

Cisco Plus
Japan

Cisco TelePresence / Video テクノロジー 解説

シスコシステムズ合同会社
ソリューションズ システムズ エンジニアリング
コンサルティング システムズ エンジニア
高田 和夫



はじめに

- 本セッションでは、Cisco TelePresence / Video ソリューションで利用しているビデオの技術、ビデオトラフィックを IP ネットワークで伝送する基礎技術、考慮点についての解説を行います。
- また、マルチ・スクリーンを中心としたテレプレゼンスの相互接続技術である Telepresence Interoperability Protocol に関する解説も行います。
- これらの構成要素、技術、特性などをご理解頂き、IP ネットワーク上でのビデオを含めたコラボレーション・システムの構築・展開の一助になれば幸いです。

アジェンダ

- Cisco TelePresence ソリューション・製品概要
- Video Fundamentals (ビデオの基礎)
- ビデオネットワークへの要件
- ビデオ品質の確保 - Quality of Service (QoS)
- メディア レジリエンス (メディアの回復能力)
- 相互接続 (Telepresence Interoperability Protocol)

A red triangle is located in the top-left corner, and a large orange-to-yellow gradient shape is in the bottom-left corner.

Cisco TelePresence

ソリューション・製品概要

イントロダクション

ビデオ コラボレーションの統合

PCベース
ビデオ端末



Web コラボレーション
& ビデオ



ビデオ会議



ビデオテレフォニー



テレプレゼンス

統合
ビデオ
コラボレーション

Time

Cisco ビデオ関連プロダクトの変遷

Cisco TelePresenceの誕生!



2004

2005

Oct. 2006

2008

TANDBERG

Is now a part of



2009

Apr. 2010

Now

イントロダクション

シスコビデオソリューション



クラウドサービス, SP サービス, インターネット



WebEx
ノード



メディア
サービス
(CUMP)



WebEx



CUBE



Gatekeeper



Unified CM



ゲートウェイ



マルチポイント
リソース
(CUPC, CUMP)



マルチポイント
リソース
(MP)



CUVA, CUPC,
Video IP Phones...



VCS-E



VCS-C



TMS



TCS



ゲートウェイ



マルチポイント
リソース
(MCU's, TS)



Movi, E20, EX series,
Profile series, C-series...



CUBE



CTS- Man



Unified CM



MXE



マルチポイント
リソース
(CTMS)



CTS-series

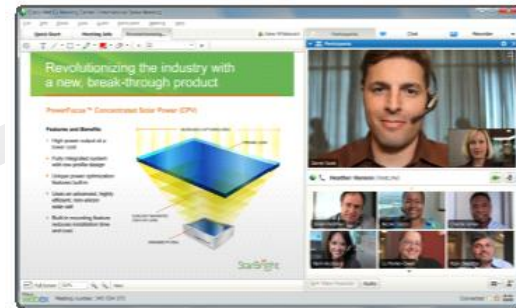
イントロダクション

Pervasive Video Collaboration

ビジネス タブレット



Web コラボレーション



ビジネス クライアント
個人向け TelePresence



ビデオは音声と同様に、
いつでも、どこでも使える便利な
コミュニケーション手段へ



多目的
TelePresence ルーム

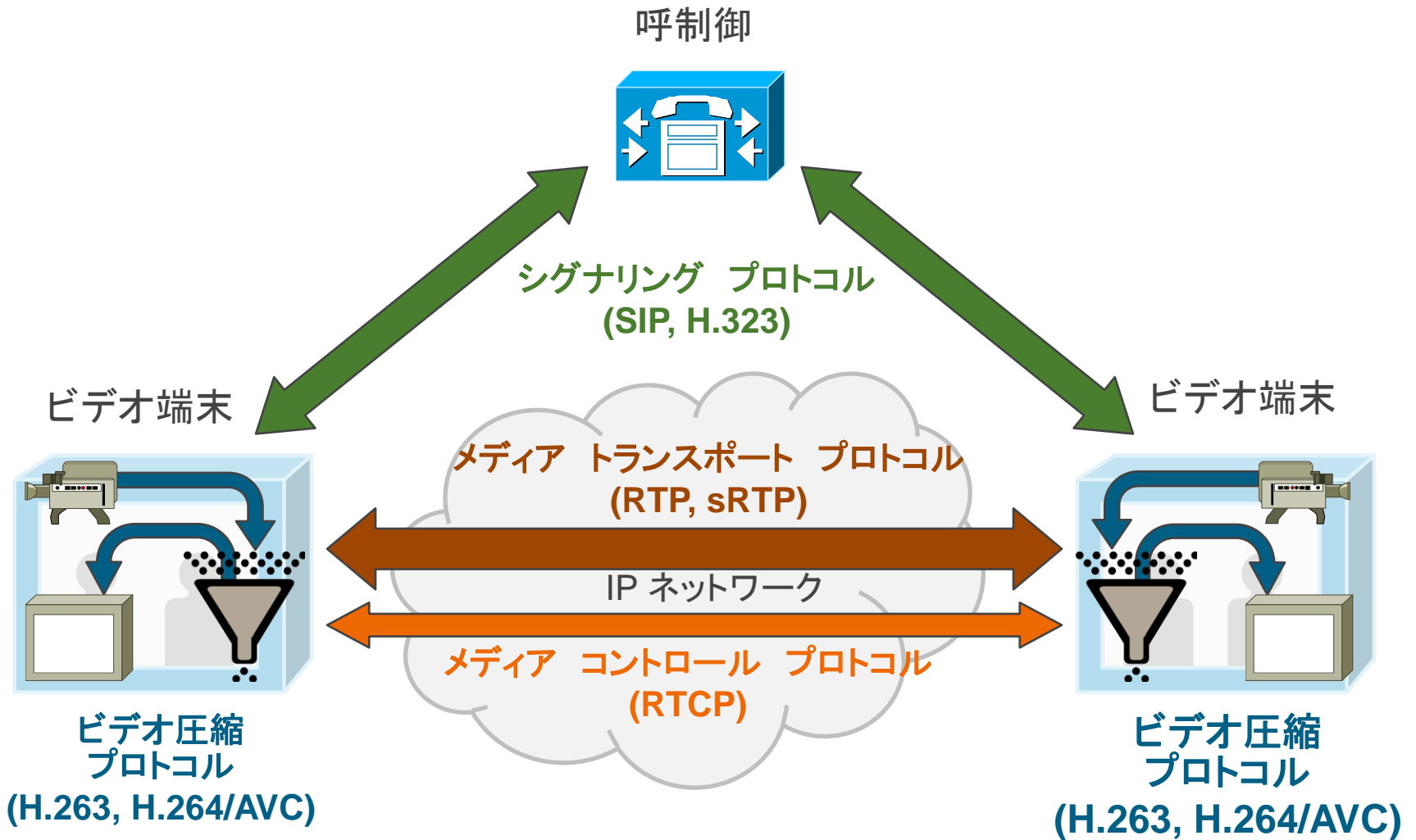
イマーシブ TelePresence

ビデオ イネーブル
コンテンツ・センター



Video Fundamentals (ビデオ基礎技術)

