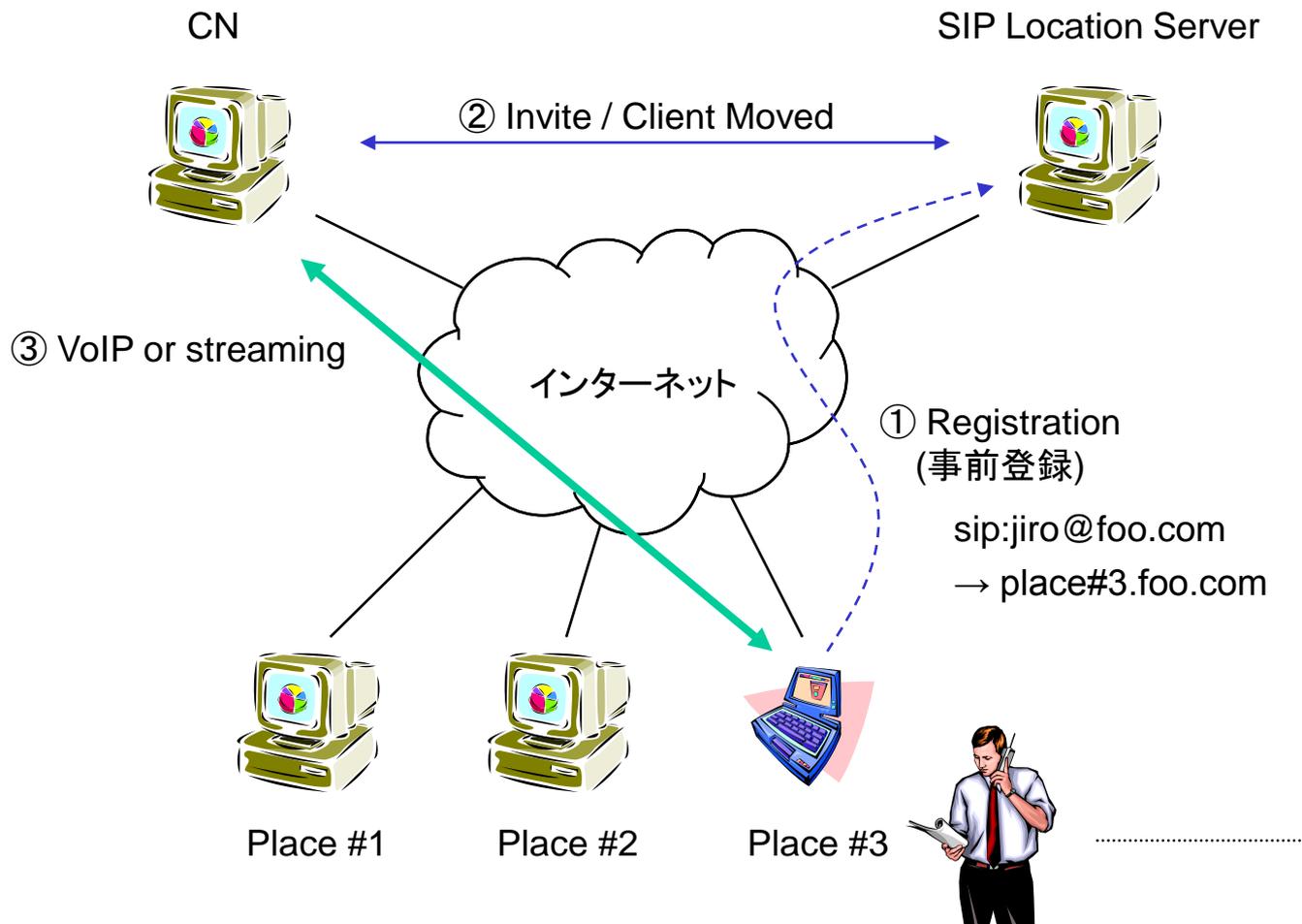
SIPモビリティ (2)

• ミッドコール・モビリティ: セッション中



SIPモビリティ (3)

• パーソナルモビリティ



「端末」ではなく、「人」に合わせたモビリティ

MIP Mobility vs. SIP Mobility

	Mobile IP	SIP Mobility
移動の単位	端末 (IP アドレス)	ユーザ (SIP URL)
レイヤ	L3	L7
三角経路問題	あり (MIPv4) 【対策】 (1) Route Optimization (MIPv4) (2) MIPv6	なし
ハンドオフ対策	HA への再登録 遅延要因： アドレス取得遅延+HA までのラウンドトリップ遅延 【対策】 (1) Hierarchical MIP (localization) (2) バッファリング (loss reduction) (3) バイキャストイング (loss reduction)	Location Server への再登録 遅延要因： アドレス取得遅延+Location Server までのラウンドトリップ遅延

IEEE 802.11

- 802.11e (WiFi Multimedia)

IEEE 802.11

- 無線LAN

	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
Standard Approved	Sept. 1999	Sept. 1999	June 2003	Nov. 2009
Available Bandwidth	83.5 MHz	580 MHz	83.5 MHz	83.5/580 MHz
Frequency Band of Operation	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4/5 GHz
# Non-Overlapping Channels (US)	3	24	3	3/24
Data Rate per Channel	1 – 11 Mbps	6 – 54 Mbps	1 – 54 Mbps	1 – 600 Mbps
Modulation Type	DSSS, CCK	OFDM	DSSS, CCK, OFDM	DSSS, CCK, OFDM, MIMO

