InternetWeek99 **チュートリアル**

インターネットにおけるQoS制御技術／DiffServ

長 健二朗
ソニーコンピュータサイエンス研究所
kjc@csl.sony.co.jp

チュートリアルの内容

- □DiffServ**登場の背景**
- □DiffServ**のアーキテクチャ**
- □DiffServ**サービスの構築**
- □DiffServ**の課題**

インターネット

- □パケットスイッチング
- □ベストエフォート・サービス
- □利点
  - ○使われていない帯域の有効利用（統計多重）
  - ○簡単な配送系（エンド・エンド・モデル）
    - ▹IP: パケット配送のみ
    - ▹TCP: エンド・エンドで通信を実現
- □問題
  - ○輻輳の発生
    - ▹パケットはだまって捨てられる
  - ○限度のない品質低下の可能性

QoSへの要求

- □90年代に入ってインターネットが爆発的に普及
- □リアルタイムアプリケーションの要求
  - ○音声、動画通信
- □ビジネス向けの高品質サービスの要求
  - ○インターネットを使ったビジネス
- □電話網に匹敵するQoSの要求
  - ○電話網とIP網の逆転現象
    - ▹データ通信量が音声通信量を追い抜く現実
  - ○従来：電話網上にIPネットワークを構築
  - ○今後：IPネットワーク上に電話網を構築

QoSとは何か

- □定量的に表現できる通信品質
  - ○帯域、遅延、ジッタ、パケット損失率
- □優先制御によって実現される
  - ○複数のコンポーネントの組み合わせ
    - ▹アドミション制御
    - ▹シェーピング／ポリシング
    - ▹パケットスケジューリング
    - ▹バッファ管理

QoS技術要素

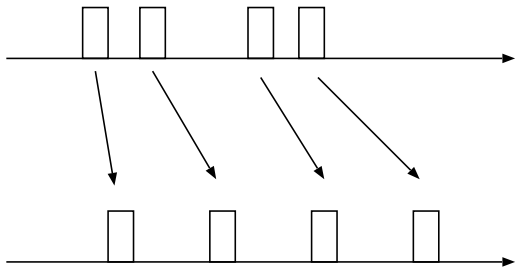
- □**アドミション制御** (admission control)
  - ○動的な資源配分の判断
- □**クラシファイア** (classifier)
  - ○到着パケットを対応するグループに分ける機構
- □**シェーピング**(shaping)／**ポリシング**(policing)
  - ○バーストを一定のレートにならす
  - ○規定以上の入力がないか監視
- □**パケット・スケジューラ** (packet scheduler)
  - ○各グループに応じたパケットの送出

アドミション制御

- □**セットアップ・プロトコル** (signaling)
  - ○**パス上の資源を確保する**
- □**資源が不足すると事前に失敗する**
  - ○**エラーが返る**
- □**資源の解放（特に故障時）**
- □**関連技術**
  - ○**ポリシー、ルーティング、課金**

シェーピング／ポリシング

- □**シェーピング**
  - ○**バーストを一定のレートにならす**
    - ▹**ジッタを減少**
    - ▹**ポリシングに適合するよう調整**
- □**ポリシング**
  - ○**規定以上の入力がないか監視**
    - ▹**規定以上の入力は廃棄**



クラシファイア

□**パケットをクラス分けする機構**

- ○IPでは５つ組が使われてきた
  - ▷src_addr, dst_addr, src_port, dst_port, proto
  - ▷（ファイアウォールのパケットフィルタと同様）
- ○ワイルドカード
  - ▷検索コストが高い
- ○TOSフィールドの利用
  - ▷クラシファイアの簡素化