プロトコル & 標準



フレーム・タイプ



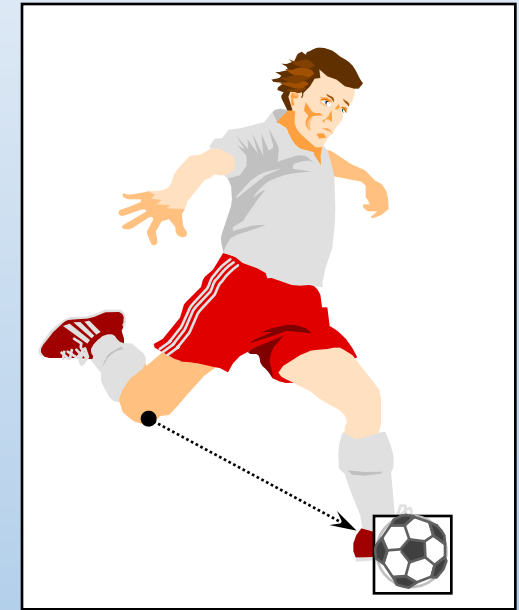
I (intra) Frame
イントラフレーム

完全な画像フレーム
デコードは単体で可能



B(i-directional) Frame
双方向予測インターフレーム

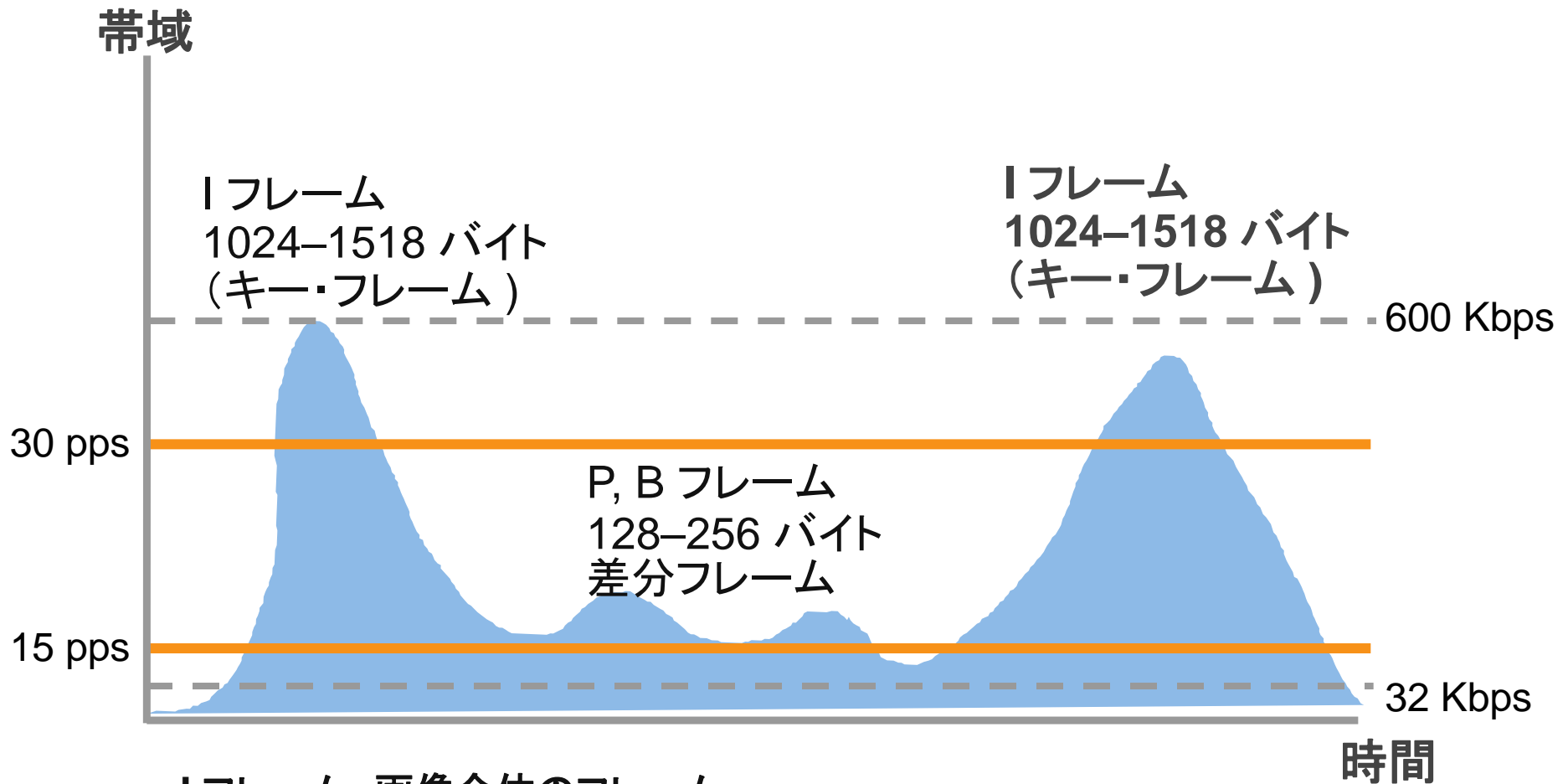
前方向、後方向、両方向予測
の何れかから符号化された
フレーム



Predictive (P) Frame
予測インターフレーム

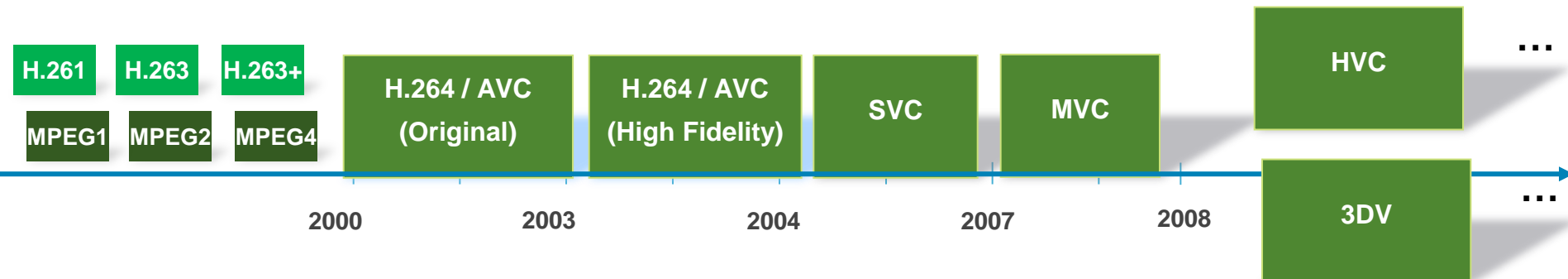
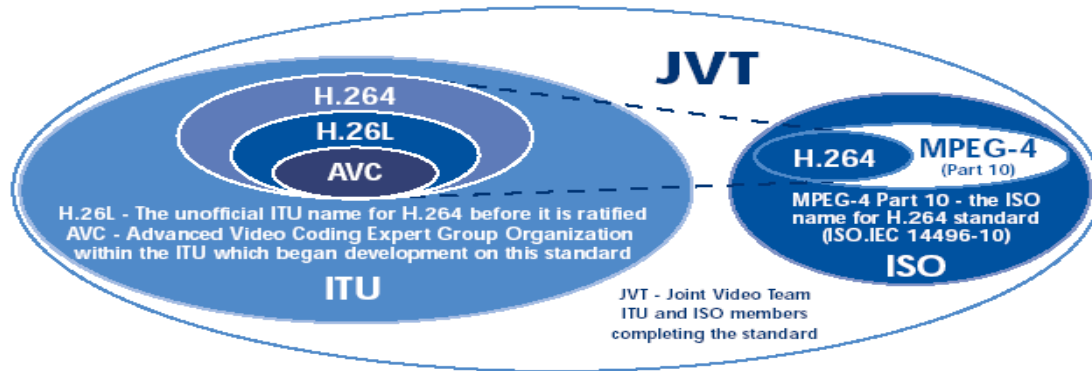
前方向予測から符号化された
フレーム

IP ビデオでのトラフィック パターン



- I フレーム 画像全体のフレーム
- P フレーム、B フレームは全体のフレームからの差分フレーム

H.264/AVC 標準



■ 主な利点:

MPEG-2や H.263 と比較して同等の品質で帯域を抑えることが可能。

低ビットレート、高ビットレートでの高品質ビデオ。

様々なタイプのコミュニケーション・ネットワークへ充分に適応。

H.264/AVC プロファイル

アプリケーション:
ストリーミングピクチャ

Extended Profile (拡張プロファイル)

Stream switching, B-pictures,
Weighted prediction, ...

Baseline Profile (基本プロファイル)

Arbitrary Slice Ordering
Flexible Macroblock Ordering
Redundant Slices

アプリケーション:
ビデオカンファレンシング
テレプレゼンス
ビデオテレフォニー
モバイルビデオ

Constrained Baseline Profile (制約基本プロファイル)

Motion Prediction: 7 block sizes, $\frac{1}{4}$ sample accuracy, multiple ref frames
Intra Prediction: 17 modes
Reversible transform & non-uniform quantization
Universal & Context Adaptive VLC (UVLC/CAVLC)
Loop (deblocking) filter

High 4:2:2 Profile

High 10 Profile

High Profile (ハイ・プロファイル)

8x8 Transform
Monochrome

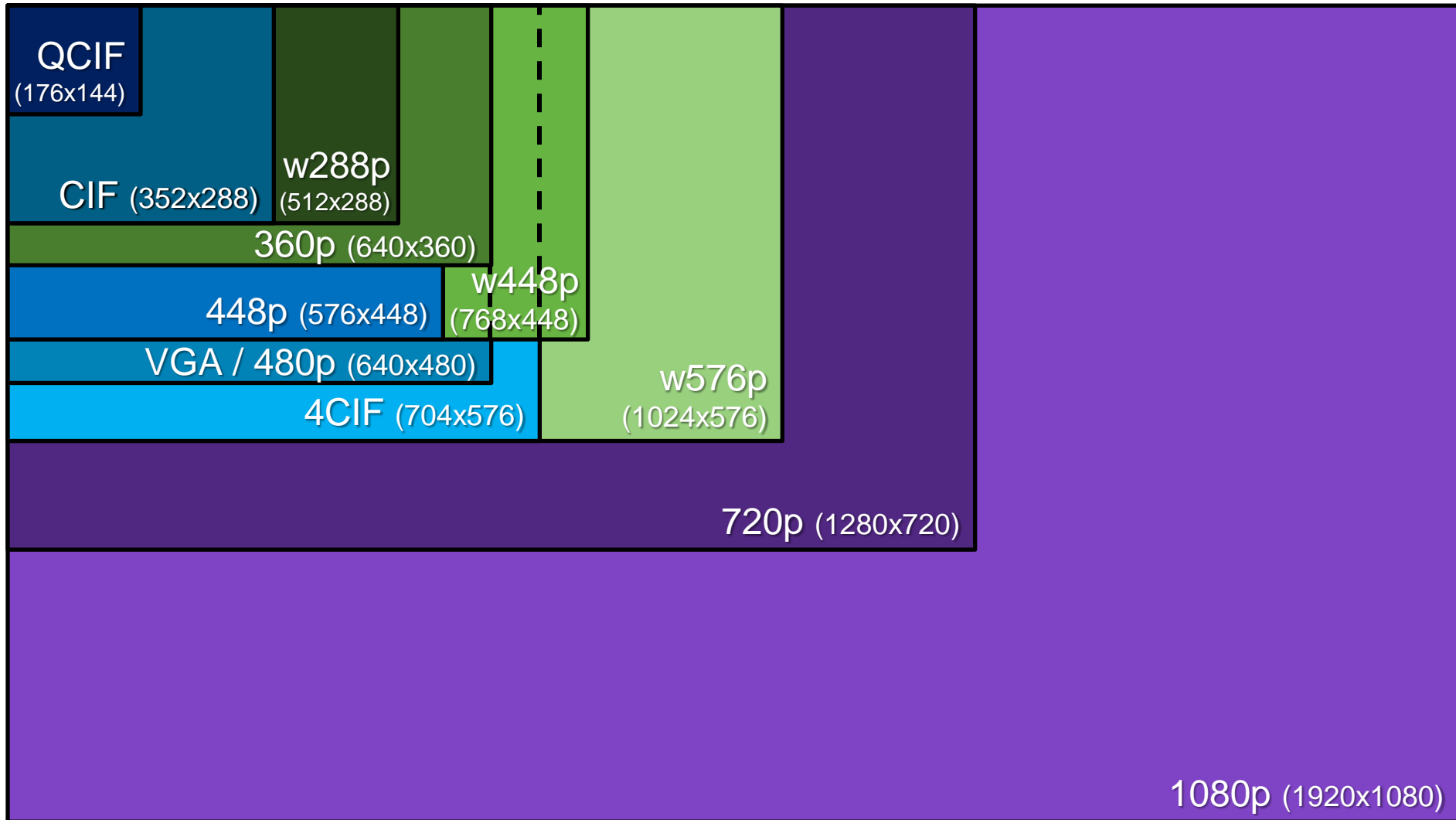
Main Profile (メイン・プロファイル)

Context Adaptive Binary
Arithmetic Coding (CABAC)
B-pictures
Weighted Prediction
Adaptive Frame/Field coding

アプリケーション:
HD TV
ディスク ストレージ
テレプレゼンス

アプリケーション:
SD TV
テレプレゼンス

主なビデオ解像度



主なビデオ解像度

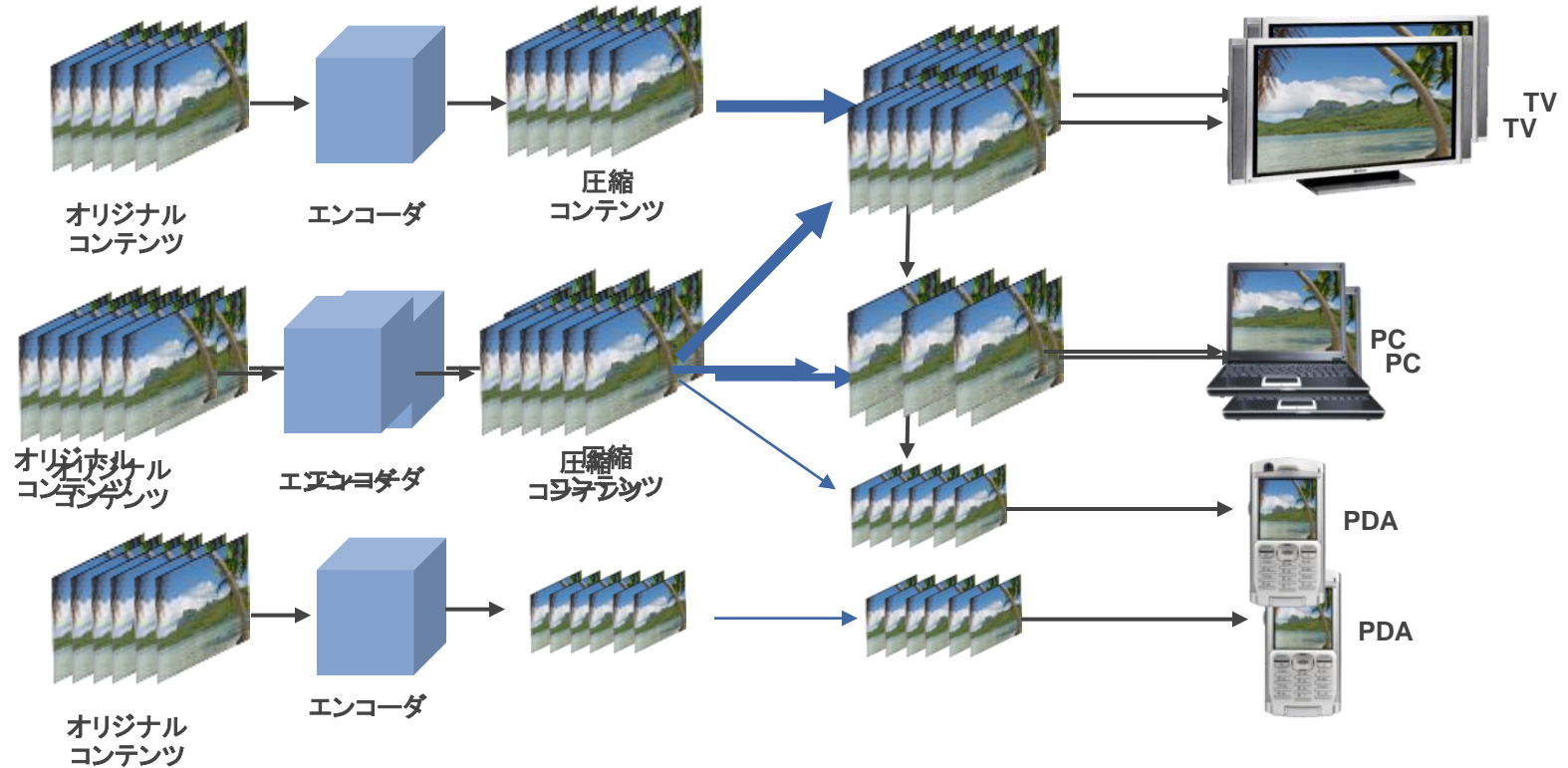
- ビデオ通話で使用される解像度は、メディアのネゴシエーション時、SIP/SDPやH.245を利用して、端末自身で処理出来る(デコード)能力を交換して決定。
- H.264では、この情報はProfile Levelの中にある。

```
Media Attribute (a): fmp:97 profile-level-id=42801E;packetization-mode=0;level-asymmetry-allowed=1
Media Attribute Fieldname: fmp
Media Format: 97 [H264]
Media format specific parameters: profile-level-id=42801E
Profile: 42801E
  0100 0010 = Profile_idc: Baseline profile (66)
  1... .... = Constraint_set0_flag: 1
  .0.. .... = Constraint_set1_flag: 0
  ..0. .... = Constraint_set2_flag: 0
  ...0 .... = Constraint_set3_flag: 0
  .... 0000 = Reserved_zero_4bits: 0
  0001 1110 = Level_id: 30 [Level 3.0 10 Mb/s]
```