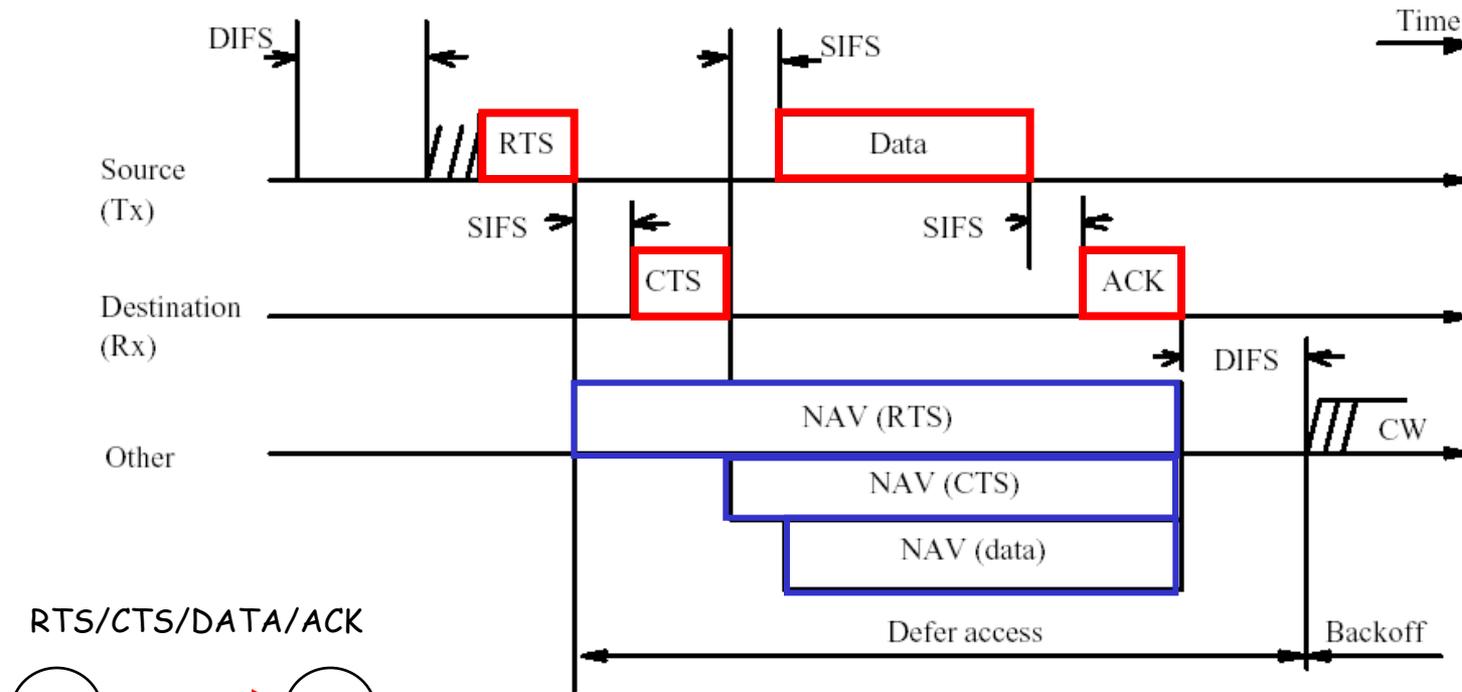
4ch, 64QAM, 5/6, 40MHz

想定アプリケーション

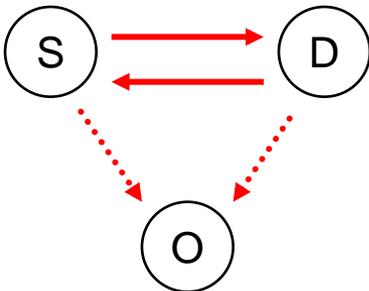
Applications and target markets		Transmission characteristics		
Application	Examples	Type	Rate	Duration/ volume
Audio/Video 1	HDTV and DV viewing for commercial & domestics use	Constant (low jitter)	27 Mbps	Hours
Audio/Video 2	SDTV viewing for commercial and domestic use	Constant (low jitter)	6 Mbps	Hours
Audio/Video 3	Video conferencing with VoIP	Constant (low jitter)	2 Mbps	< 1 hr
Interactive 1	Interactive gaming, Internet Browsing, Email	Variable	2 Mbps	1 hr
Interactive 2	VoIP, Internet gaming	Constant with intervals	.2 MB/s	1 min - 1 hr
Bulk transfer	Flash downloads file transfer, media transfer	Variable	30 Mbps	10 MB - 10 GB

IEEE 802.11 DCF

- **DCF: Distributed Coordinated Function**



RTS/CTS/DATA/ACK



RTS: RequestToSend
CTS: ClearToSend
NAV: Network Allocation Vectors
SIFS: Short Inter-Frame Space
DIFS: Distributed Inter-Frame Space

QoS擴張

- Service Differentiation

Single Priority	DCF	parameter differentiation (contention window, DIFS, packet length, etc..)
		DFS (distributed fair scheduling)
		VMAC (virtual MAC)
	PCF	priority queueing
Multiple Priorities	DCF	EDCA (Enhanced DCF Access)
	PCF	HCCA (HCF Controlled Channel Access)

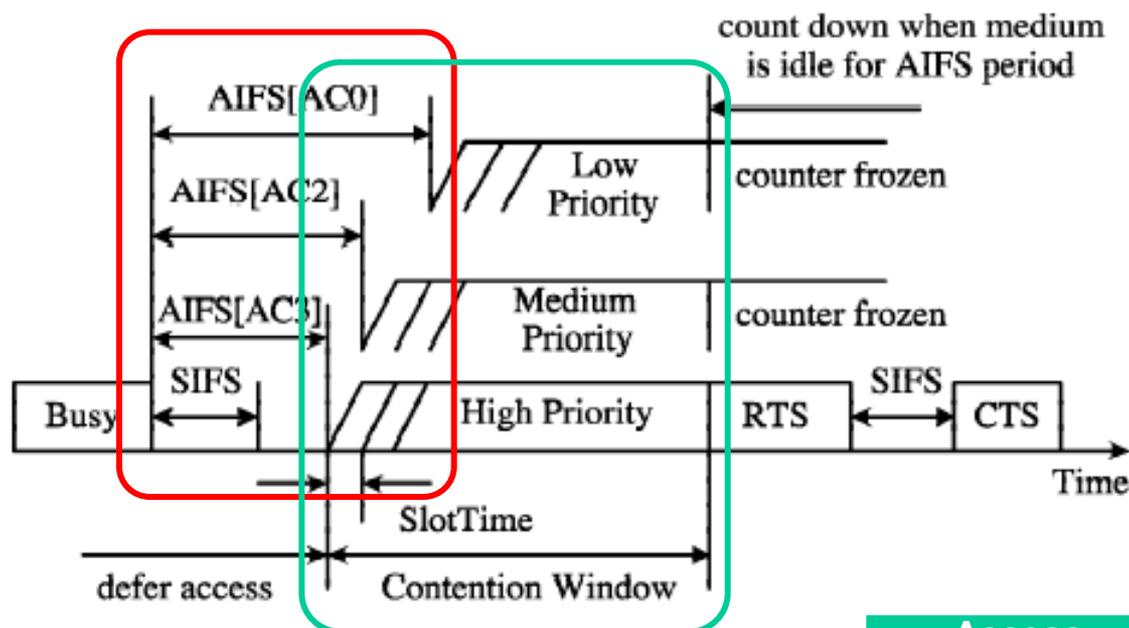
IEEE 802.11e



IEEE 802.11 EDCF (1)