パケット・スケジューラ

□**キューイング方式**

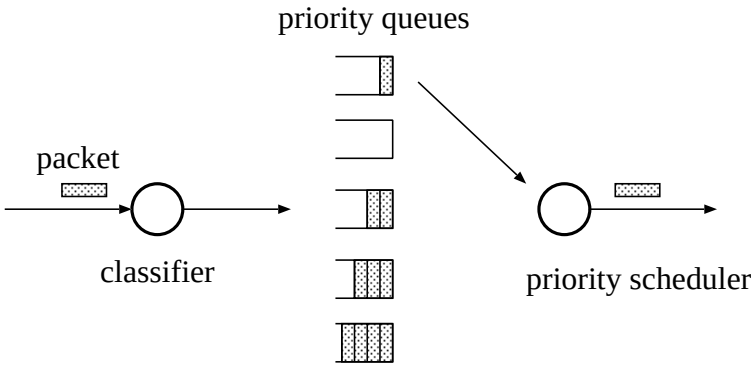
- ○Priority Queueing
- ○WFQ (Weighted Fair Queueing)
- ○CBQ (Class-Based Queueing)

□**バッファ管理**

- ○Drop-Tail/Drop-Head/Drop-Random
- ○RED (Random Early Detection)

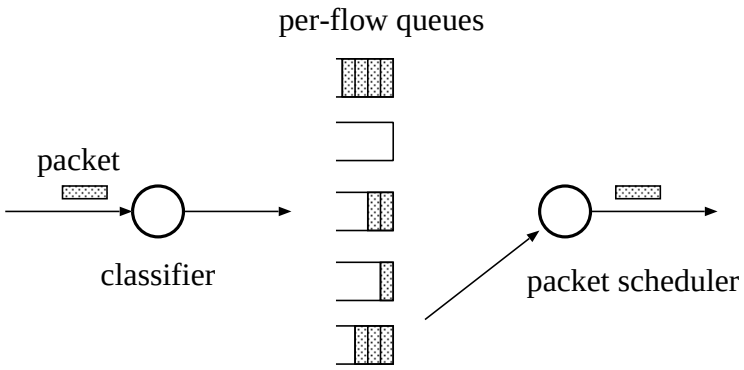
Priority Queueing

- □優先スケジューリング
  - ○単純な機構でリアルタイム性の保証
  - ○低優先度クラスがスターブする可能性



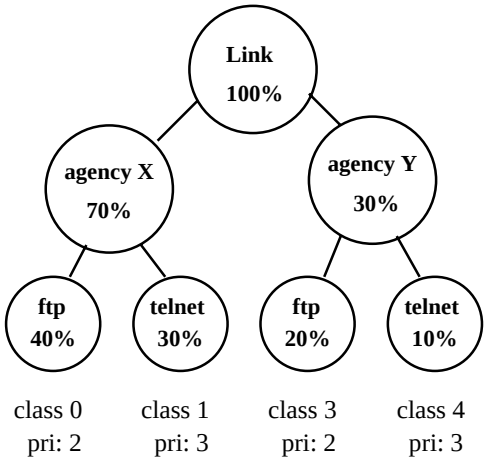
WFQ (Weighted Fair Queueing)

- □フローごとに独立したキューを割り当てる
  - ○他のフローの影響を一定以下に押えることが可能
  - ○フローの数だけキューが必要
    - ▹実装には何らかの近似法が使われる



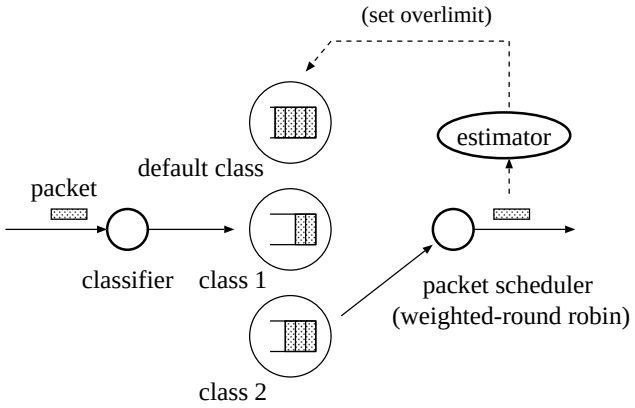
階層的リンクの共有

- 集約されたフローを階層的に制御



CBQ (Class-Based Queueing)