処理出来る解像度の例 (3.0)

352 × 480 @ 61.4 (12)
352 × 576 @ 51.1 (10)
720 × 480 @ 30.0 (6)
720 × 576 @ 25.0 (5)

H.264/AVC: Scalable Video Coding (SVC) 概要

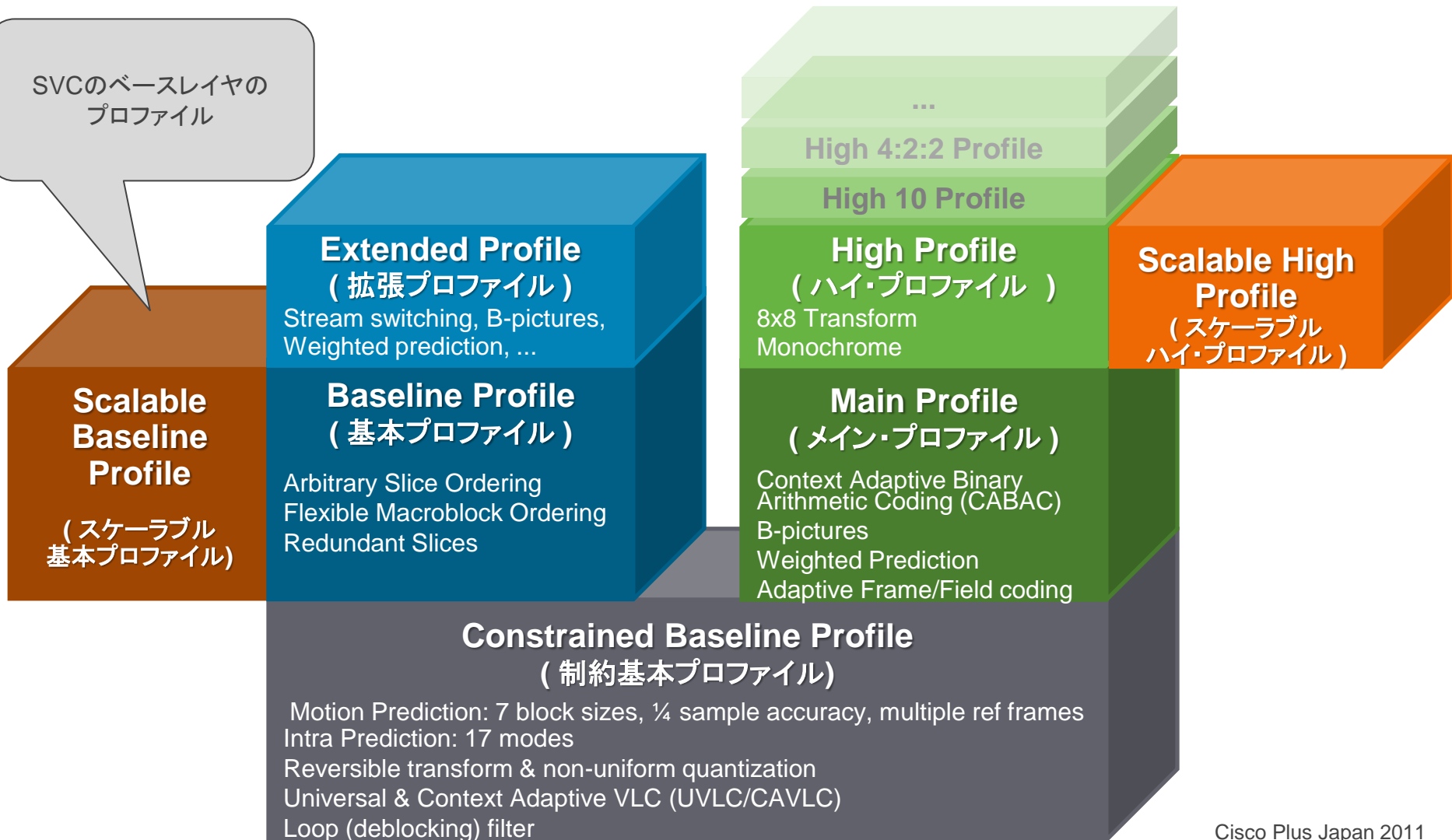


- Spatial (空間的), temporal (一時的), quality (品質) の拡張性を提供するために、ビデオストリームの中にベース・レイヤ (SVC) と拡張レイヤを定義。
- コンテンツの送信側は1つの圧縮コンテンツを送信、受信側はネットワークの状態やデバイスの能力などは総合的に判断して最適なフォーマットで再生



H.264/AVC: SVC プロファイル

SVCのベースレイヤの
プロファイル



H.264/AVC – SVC 考慮点

- SVC プロファイルは標準化されているが、H.323 や SIP 等のシグナリングプロトコルでは標準化されていない。
- SVCはマルチビットストリーム 特有の能力 (Capability)がある。
(IP/TVやブロードキャストのアプリケーション向け)
- SVCは、AVC と比較して、メディア・レジリエンスのようなメディアを回復させるような機能を十分には持っていない。
- Cisco も、SVCを使った相互接続性を向上させる為に標準化団体に参加しています。



ビデオ ネットワーク 要件

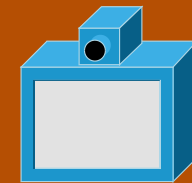
インタラクティブ ビデオ

- 遅延 ≤ 150 ms
- ジッタ ≤ 30 ms
- ロス $\leq 1\%$
- 必要な帯域幅

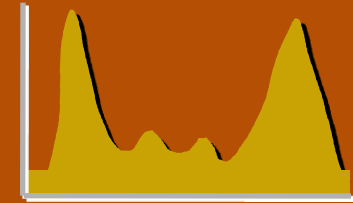
片方向での要件
One-Way
Requirements

ビデオレート + 7–20%

例) 384 kbps のビデオストリーム
では、必要帯域幅として415 kbps



ビデオ
プロファイル



- バースト性
- パケットロス → 弱
- 遅延 → 弱
- UDP トラフィック

イマーシブ Cisco TelePresence (CTS シリーズ)

- **片方向, エンド・ツー・エンド** サービスレベル・ターゲット

遅延* ≤ 150 ms

ジッタ ≤ 10 ms

ロス ≤ 0.05%

- **最大必要帯域 /秒**

CTS-1000 = 5.5 Mbps (1080p 利用時)

CTS-3000 = 15.3 Mbps (at 1080p 利用時)

CTMS = 264 Mbps (5.5 Mbps *48 セグメント)

- **平均 パケットサイズ / PPS**

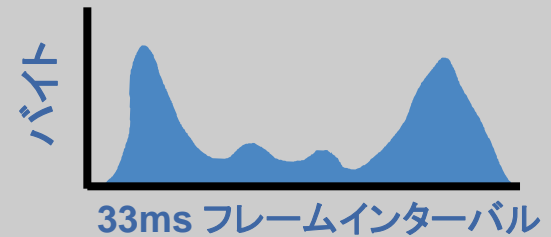
平均 1100 bytes/packet

CTS-1000 @ 5.5 Mbps = average 655 pps

CTS-3000 @ 15.3 Mbps = average 1740 pps

TelePresence

トラフィックプロファイル



- 30 フレーム/秒
- 可変ビットレート
- パケットサイズ → 大
- パケット/秒 → 高
- 遅延、ジッタ、ロス → 弱
- トランスポート : UDP

なぜHDビデオはパケットロスにセンシティブ？

CTS の例

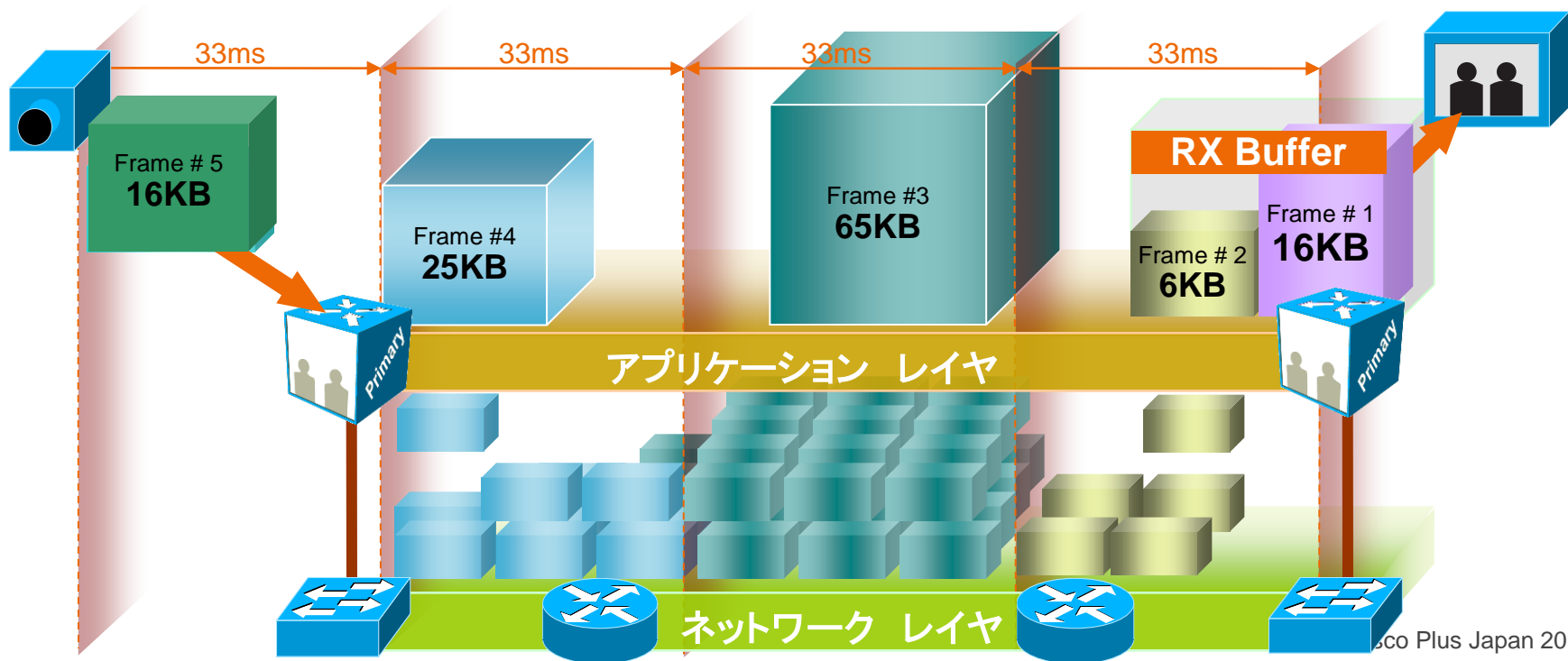
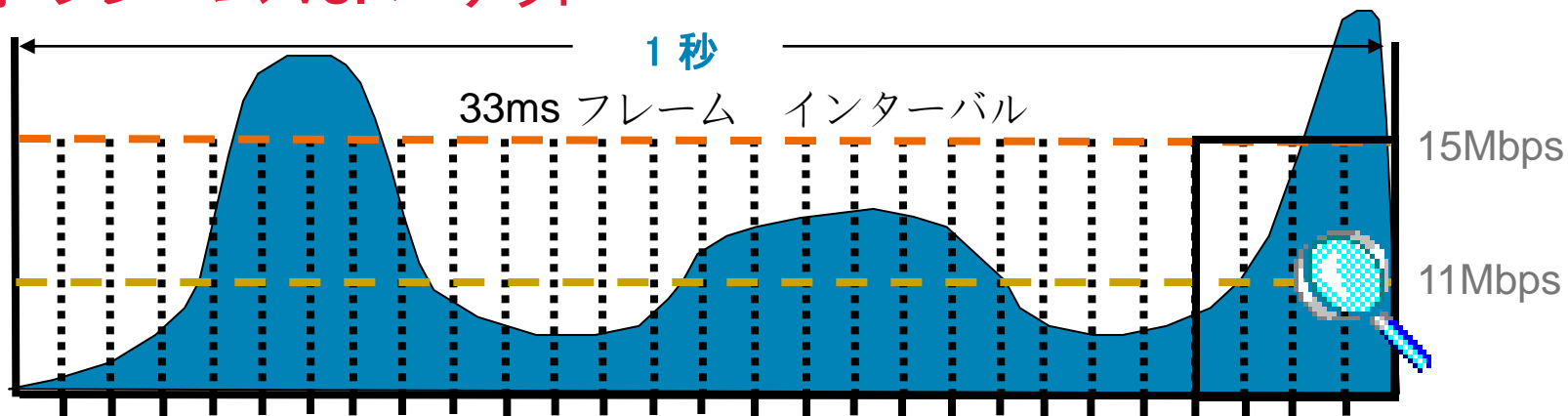
1920 ライン 垂直解像度 (ワイドスクリーン アスペクト比 16:9)