• EDCF: Enhanced Distributed Coordinated Function

サービス毎に異なるバックオフ時間の設定による差別化



パラメータの設定例

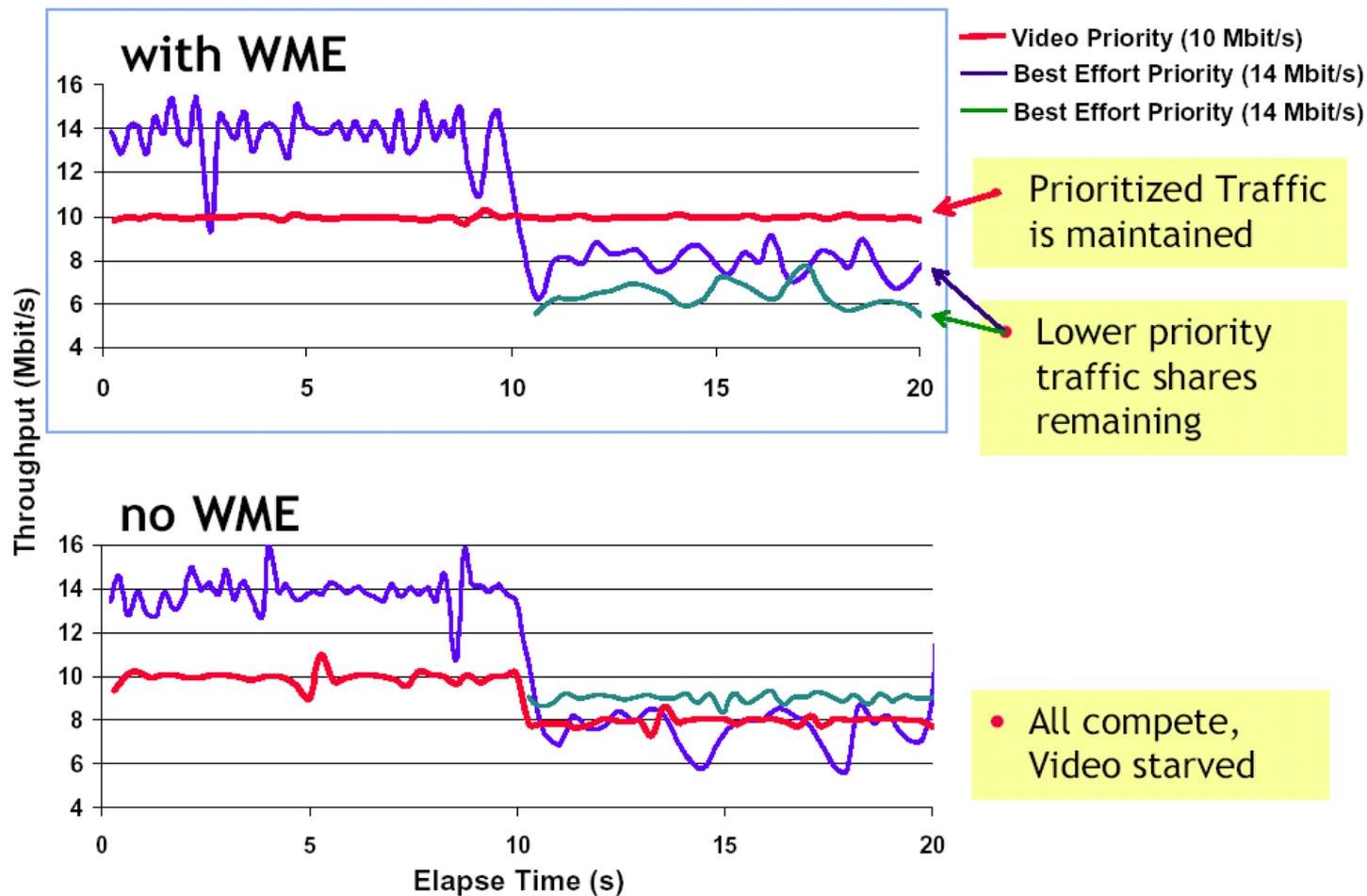
AC: Access Categories
AIFS: Arbitration Inter-Frame Space
CW: Contention Window

Access Category	AIFS	CW
Voice	2	7-15
Video	2	15-31
Best Effort	3	31-1023
Back Ground	7	31-1023

IEEE 802.11 EDCF (2)