- 階層的リンクの共有を実現
- 非ワークコンサービング

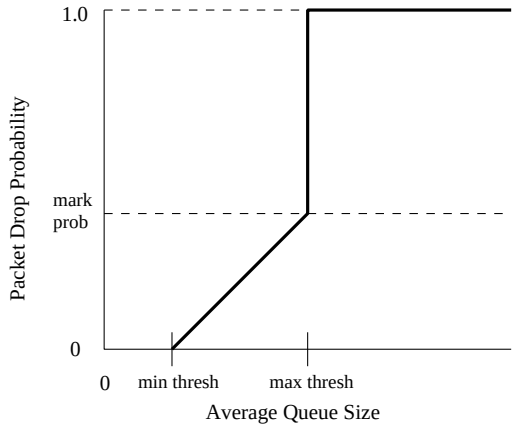


RED (Random Early Detection)

- □平均キュー長に応じた確率でパケットを廃棄
  - ○同期現象の回避
  - ○TCPがキューが溢れる前に流量をコントロールできる
    - ▷キュー長を短く保つ
    - ▷キューイング遅延を小さく保つ
  - ○平均キュー長を使うことで短いバーストを許容
  - ○バッファ占有率に応じたフェアな廃棄
  - ○廃棄のかわりにマークする
    - ▷ECN (Explicit Congestion Notification)
- □欠点
  - ○パケット損失に応答しないトランスポートには無防備
    - ▷RED Penalty-box

REDパケット廃棄確率

- ○平均キュー長が２つのスレシュホールドの間にあれば
  - ▷確率的にパケットを廃棄

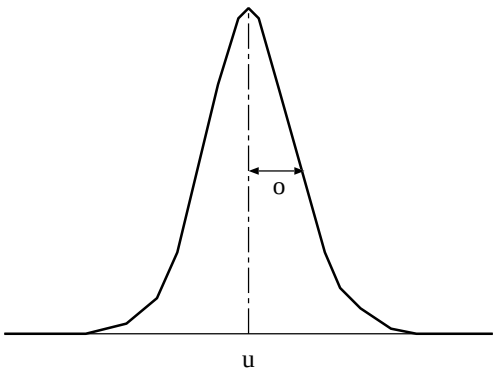


トラフィックの理論モデル

□キューイング理論
- ○ARPAネット時代に確立
- ○統計的な解析
- ○電話網（回線交換）への応用の成功、発展
  - ▹着呼、通話時間はポアソン分布
- ○データ通信では応用が困難
  - ▹可変長パケット
  - ▹バースト的な通信パターン