1080 ライン 水平解像度

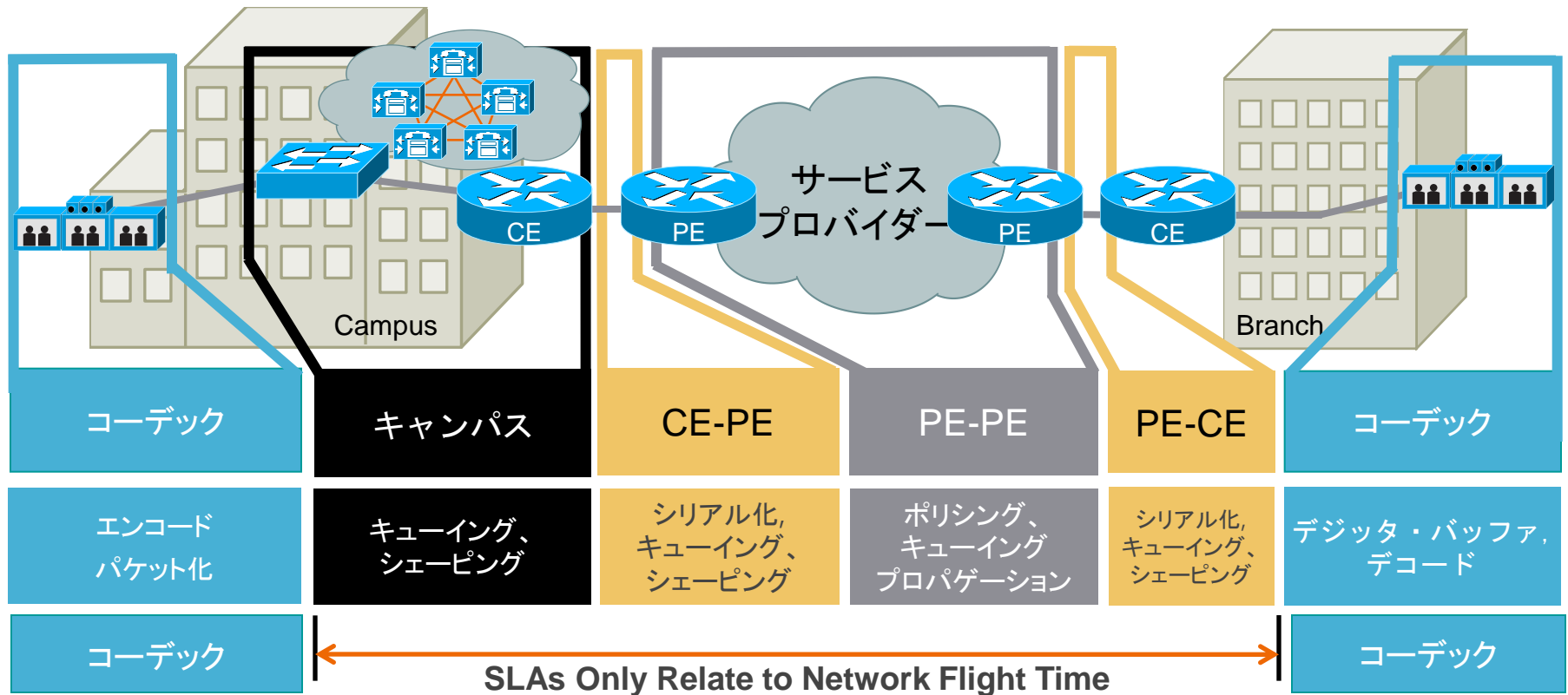
2,073,600 ピクセル / フレーム
x 3 カラー / ピクセル
x 1 Byte (8 bits) / カラー
x 30 フレーム / 秒
= 1.5 Gbps / スクリーン
非圧縮時！

圧縮後 = 4 Mbps / スクリーン
> 99% 以上の圧縮効率！

遅延とジッタ: ビデオフレーム vs. パケット



遅延とジッタに影響を与えるもの



ビデオ品質の確保

- Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS)

要件

■ エンドユーザ:

利用するアプリケーションが快適に動作してくれる事を求めている。

- 音声 → 安定した音声品質。(途切れない)
- ビデオ → 高品質, スムーズなビデオ
- データ → 快適なレスポンスタイム

■ ネットワーク管理者:

エンドユーザの期待に合うように、ネットワークの利用帯域幅を最大限に有効活用。

- 遅延、ジッタ、パケットロスのコントロール
- 実際の帯域幅の利用と利用可能の領域のコントロール

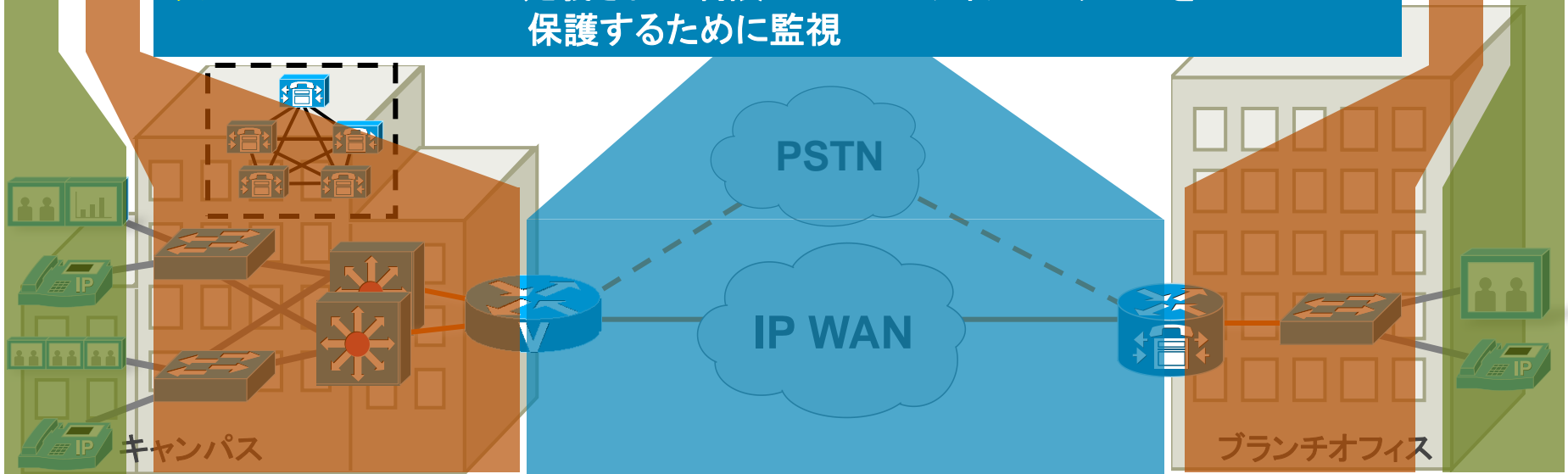


基本的な QoS 配置

分類: ネットワーク上でクラス別サービス毎に優先度に応じてパケットへマーキング
トラスト(信頼)境界: ネットワークのエッジで信頼境界を定義

スケジューリング: 分類を元に優先度に応じてパケットをキューにスケジューリング

プロビジョニング: 全てのアプリケーションへの必要帯域を考慮
リソース・コントロール: 定義された制限に応じてメディアストリームを保護するために監視





Cisco Medianet DiffServ QoS 推奨

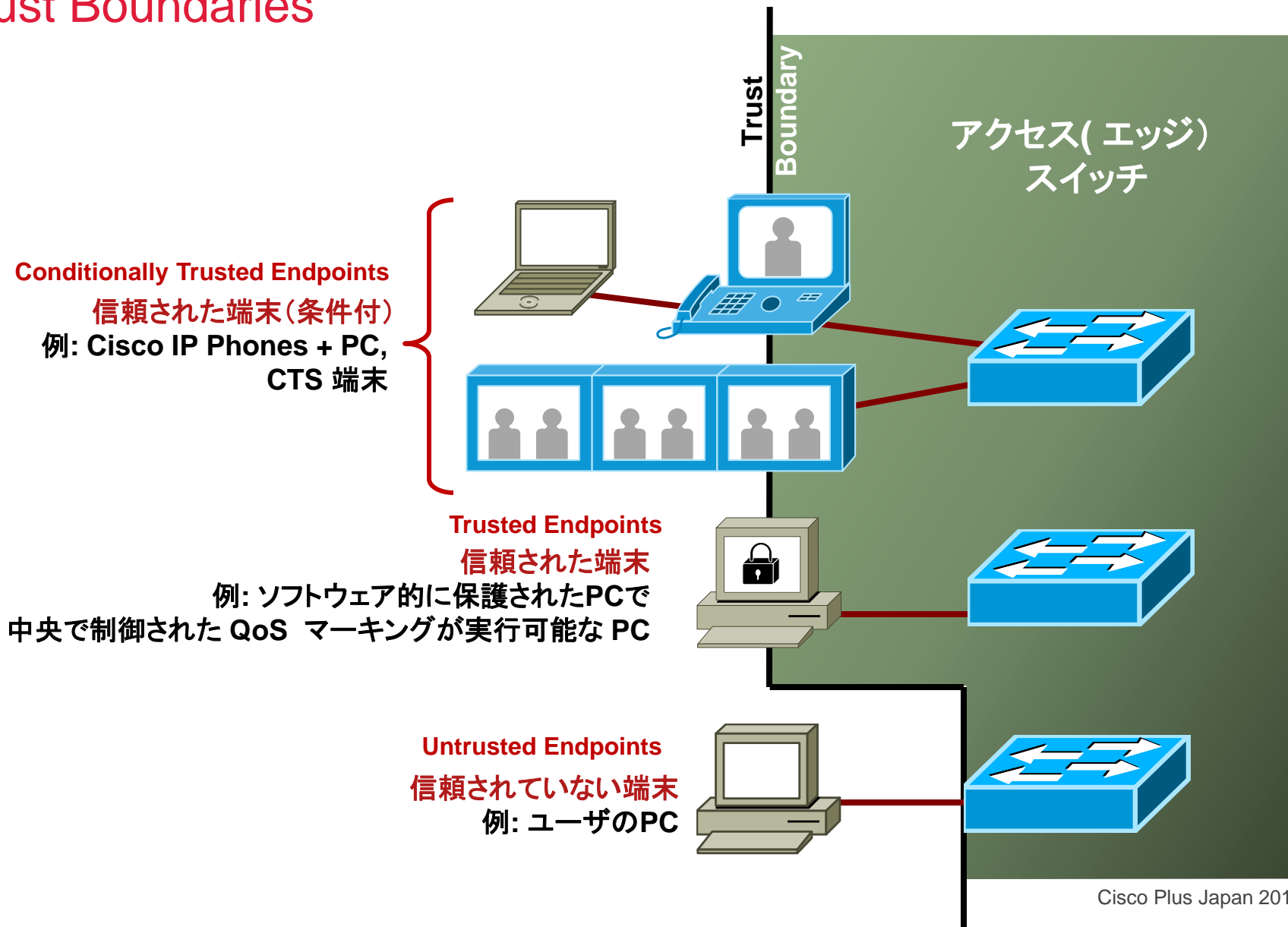
(RFC 4594-Based)