• 実験例

WME: WiFi Multimedia Extension

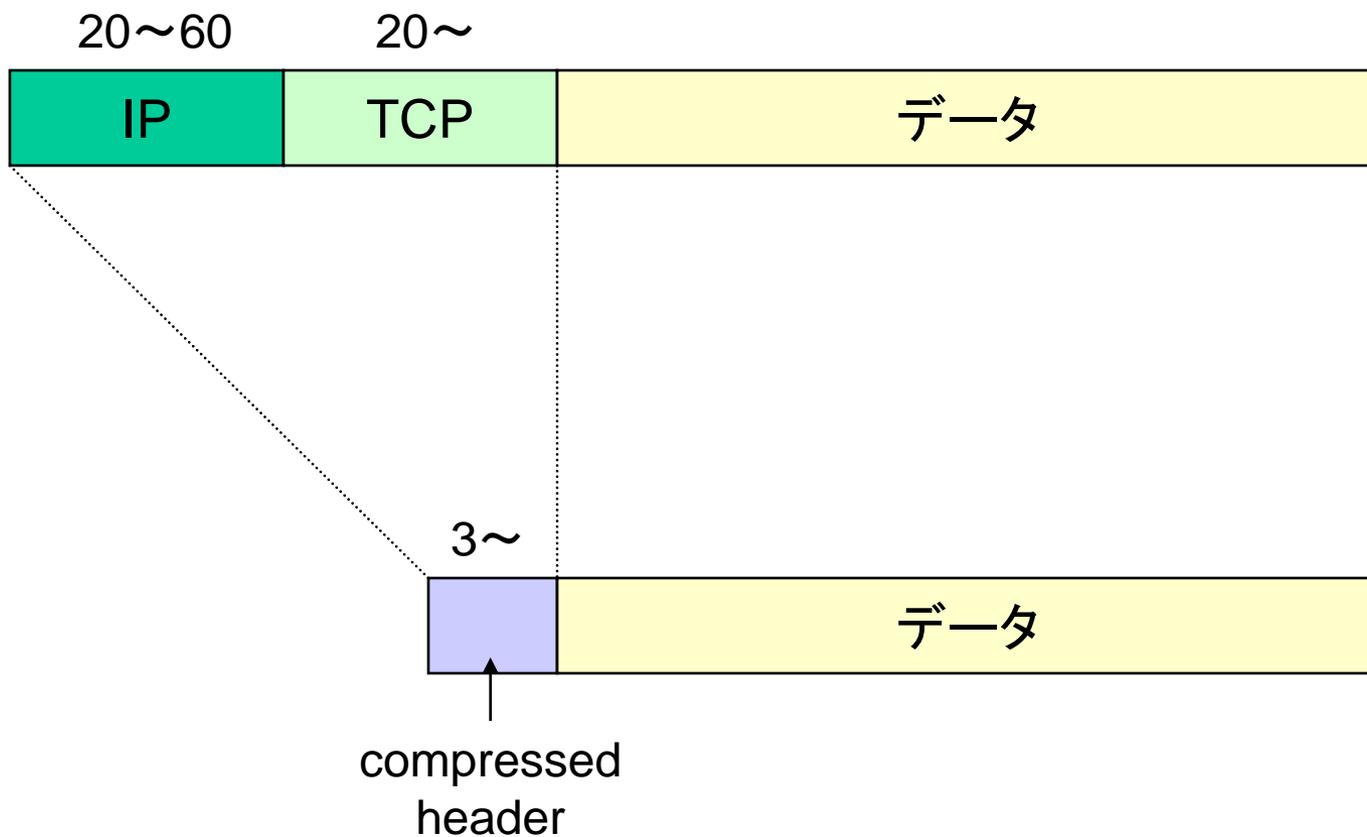


ヘッダ圧縮

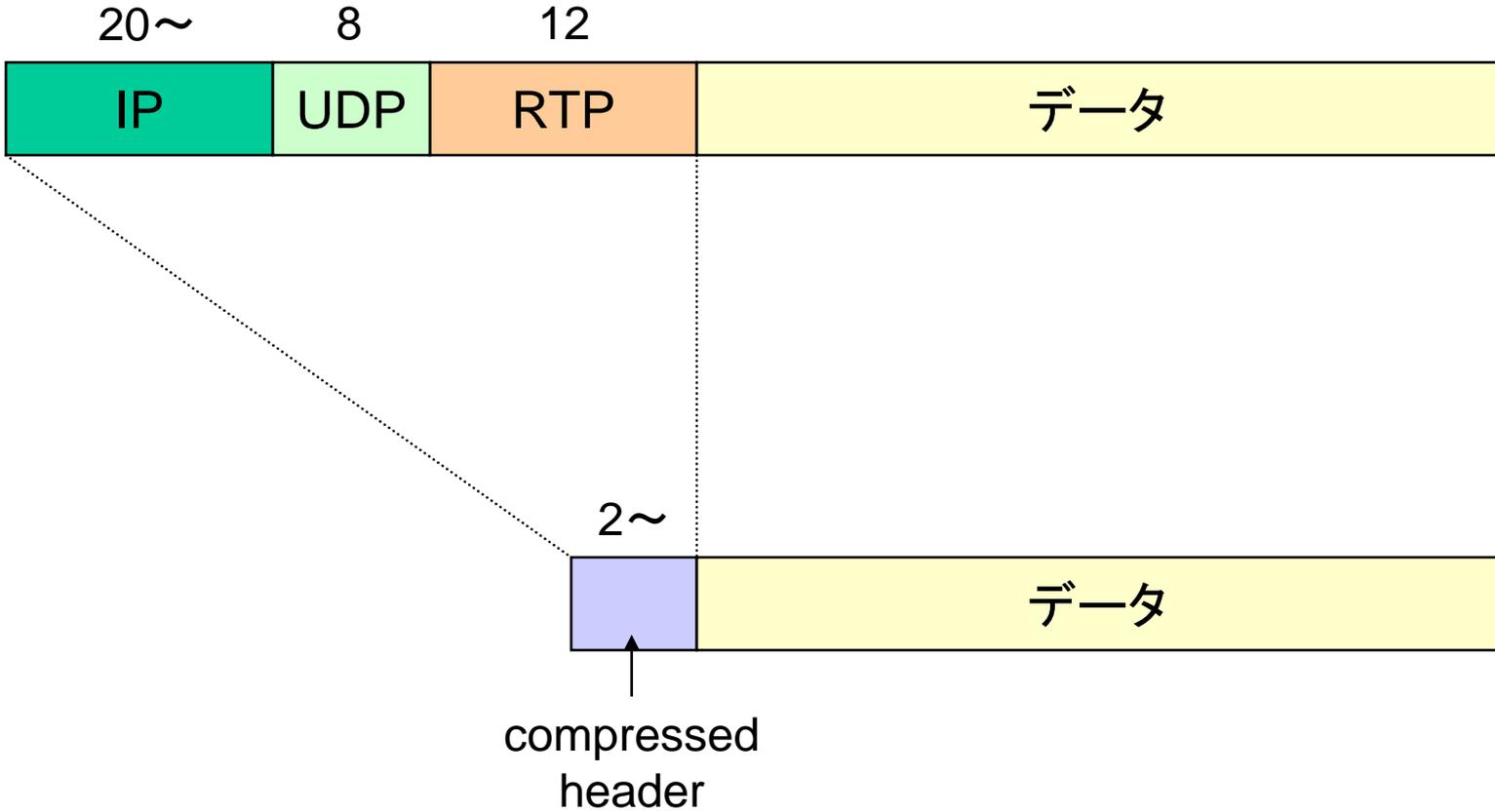
- RFC 2508: Compressing IP/UDP/RTP Headers for Low Speed Serial Links
- RFC 3095: Robust Header Compression

(参考) TCP/IP Header Compression

RFC 1144



IP/UDP/RTP Header Compression (CRTP)

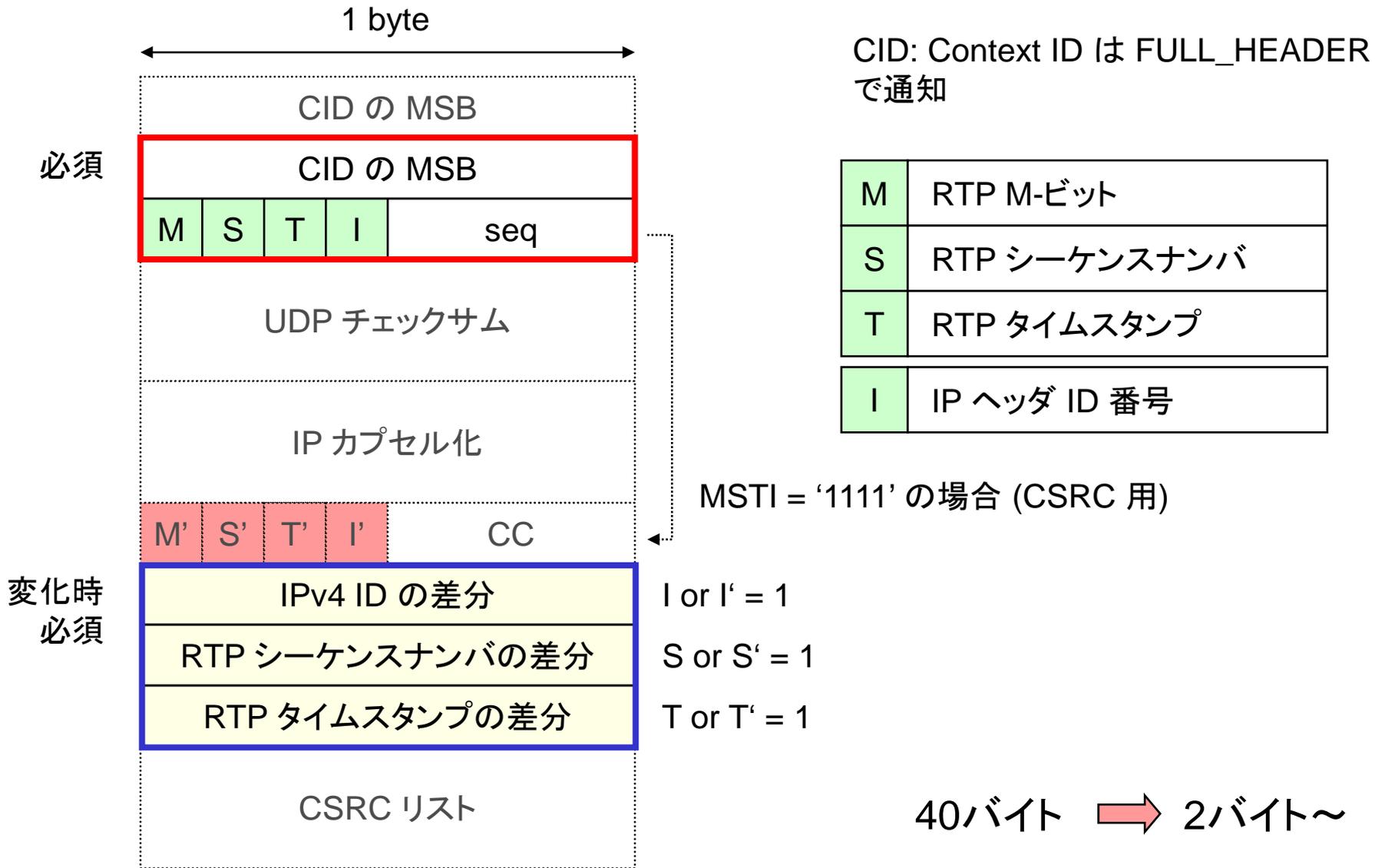


(COMPRESSED_RTP)