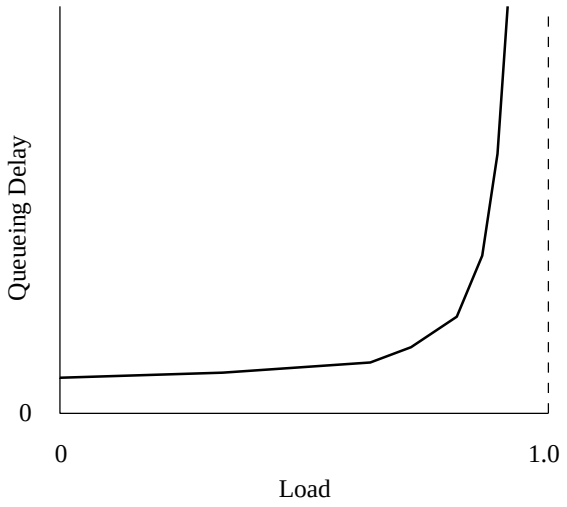
ポアソン分布

- ○数学的に取り扱い易い
  - ▹平均値が単一パラメター
- ○平均値を中心とした出現確率
  - ▹平均値から離れると急速に確率が減少



キューイング理論

- キューイング・システムの挙動
  - 負荷があるポイントを越えると急速に効率悪化



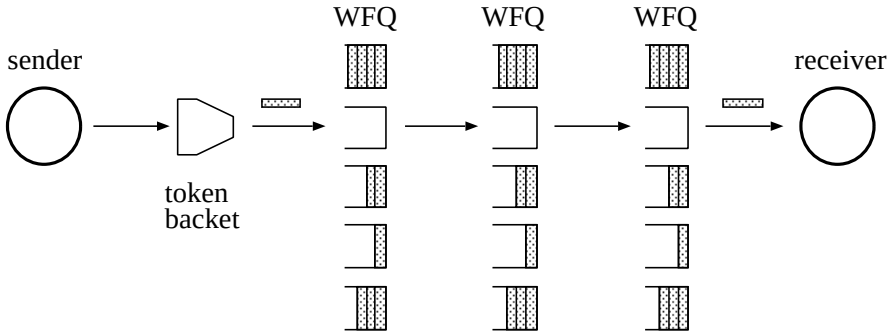
遅延保証の理論

- Parekhがパケット交換で遅延保証ができること を解析的に証明
  - アドミッション制御
  - 送出量の制限
  - パケットスケジューリング

Parekh's Model

□ **トークンバケットとWFQの組み合わせ**

○**最大遅延保証が可能なことを証明**



Parekhの最大遅延計算

○**バースト遅延 + 自フローによる遅延 + 他フローによる遅延**

$$D_i = \frac{b_i}{g_i} + \frac{(h_i - 1)\, l_i}{g_i} + \sum_{m=1}^{h} \frac{l_{max}}{r_m}$$

D_i	delay bound for flow i
b_i	token bucket size for flow i
g_i	weighted rate for flow i
h_i	hop count for flow i
l_i	max packet length for flow i
r_m	bandwidth at hop m

QoS保証実現へのアプローチ

- データ通信と音声通信の統合ネットワーク
  - 電話網の拡張
    - ISDN、ATM (Broadband ISDN)
  - インターネット網の拡張
    - IntServ、DiffServ

ATMの特徴

- 固定長セル （遅延保証に有利）
- ホップごとにVCを書き換える
- 網とユーザネットワークの分離
- ネットワークの入口で流入量を監視
  - ポリシング
- サービスクラス
  - CBR, UBR, VBR, ...
- しっかり管理されたネットワークが前提
  - 正しい設定、ポリシング
  - 簡単なプライオリティ・スケジューリング

ATMとインターネットとの整合の問題点

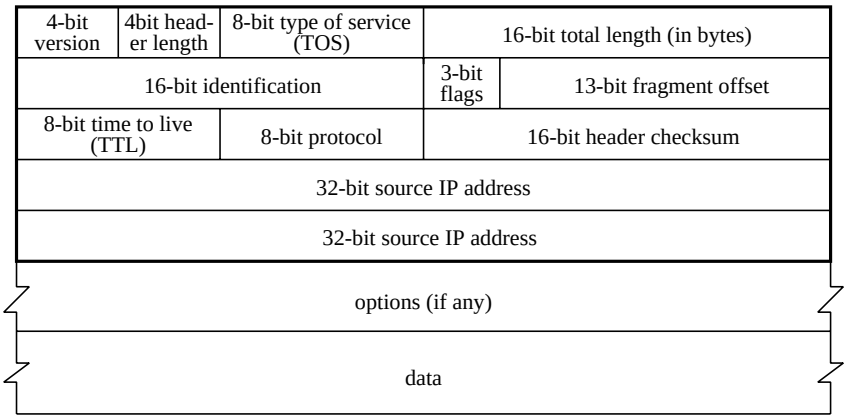
- □網からのアプローチ
- □バースト的なトラフィック
  - ○当初の想定より大きなバッファが必要
- □文化の違い？
  - ○使う前に仕様が膨れ上がる
  - ○上位層、制御系がどんどん複雑になっていく
  - ○遅延、エラーへのこだわり

ラベルスイッチング技術

- □ATMとインターネットを融合する技術として登場
  - ○ATM、フレームリレイ
- □ホップごとにタグを書き換える
- □２つの方式
  - ○トラフィック・ドリブン
  - ○トポロジ・ドリブン