Application Class	Per-Hop Behavior	Admission Control	Queuing & Dropping	Application Examples
VoIP Telephony	EF	Required	Priority Queue (PQ)	Cisco IP Phones (G.711, G.729)
Broadcast Video	CS5	Required	(Optional) PQ	Cisco IP Video Surveillance / Cisco Enterprise TV
Realtime Interactive	CS4	Required	(Optional) PQ	Cisco TelePresence
Multimedia Conferencing	AF4	Required	BW Queue + DSCP WRED	CUPC, 9971, E20
Multimedia Streaming	AF3	Recommended	BW Queue + DSCP WRED	Cisco Digital Media System (VoDs)
Network Control	CS6		BW Queue	EIGRP, OSPF, BGP, HSRP, IKE
Call-Signaling	CS3		BW Queue	SCCP, SIP, H.323
Ops / Admin / Mgmt (OAM)	CS2		BW Queue	SNMP, SSH, Syslog
Transactional Data	AF2		BW Queue + DSCP WRED	ERP Apps, CRM Apps, Database Apps
Bulk Data	AF1		BW Queue + DSCP WRED	E-mail, FTP, Backup Apps, Content Distribution
Best Effort	DF		Default Queue + RED	Default Class
Scavenger	CS1		Min BW Queue (Deferential)	YouTube, iTunes, BitTorrent, Xbox Live

http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/WAN_and_MAN/QoS_SRND_40/QoSIntro_40.html#wp61104

トラスト(信頼)境界の設定

Trust Boundaries

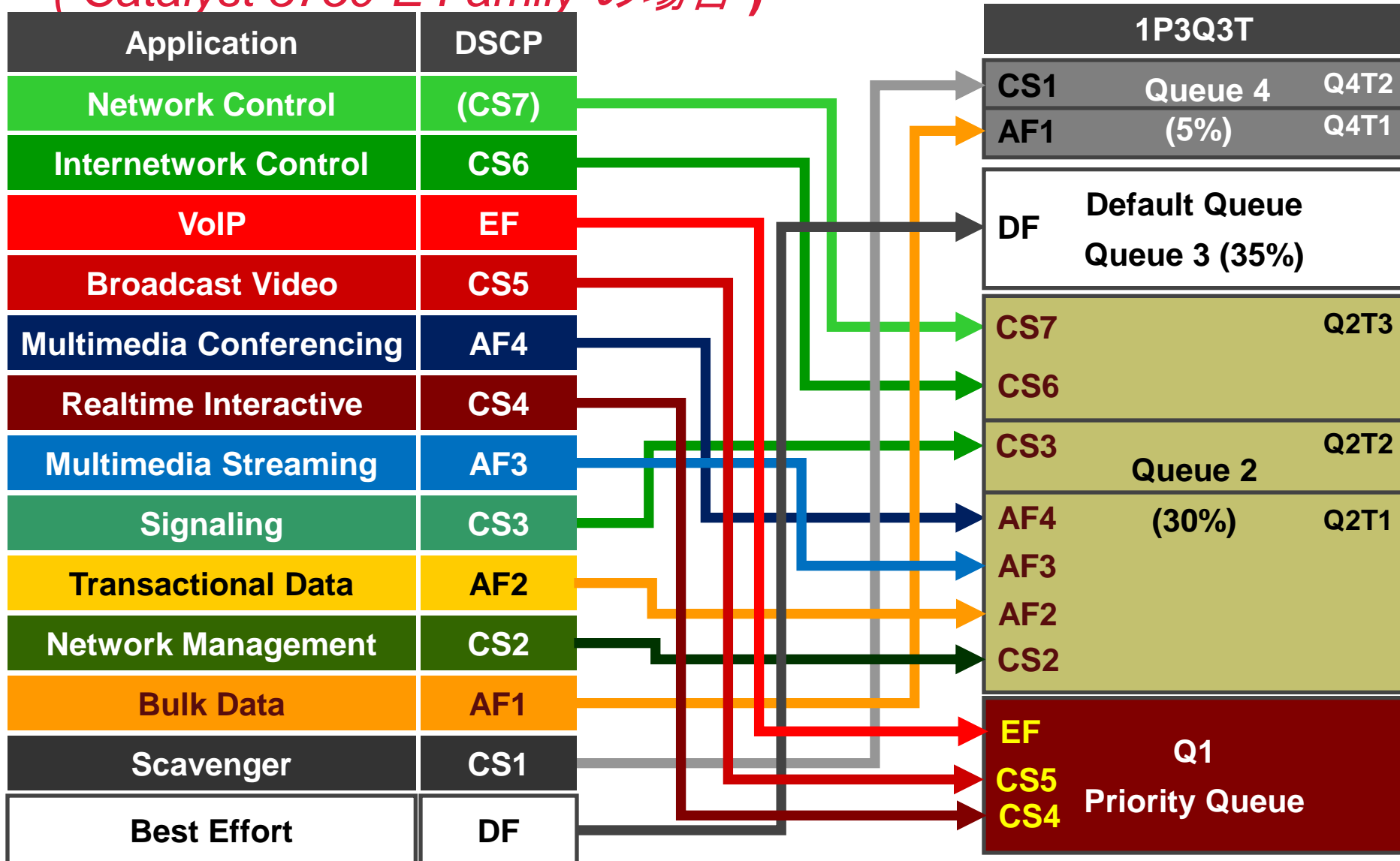


Conditional Trust オペレーション (条件付で信頼された端末)

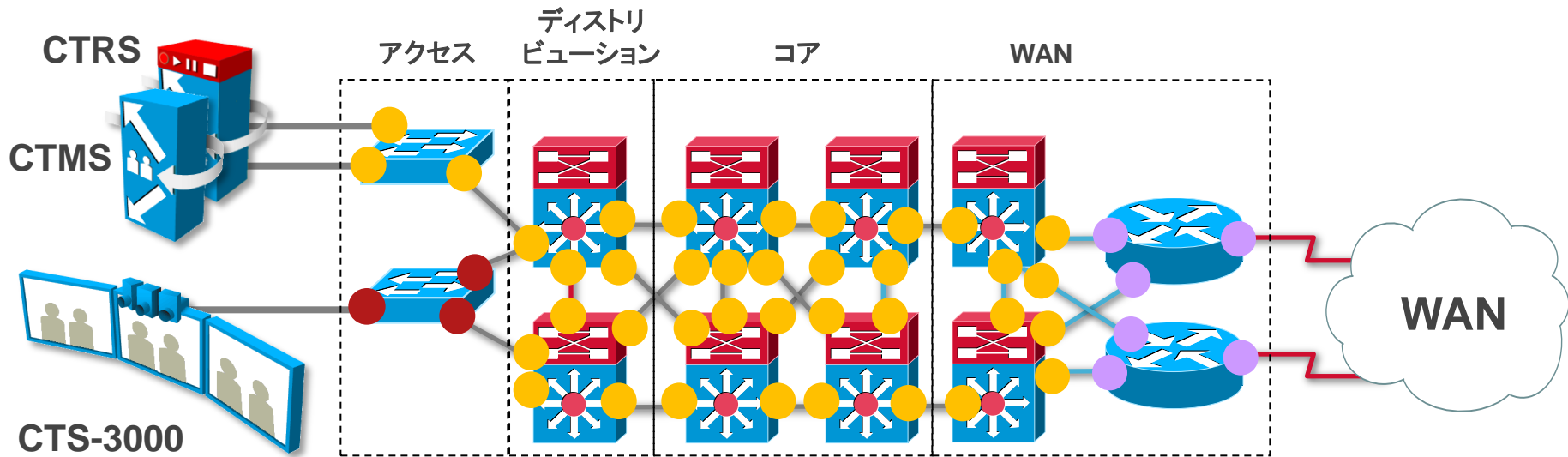
例: CTS TelePresence 端末



キャンパス スイッチ キューイングの例 (Catalyst 3750-E Family の場合)

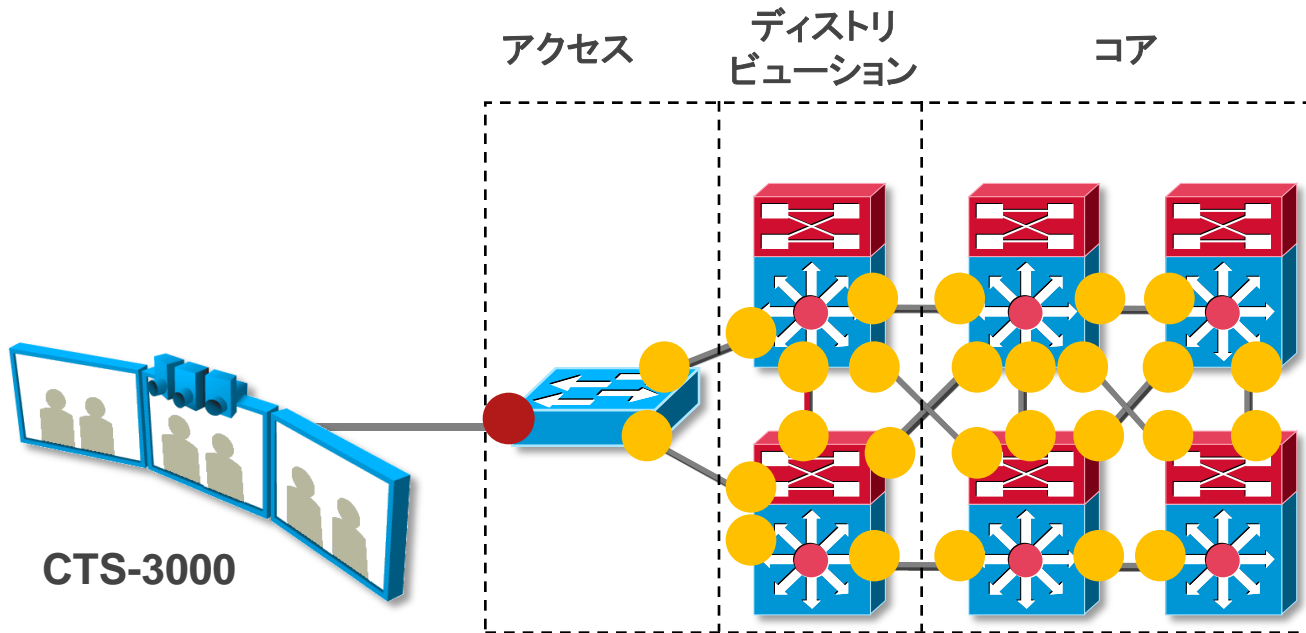


最適なルータ、スイッチの選択



- ハードウェア Low-Latency Queuing / 1 Port 当たり 400 KB 以上のバッファ
(1台のTelePresence コール)
- ハードウェア Low-Latency Queuing / 1 Port 当たり 1MB 以上のバッファ
(複数台のTelePresence コール : Mutipoint Switch 含む)
- Cisco IOS ソフトウェア Low-Latency Queuing / HQoS
スループットとPPS 性能を適切に保証出来るプラットフォーム