CRTPの圧縮モード

	IP	UDP	RTP
FULL_HEADER	無圧縮 (状態初期化)		
COMPRESSED_RTP	圧縮 (2バイト~)		
COMPRESSED_UDP	圧縮		無圧縮 (状態初期化)
CONTEXT_STATE	エラー通知用 (フィードバック)		
COMPRESSED_NON_TCP	RFC 2507 (IP Header Compression)		無圧縮

COMPRESSED RTP



ROHC (Robust Header Compression)

• CRTPの欠点

CRTP は、もともとダイヤルアップ回線のような有線系を想定している。

⇒ 無線リンクのような誤り率や遅延の大きい系は想定外。

⇒ パケット廃棄が頻発すると、正しく復号できない (同期はずれの) 状態が継続。さらに、パケット廃棄のたびに CONTEXT_STATE パケット (初期化要求パケット) が返され、リンクを圧迫。



ROHC (Robust Header Compression)

(1) 無線リンクの通信状況に応じて動的に「状態」を切り替え、もっとも適切なヘッダ圧縮手段を適応的に選択する方式。

(2) はじめはセルラー網 (2.5G/3G 網) 上の VoIP を想定していたが、最近では、無線 LAN 上の VoIP (VoWLAN) への適用例も報告。

ROHC のフィールド分類

• IP/UDP/RTP ヘッダの各フィールドのクラス分類

INFERED: 他のフィールドから推測可能な値

(例: ペイロード長)

STATIC: セッション中に変化しない値

(例: バージョン番号)

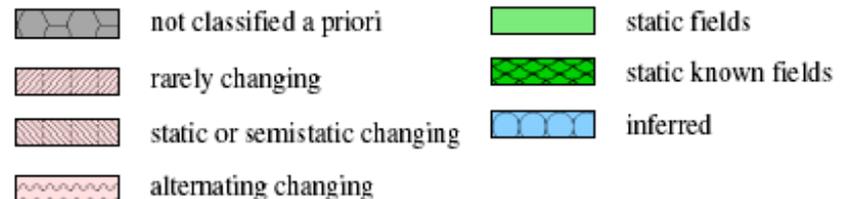
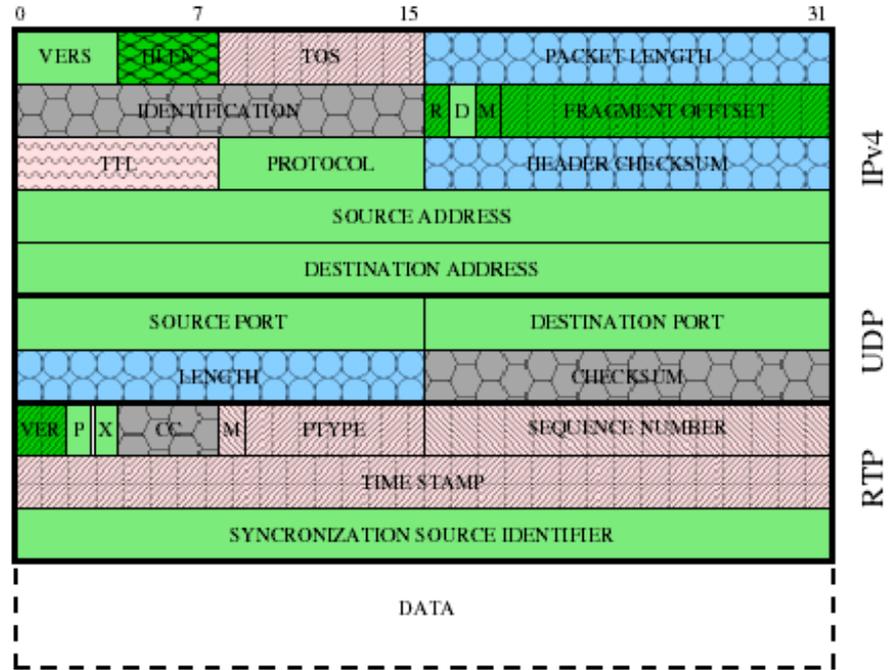
STATIC-DEF: パケット定義 Static フィールド

(IP アドレスとポート番号)

STATIC-KNOWN: 通知不要 Static フィールド

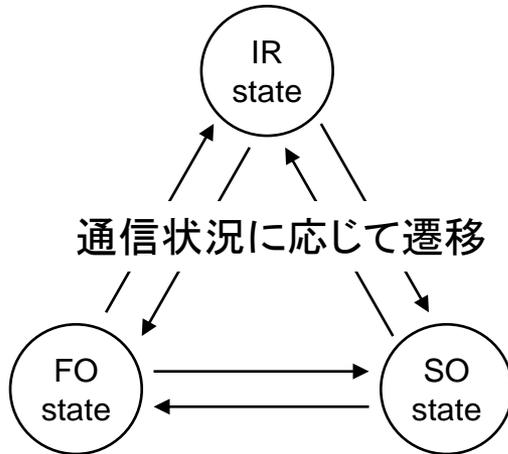
CHANGING: 頻繁に変化する Dynamic フィールド

(例: シーケンスナンバ、タイムスタンプ、Mビット等)



ROHC の状態遷移 (1)

• 送信側の状態遷移

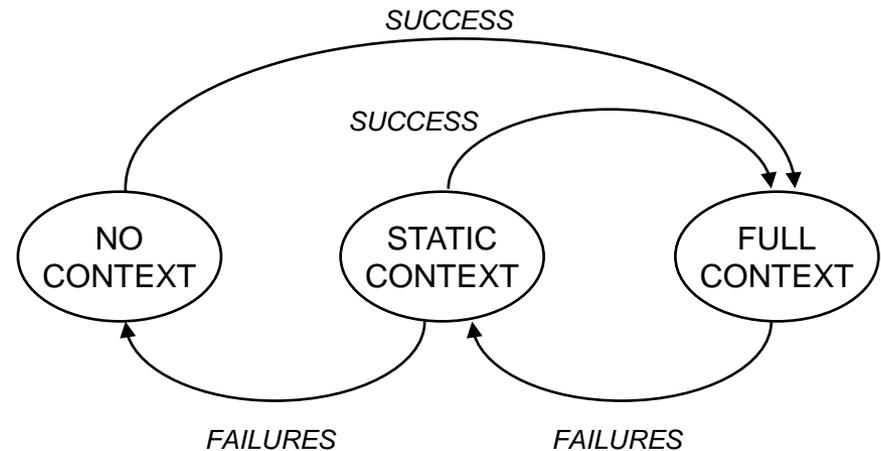


IR: Initialization & Refresh (初期化)
⇒ すべてのフィールド情報を送信

FO: First Order (遷移)
⇒ Dynamic フィールドのみ更新

SO: Second Order (安定)
⇒ 最小フィールドのみ更新

• 受信側の状態遷移



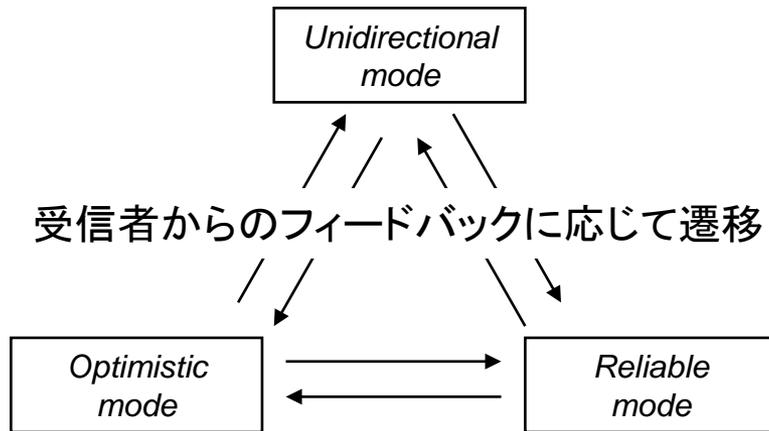
NC: No Context (初期化)
⇒ 有効なヘッダ情報なし

SC: Static Context (遷移)
⇒ Dynamic フィールドの更新が必要

FC: Full Context (安定)
⇒ すべてのフィールド情報を正しく復号

ROHC の状態遷移 (2)