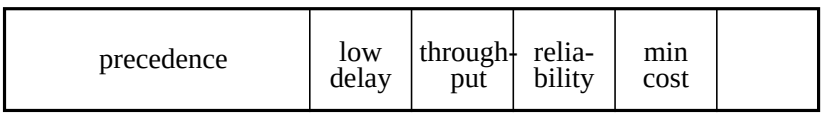
TOSフィールド (1)

- IPv4ヘッダ



TOSフィールド (2)

- IP precedence (3bits)
  - 0-7の優先順位
- TOS (4bits)
  - 低遅延、広帯域、高信頼性、低コストの指定



TOSフィールド (3)

- 例
  - precedence: ルーティングプロトコルや機器の制御を優先
  - telnet: 低遅延を指定
- 組織内での使用を仮定
- 現実にはあまり使われていない
  - 定義があいまいで相互運用できない
  - 正しい値が設定されている保証がない
  - 悪用される可能性

- DiffservはTOSフィールドの拡張とも考えられる
  - 組織間での利用を考慮
    - 各ノードの役割を分離

IntServ/RSVP

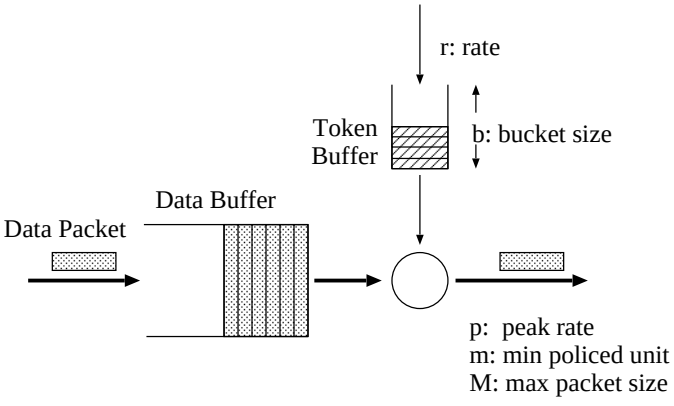
- インターネットでのQoSの実現
  - 研究 89〜 IETF 94〜
- IntServの標準化
  - IntServ
    - QoSパラメータの指定、交換のフォーマット
  - RSVP (ReSerVation Protocol)
    - IntServモデルを実現する資源予約プロトコル
    - IntServパラメータを交換してサービスを実現

IntServの特徴

- □ **２つのサービスモデル**
  - ○Guaranteed QoS control**サービス**
    - ▷**従来の意味での**QoS**保証**
  - ○Controlled-Load**サービス**
    - ▷**低負荷のネットワークをエミュレート**
    - ▷**適応型アプリケーションを想定**
    - ▷LAN**でなら動作する**App**を**WAN**でも動くようにする**
- □ **トークンバケットによるパラメータの指定**
  - ○**短いバーストを許容する**
    - ▷TCP**との親和性**

トークンバケット

- □ **トークンバケット・パラメタ** [r, b, p, m, M]



RSVPの特徴

- □ソフトステート
- □レシーバ主導
- □マルチキャストのサポート
  - ○予約のマージ
- □非IntServノードの透過
- □ルーティングプロトコルからの分離
  - ○ルーティング情報をもらって利用
- □実装、運用依存部の分離
  - ○アドミション制御
  - ○トラフィック制御
  - ○ポリシ制御

RSVPの問題

- □スケーラビリティ
  - ○中間ルータにフローごとのステートが必要
  - ○バックボーンではステート数が膨大になる
- □技術主導で進み、現状とのギャップ
  - ○メカニズムが複雑すぎる
  - ○システム管理が困難
  - ○ビジネスモデルとの整合
    - ▹課金、コスト
- □シグナリングは本質的に難しい
  - ○アドミション制御
    - ▹動的な状態管理
  - ○動的な資源予約
  - ○エラー処理
  - ○システム管理

DiffServの登場の背景

- □商用ISPからの要求
  - ○ベストエフォートより高品位のサービスを提供する
    - ▹すでに非標準な方式で実施されていた
- □IntServ/RSVPへの疑問