キャンパス ポリシー概要



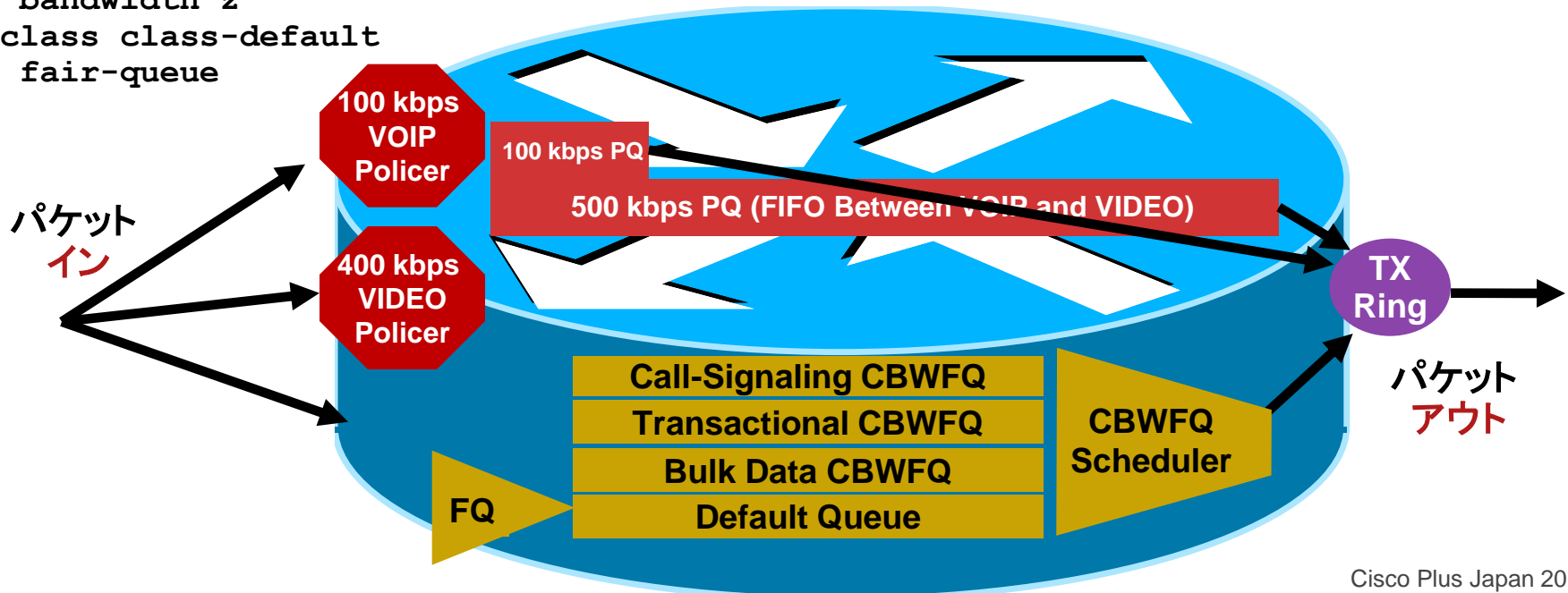
- Trust DSCP or
Trust CoS + Map CoS 4 → DSCP CS4 and CoS 5 → DSCP EF
+ Optional Ingress Policing
+ Queuing (DSCP CS4 & EF → PQ)
+ Queuing (DSCP CS3 → Non-PQ)
- Trust DSCP
+ Queuing (DSCP CS4 & EF → PQ)
+ Queuing (DSCP CS3 → Non-PQ)

WANルータでの QoS

Dual-LLQ デザイン & オペレーション

```
policy-map WAN-EDGE
class VOIP
  priority 100
class VIDEO
  priority 400
class CALL-SIGNALING
  bandwidth x
class TRANSACTIONAL
  bandwidth y
class BULK-DATA
  bandwidth z
class class-default
  fair-queue
```

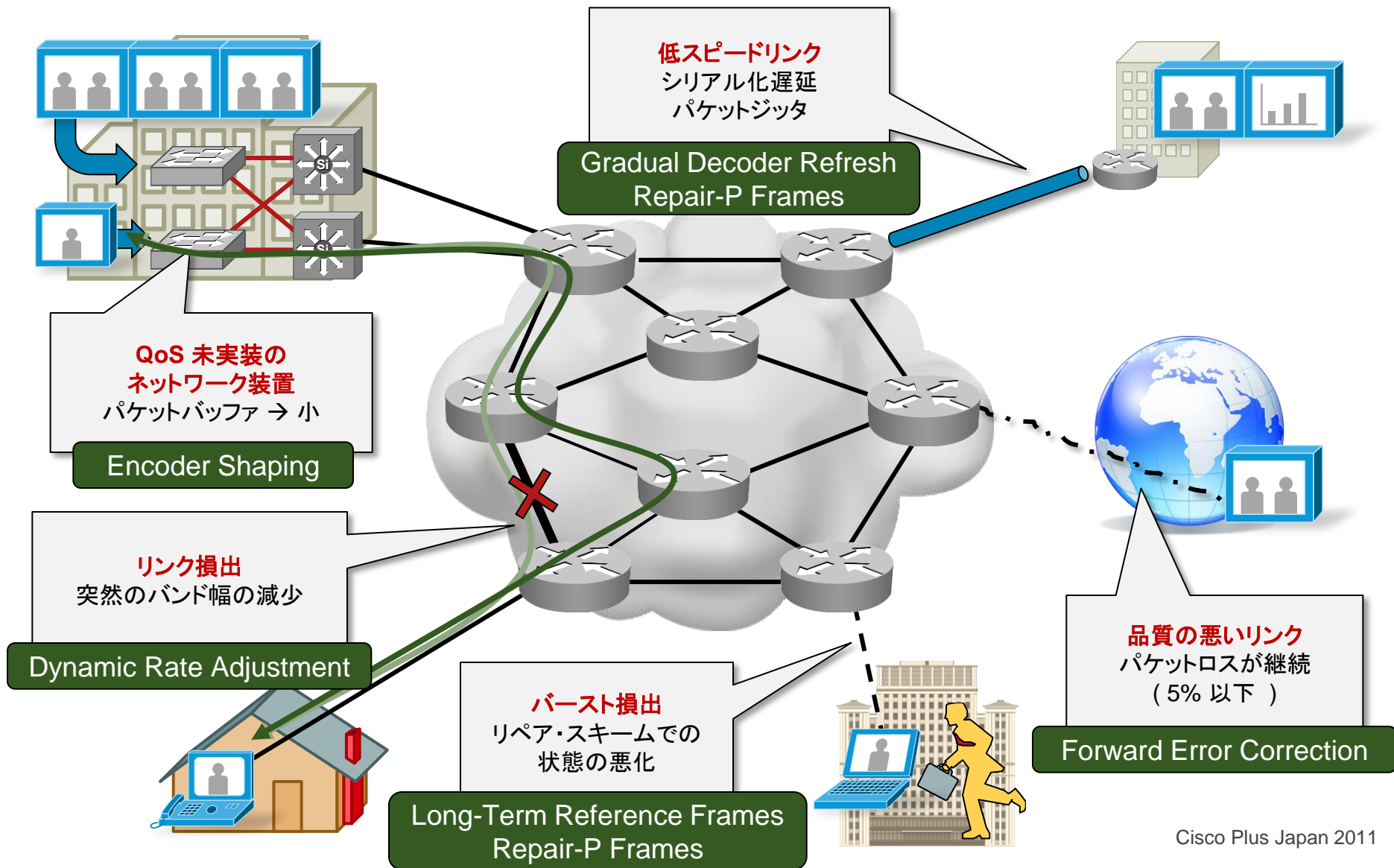
- LLQ で、単一の Strict-Priority queue (絶対優先キュー) を利用して LLQ トラフィックを処理している場合も、LLQ Policer (LLQ ポリサー) を使って複数のクラスの LLQ トラフィックの制御が可能。
- この優先キューでは、VOIP と VIDEO 間のトラフィックを各々のクラスのリミットに達するまで FIFO で処理。
- このように VOIP と VIDEO の両方を EF で受信しても VIDEO は VOIP の妨げにならない。





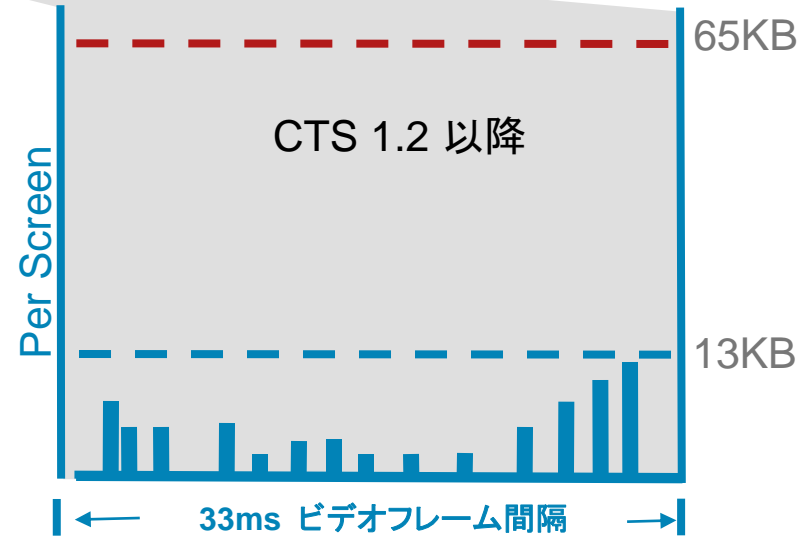
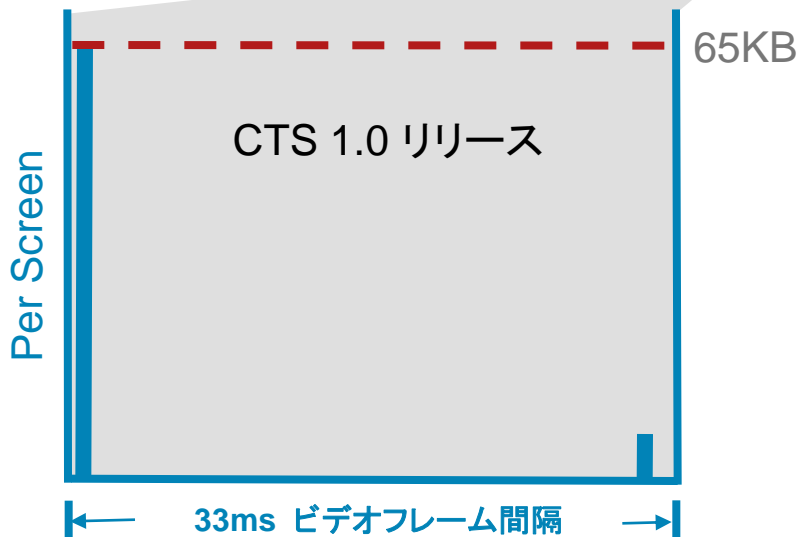
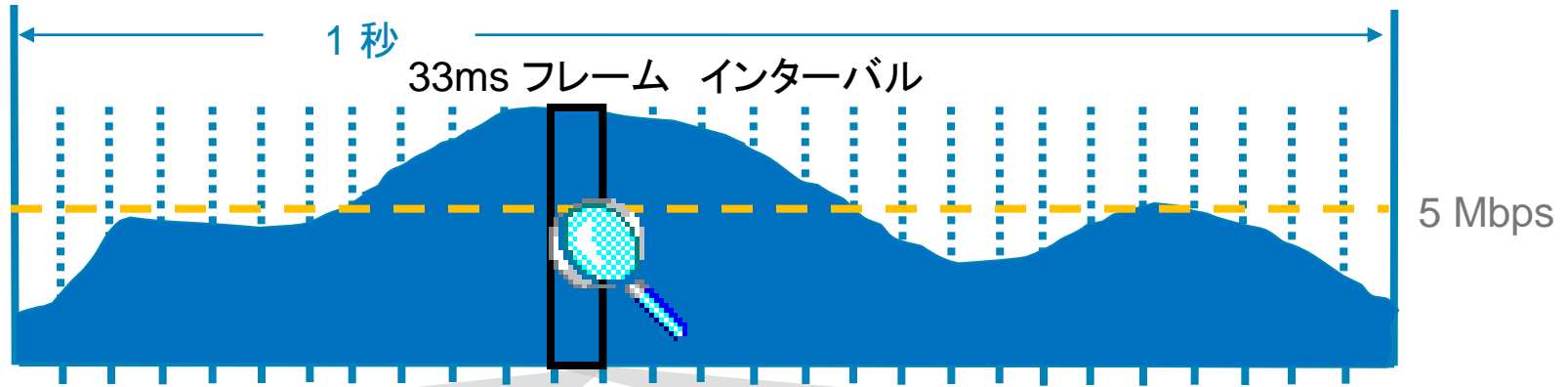
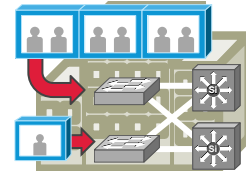
メディアレジリエンス (メディアの回復能力)