• 転送モードの遷移



Unidirectional mode

⇒ セッション開始時 & 片方向セッション

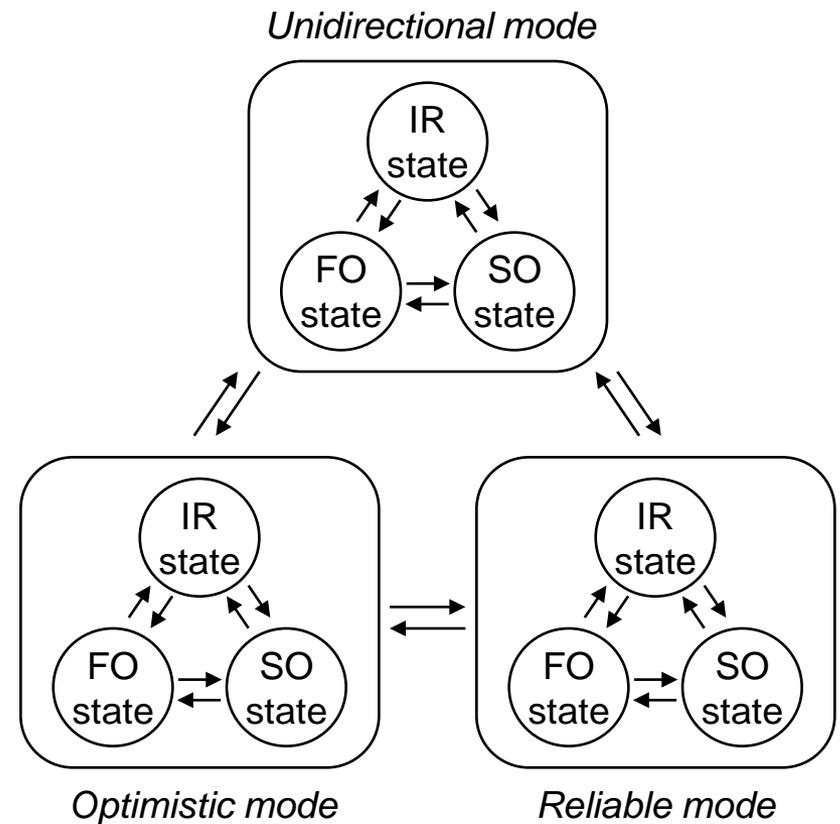
Optimistic mode

⇒ 両方向セッション、消極的なフィードバック

Reliable mode

⇒ 両方向セッション、積極的なフィードバック

• 送信側の状態とモードの遷移



ROHCのヘッダ圧縮

- 各フィールドの動作分析と予測に基づく符号化

各フィールドの取りうる値の分析に基づき、できる限り、過去に符号化した値 (参照値) からフィールド値を予測 (暗示的にパケットタイプで更新通知)。値を明示的に送信する場合は、下記的方式に従って符号化実行。



Window based LSB encoding:

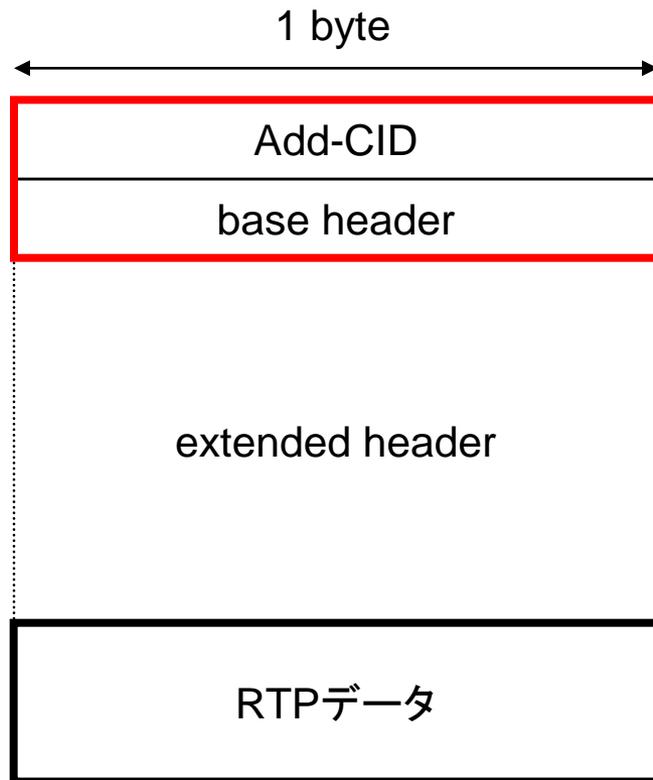
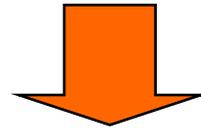
フィールドの取りうる値のレンジに応じて使用するビット数を決め (LSB encoding)、過去に符号化した複数個の値から動的にウィンドウを更新し、ウィンドウ内最小値に対するオフセット値として送信フィールド値を符号化。

Self describing variable length value:

先頭ビットを 0、10、110、111 のいずれかにすることで符号化ビット数を確定し (順に 7、14、21、29 ビット)、送信フィールド値を符号なし整数として符号化。

ROHCのパケットフォーマット

- 「状態」と「モード」に応じて、非常に多数の「パケットタイプ」を定義



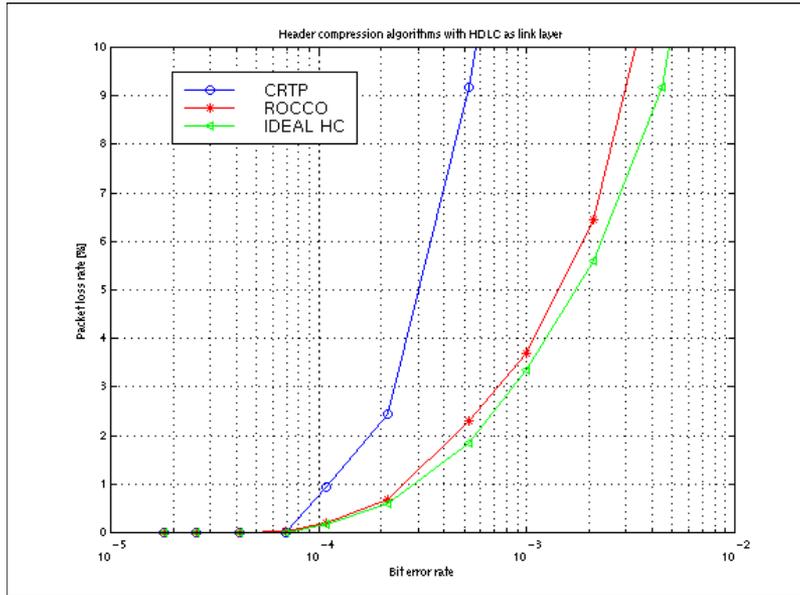
CID: 初期化時に通知される識別ID

base header: パケットタイプの識別と、パケットタイプに応じた dynamic フィールドの更新通知

extended header: パケットタイプに応じて追加されるヘッダ

ROHCの特性評価例

• パケットロス率

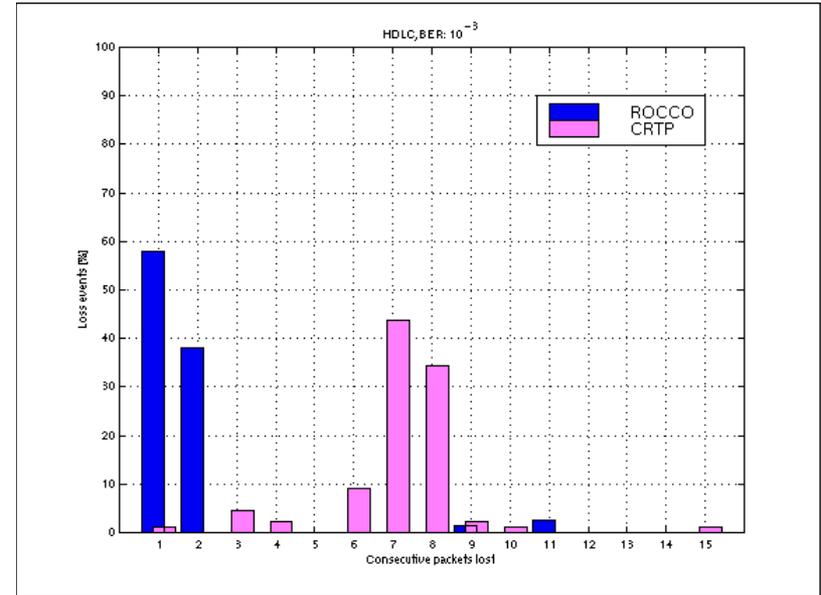


横軸: ビットエラー率 (BER)

縦軸: パケットロス率 (PER)

⇒ ROHC は CRTP よりも理想値に近い振る舞い

• バースト廃棄の分布



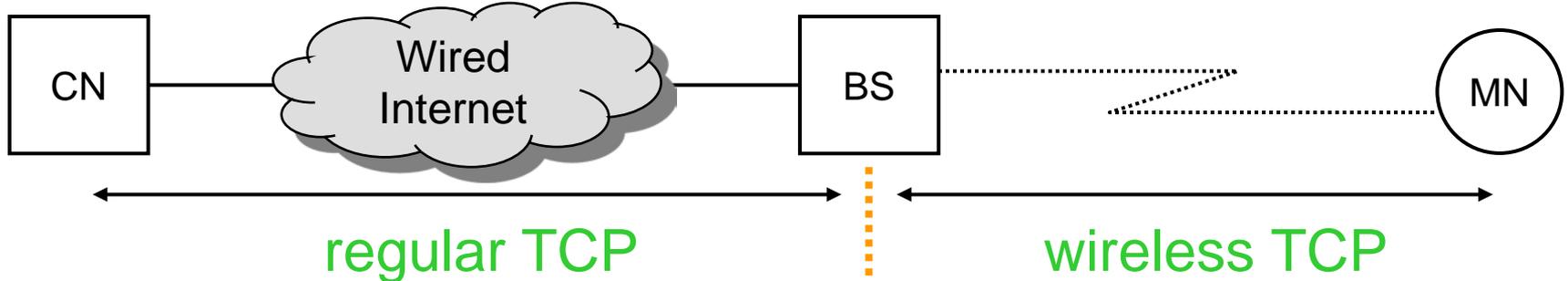
横軸: パケットの連続廃棄数

縦軸: 頻度

⇒ ROHC は CRTP よりもバースト廃棄が少ない

ワイヤレスTCP

1. Split Connection



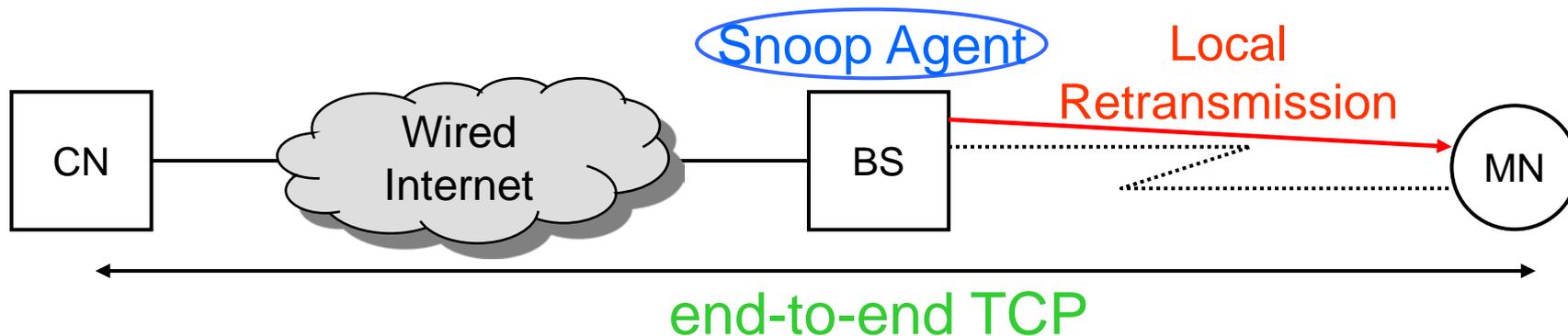
無線リンク上の伝送エラーを有線リンクに伝搬しない

基地局 (BS) の負荷が大きい

TCPのエンドエンドセマンティクスを壊す

暗号化されたIPパケットを扱えない

2. Proxy



無線リンク上で局所的に再送する (別コネクションではない)