ネットワークの状態が良くない場合に、どのようにユーザエクスペリエンスを維持するのか???



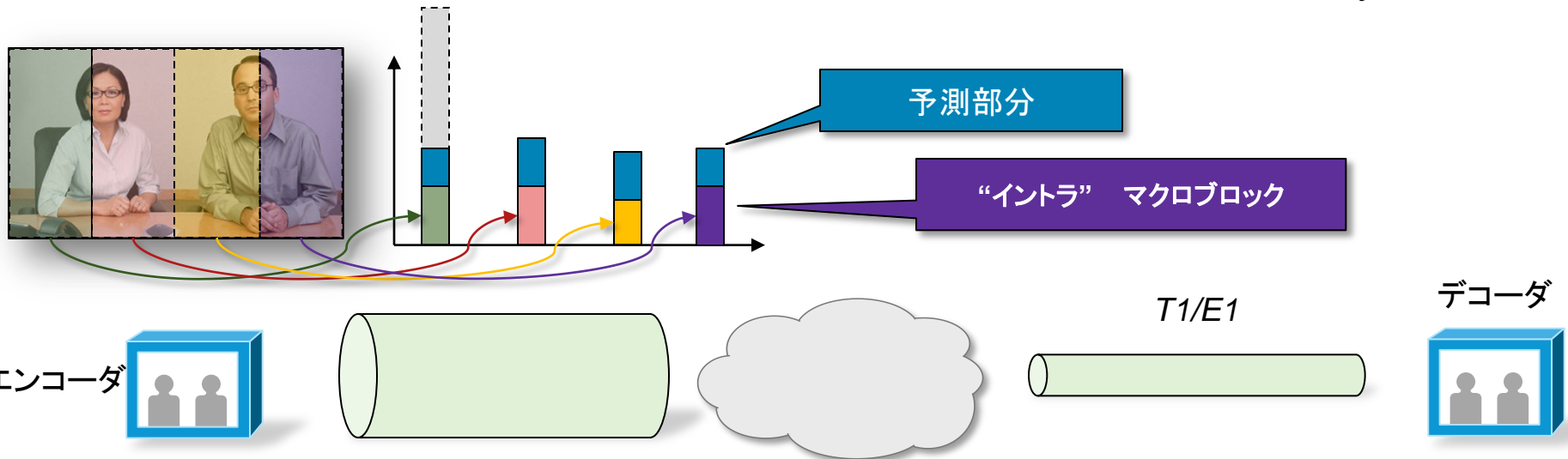
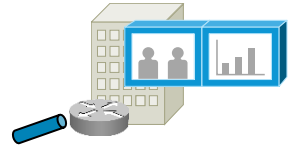
Encoder Shaping (CTSの例)

エンコーダによるパケット送信間隔の平準化



- ✓ 33 ms 毎に画像フレームをパケット化してネットワークへ送信
- ✓ パケット・スケジューラは、パケットを出来るだけ均等に分散させる

Gradual Decoder Refresh (GDR)



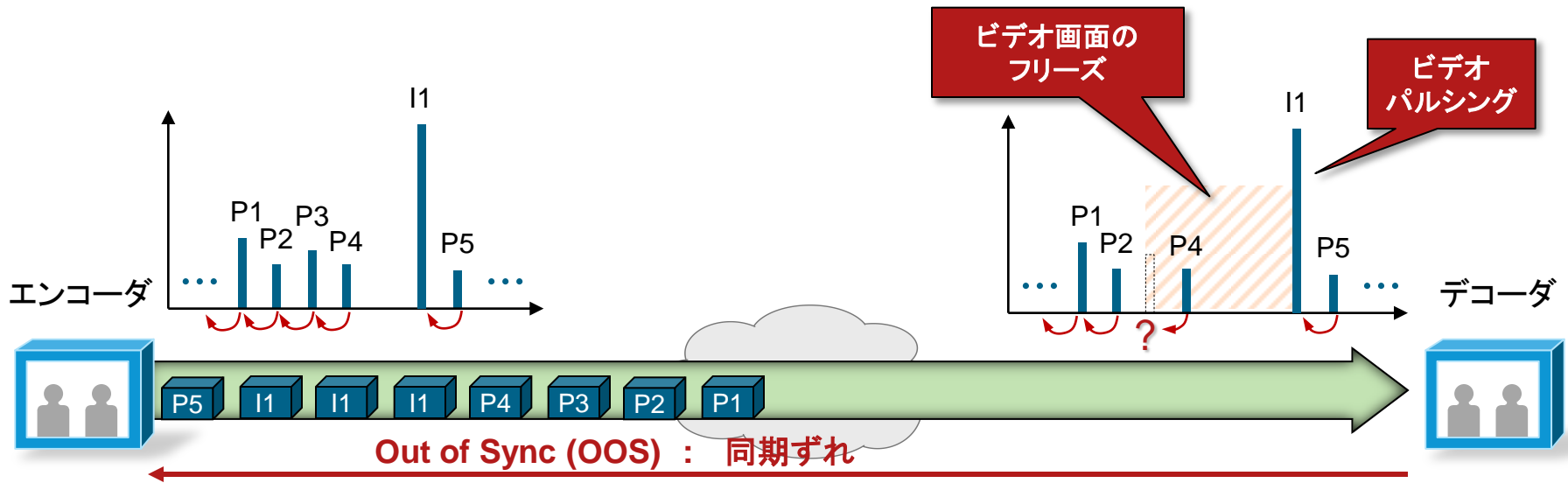
低速リンクでのシリアル化遅延は、1フレームのデータの到着遅延や
データ破棄の原因となり得る事がある。

解決策: **Gradual Decoder Refresh (GDR)** で、“イントラ”ピクチャーの
データを複数のフレーム (N個のフレーム) に分割して送信を行う。

GDR フレームは、“イントラ” マクロブロック部と予測されたマクロブロック部
を含んでいる。

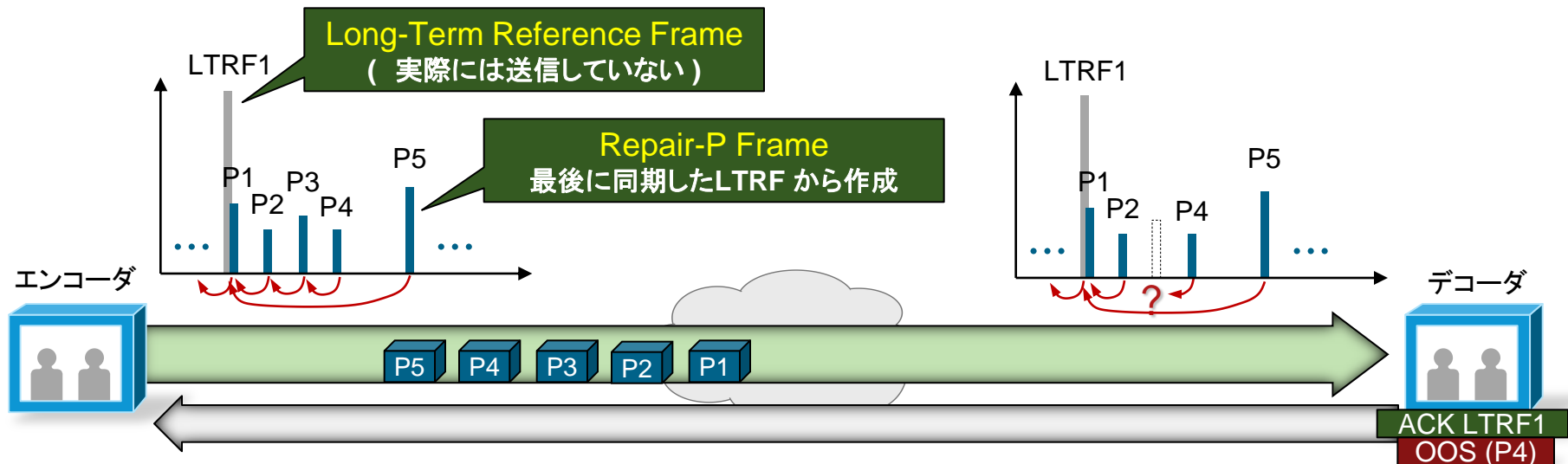
全ての GDRフレーム (N個のフレーム) を受信した時にデコーダは画像を
完全にリフレッシュする事が出来る。

パケットロスのシナリオ



- Pフレームのロスは、Iフレームの送信リクエストを引き起こす！
大きなIフレームのエンコーディングと送信には時間を要する。
もし、これらのIフレームのパケットをロスしてしまうとプロセスはリスタート。
- 同期ずれが起きた状態で新しいIフレームが到着した時に
フリッカーやパルシングが発生
複数のパケットがロスした場合に、ビデオのフリーズや画像の乱れは発生する。

Long-Term Reference Frames / Repair-P Frames



原理: アクティブ フィードバックのメッセージを利用してエンコーダとデコーダで画像情報 (LTRF) を同期させて保持

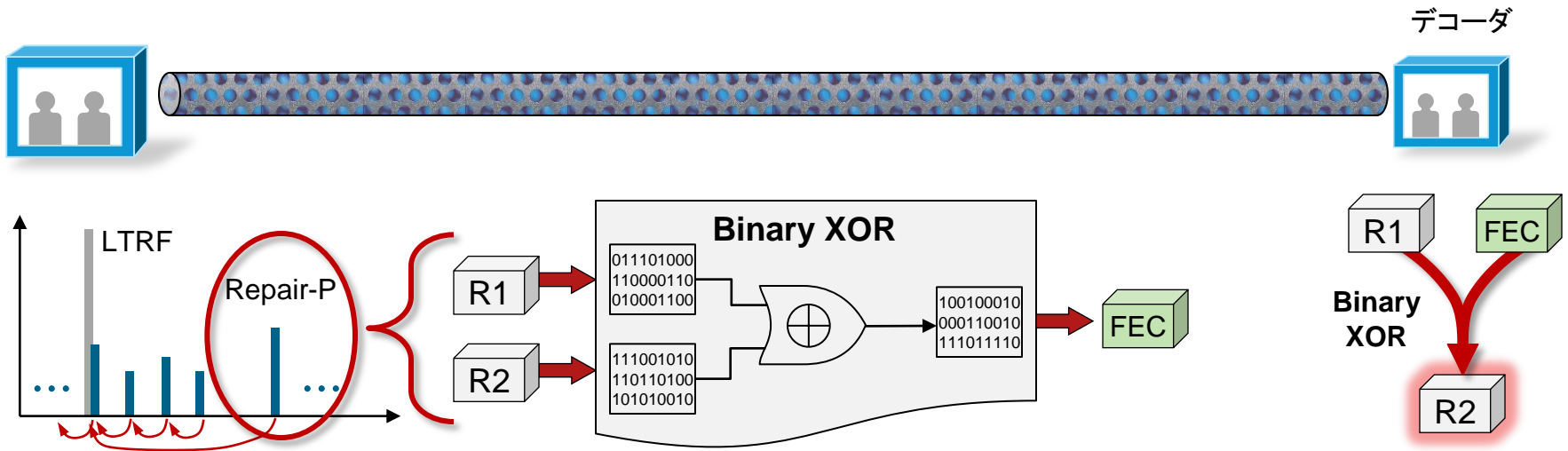
エンコーダは、デコーダに Long-Term Reference Frames (LTRF) として、特定の同期点の画像情報を 完全な画像情報のフレームとして格納するように命じます。(H.264 標準)