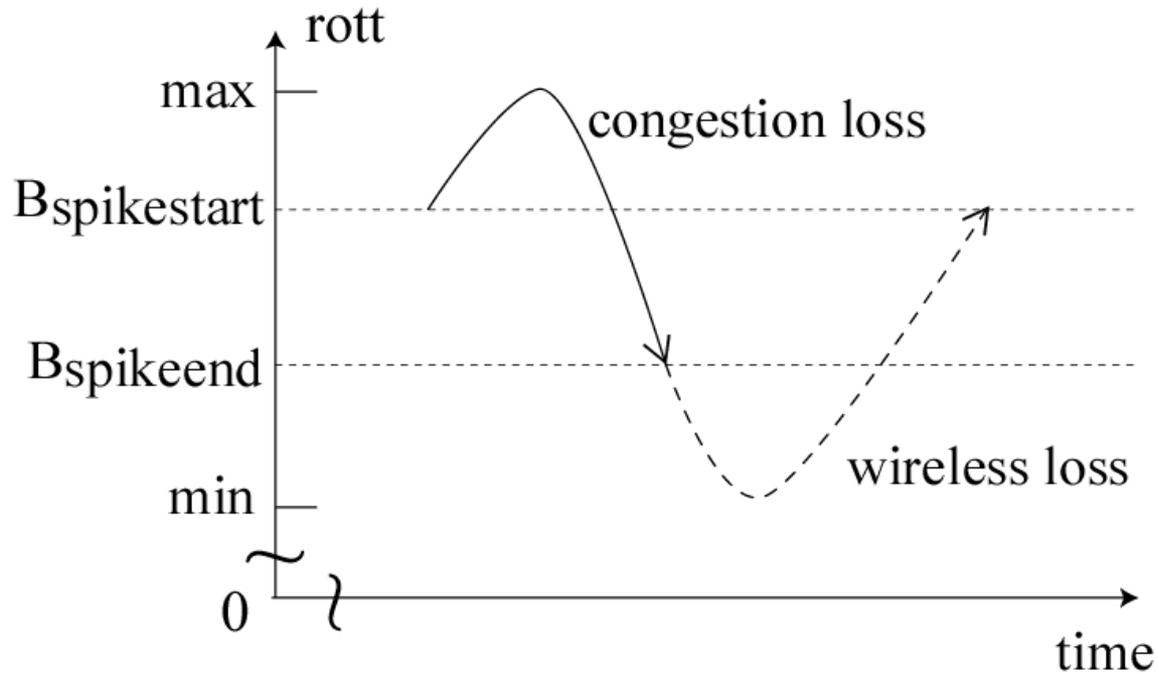
基地局 (BS) の負荷が大きい

TCPのエンドエンドセマンティクスを壊す

暗号化されたIPパケットを扱えない

3. LDA (Loss Differentiation)

- Spikeアルゴリズム
 - 片方向伝播遅延時間によって輻輳かどうかを判別



FAST TCP

FASTのウィンドウ更新式

$$cwnd = \min \left\{ 2 \cdot cwnd, (1 - \gamma) \cdot cwnd + \gamma \cdot \left(\frac{RTT_{\min}}{RTT(t)} \cdot cwnd + \alpha \right) \right\}$$

貯めておきたいパケット数



$$cwnd = cwnd + \gamma \cdot (\alpha - x(t) \cdot q(t))$$

$$\begin{cases} RTT(t) = RTT_{\min} + q(t) \\ x(t) = cwnd * RTT(t) \end{cases}$$

rate queuing delay

実際に貯まるパケット数

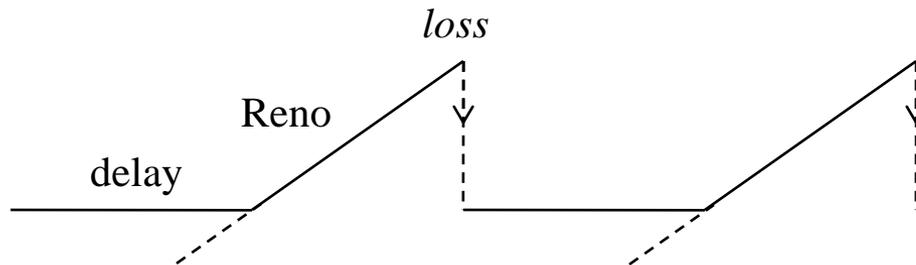
Vegasの別表現

$$cwnd = cwnd + \frac{1}{RTT} \cdot \overset{-1, 0, +1}{\text{sign}(\alpha - x(t) \cdot q(t))}$$

ハイブリッドTCP

ウィンドウ更新式の例

$$\left\{ \begin{array}{l} cwnd_{reno} = cwnd_{reno} + 1 / cwnd_{reno} \\ cwnd_{delay} = \begin{cases} cwnd_{delay} + \beta / cwnd_{delay} & (\text{if } diff < \alpha) \\ cwnd_{delay} - \gamma / cwnd_{delay} & (\text{if } diff > \alpha) \\ cwnd_{delay} & (\text{otherwise}) \end{cases} \\ cwnd_{new} = \max(cwnd_{reno}, cwnd_{delay}) \end{array} \right.$$

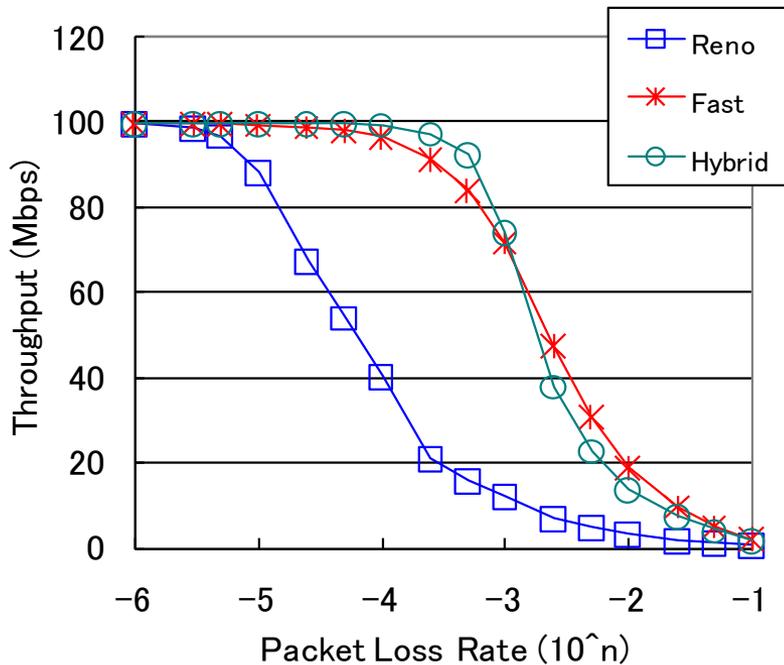


特性比較

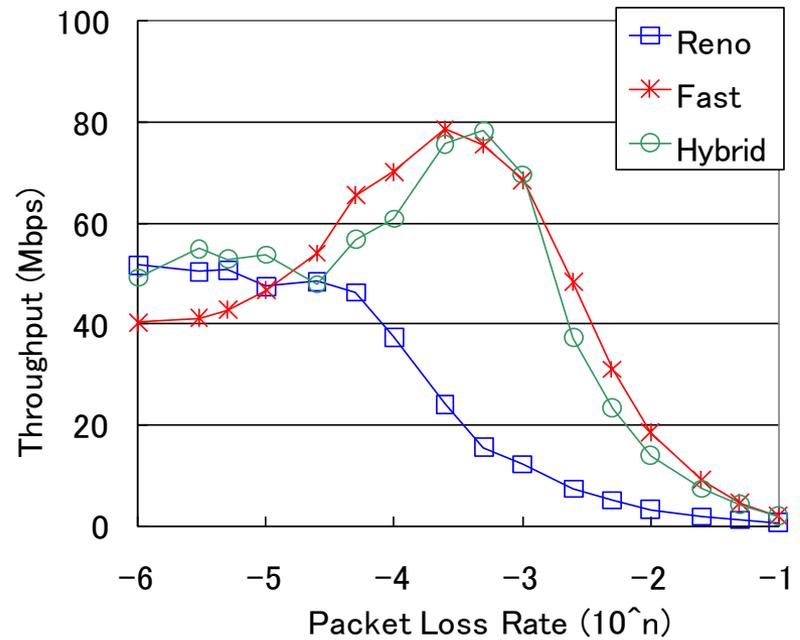
帯域幅100Mb/s

RTT = 40ms

単独フローの packet loss rate・スループット特性



別のRenoフローと競合時の packet loss rate・スループット特性



※ ただし、リンク層再送、無線干渉は無視