デコーダーは、LTRFの ACKとして、「バック・チャンネル」(RTCP)を利用。

フレームをロストした場合、エンコーダは最後の同期した LTRF を元にして差分 Pフレームを作成してデコーダへ送信

Forward Error Correction (FEC)

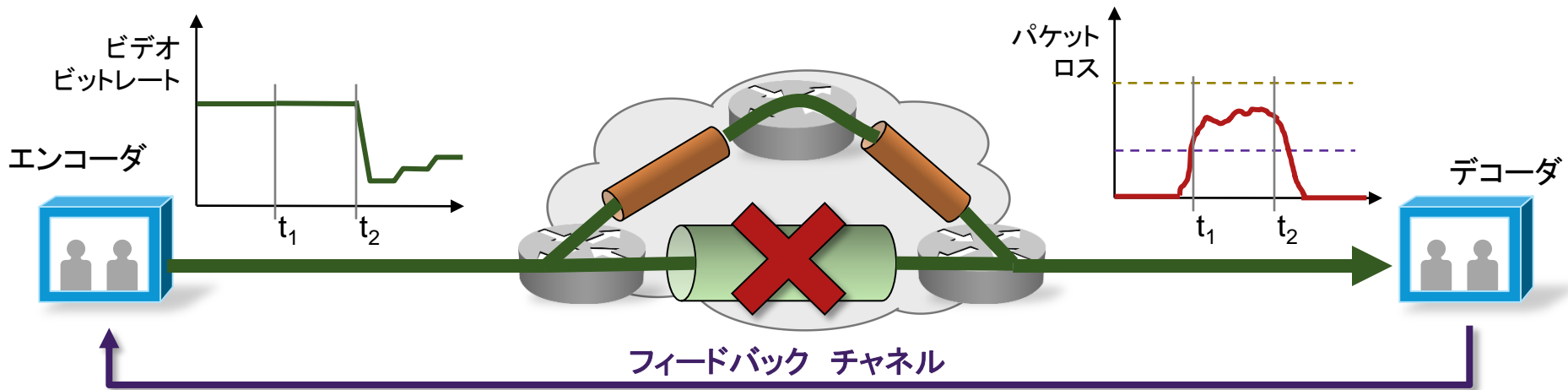
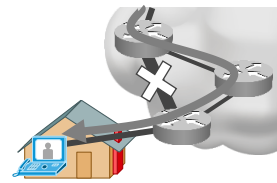
前方誤り訂正



- ✓ RFC5109 で定義, デコーダが同期を失わない状態である程度のパケットロス (~5%程度) から回復が可能。
- ✓ Repair-P Frame など、重要なフレームに対し冗長化したパケットを送信。
- ✓ パケットロスのある環境で「重要な」フレームを保護するために異なるレベルで適用することが可能。(Level 1 ~ Level 4)
→ 全てのパケットに適用されるわけではない。
- ✓ 利用帯域の増加とトレードオフ

Dynamic Rate Adjustment

自動レート調整



レシーバーは一定間隔時間のパケットロスを監視して、ビデオのトラフィックをネットワークに最適なビットレートへ調整するように下記のアプローチ方法のいずれかを実行。

受信側起動 (Receiver-initiated)

コール・シグナリング (H.323 フローコントロール、 SIP re-INVITE) による調整。
もしくは、明示的な RTCP メッセージによる調整。

送信側起動 (Sender-initiated) → プロアクティブ

周期的な RTCP レシーバー・レポート (201) に基づいた調節。
送信側がプロアクティブに帯域を調整する事で、素早い帯域の調整。
(Down Speeding / Up Speeding) が可能。

サマリー

これらのメディア レジリエンス (メディア回復能力) の技術を利用することで、パケットロス率が高いネットワーク (10 - 15%) でも、ユーザ・エクスペリエンスを保つ事が可能。

これらの技術は、既に Cisco TelePresence/Video 端末には実装済。

	CTS Series	EX/C Series	Movi
Encoder shaping	1.2	TC 4.0	v4
GDR	1.6		
LTRF and Repair-P	1.6	TC 4.0	v4
FEC	計画中	TC 4.0	v4
Dynamic Rate Adjustment	1.7	TC 4.0	v4

ClearPath

ただし、ユーザ・エクスペリエンスを保護する為には、前章で説明した、パケットロスや遅延が発生しないネットワークを構築する事が重要になります。



相互接続性 (Telepresence Interoperability Protocol)

Telepresence Interoperability Protocol (TIP)

- Cisco はマルチベンダー、マルチスクリーンの相互接続の為にTIPを公開
<http://www.cisco.com/go/tip>

- オープンソースとして 2010年7月1日に公開
(IMTC : International Multimedia Telecommunications Consortium)
<http://www.imtc.org/tip/> <http://tipprotocol.sourceforge.net>

相互接続性のスコープ

マルチスクリーン HD ビデオ

高品質の音声

データ/プレゼンテーションの共有

ポイント・ツー・ポイント、
マルチポイント

デザイン・ゴール

マルチ・シングルスクリーンへの対応

低遅延でのストリーム切り替え

ストリームの最適化

B2B 対応へのFirewall 越え

端末サポート

TIP v6 : CTS 1.6

TIP v7 : CTS 1.7

インフラ製品のサポート

TIP v6 on Cisco TelePresence Server (TS) 2.1

* サポート 状況についてはシスコ製品でのサポート状況になります。(2011年10月現在)

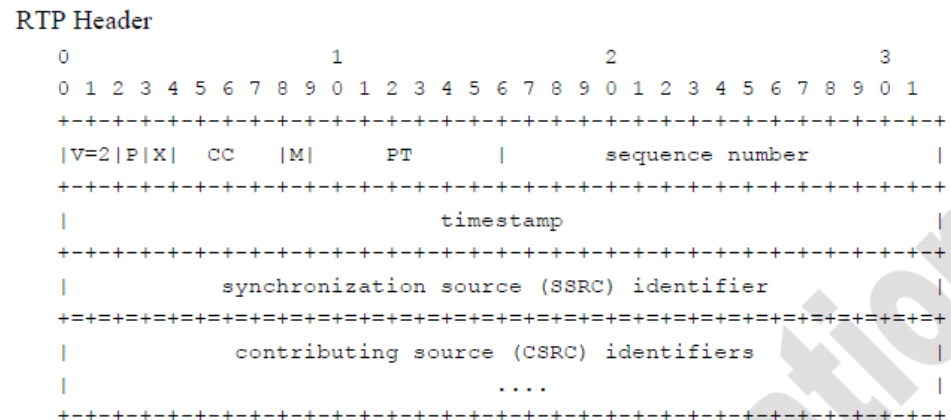
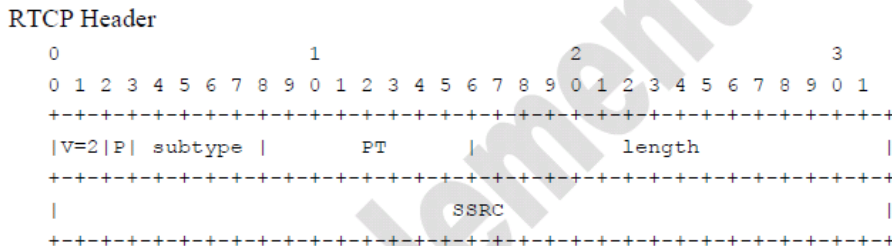
Telepresence Interoperability Protocol

TIP Capability (能力)

- マルチ・スクリーンのエンド・ポイントに対して、どのストリームがどの物理的なデバイス(画面・スピーカー 等)に対応しているかを知らせることが可能。
- 全ての画面のビデオと音声のストリームを、それぞれ1個ずつのビデオの RTP セッションと音声の RTP セッションにまとめて多重化して送信。
- 全体的なスイッチングを容易にすることにより、メディアの処理を最小限にして遅延を少なくすることが可能。
- ネットワークが混雑した時に帯域を有効利用するためのフロー・コントロールの能力を提供。(利用帯域を低くする。)
- ビデオ・フィードバック能力。 ack ベースのメカニズム。
- CABAC, LTRP, GDRといった拡張の能力のネゴシエーションをサポート。
- データ/プレゼンテーションの共有をサポート。(ビデオの RTP にまとめられる。)

TIP の構成要素

- SIP/SDP ⇒ コールのセットアップ, メディア情報の交換
- RTCP ⇒ エンドポイント間の能力交換 (Capability Exchange)
フロー・コントロールの為の情報を伝達
- RTP ⇒ 実際のストリームを伝達
RTPのデータの中 (CRSC) に 位置情報等を記載



TIP メディア フォーマット

音声

- **AAC-LD**
 - Bitrate: 64 kbps/channel
 - RTP Payload: IETF RFC 3640, AAC-hbr mode
 - Default Dynamic Payload Number: 96
- **G.711 (u-law)**
 - RTP Payload: IETF RFC 3351
 - Static Payload Number: 0
- **G.722**
 - RTP Payload: IETF RFC 3351
 - Static Payload Number: 9
- **DTMF**
 - RTP Payload: IETF RFC 2833
 - Default Dynamic Payload Number: 101

ビデオ

- **H.264 Baseline Profile**
 - Image sizes: 1080p, 720p, 1024x768, 352x288
 - Bitrates: 4 Mbps to 300 kbps
 - RTP Payload: IETF RFC 3984, packetization mode 1 and mode 0
 - Default Dynamic Payload Number: 112
- **HiP (ハイプロファイル) も対応。**

* TIP version 7 のドキュメントより抜粋

音声ストリームの例 (3画面 + 1データ共有)

(参考)



- 4つの音声ストリーム (AAC-LD 等)
中央、左、右の画面のチャンネル = 3ストリーム
補助用の音声(Line in) チャンネル = 1 ストリーム
- 各画面の音声は対応するスピーカーに送られる。
- 補助用の音声 (Line in) は、全てのスピーカーに送られる。
- 全ての音声ストリームは、1つのRTPストリームにまとめられる。

ビデオストリームの例 (3画面 + 1データ共有)

(参考)



- 4つのビデオストリーム (H.264 等)
中央、左、右の画面のチャンネル = 3ビデオストリーム
データビデオ(資料共有など) = 1ビデオストリーム
- 各カメラからのストリームは対応するディスプレイへ送られる。
- データ・ビデオのストリームは、データ共有の画面に送られる。
(補助ディスプレイやPiP)
- 全てのビデオストリームは、1つのRTPストリームにまとめられる。

リファレンス (TIP 関連)

- **IMTC : International Multimedia Telecommunications Consortium サイト**
<http://www.imtc.org/tip/>
- **Sourceforge:**
<http://tipprotocol.sourceforge.net>
- **Cisco.com**
<http://www.cisco.com/go/tip>