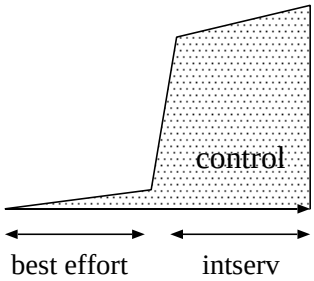
- □簡単な方式ですぐにISPが使える標準の必要性
  - ○簡単な仕組み
  - ○スケーラブルな構造
  - ○プロバイダのビジネスモデルにマッチすること
- □TOSフィールドを再定義して利用する

QoSに対する考え方の変化

- □従来のQoSアプローチ
  - ○理論的最悪値の積み上げ計算
    - ▹大きくなり過ぎる
    - ▹実用上あまり有効でない
- □より現実的なQoSアプローチ
  - ○ルーズな制御
    - ▹広帯域な回線が利用可能
    - ▹厳密な制御の必要性が減少
  - ○賢いエンドシステムを想定
    - ▹監視より情報のフィードバック

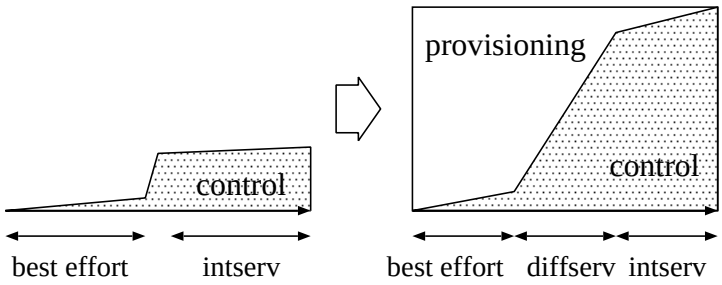
従来のQoSアプローチ

- QoS制御するかしないかの二者択一



より現実的なQoSアプローチ

- QoS制御の幅広い選択肢
- プロビジョニングも重要な要素
- DiffServは中間的なQoS制御



DiffServのアイデア

- 相対的なQoS (CoS: Class of Service)
- プロビジョニング
- TOSフィールドの再定義
- PHB (Per-Hop Behavior)
- DSドメイン
- 柔軟なサービスモデル

相対的なQoS (CoS: Class of Service)

- 絶対的なQoS: 遅延、帯域等の絶対値で指定
- 相対的なQoS: 通信品質の異なるクラス
  - 実現が容易
  - インターネット通信にむいている
  - 厳密な定義は難しい
- 絶対的なQoSと相対的なQoSは混在できる

プロビジョニング

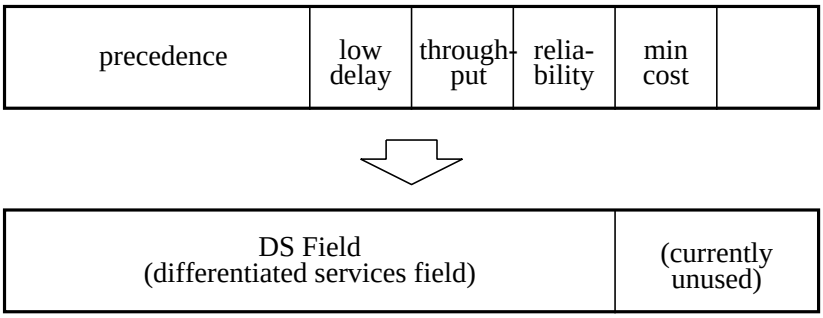
- □資源の余裕配分の重要な役割
- □制御と余裕資源配分のバランス
- □バランスポイント
  - ○コスト効率
  - ○運用の容易性
  - ○将来の拡張性
- □問題点
  - ○理論解析が困難

TOSフィールドの再定義

- □DSフールド
  - ○6ビット
- □DSCP (DiffServ Code Point)
  - ○個々のDSフィールド値
- □同時使用はたかだか64個
  - ○DSドメインにローカルな使用
    - ▹拡張性
  - ○少数の標準DSCP
    - ▹互換性

DiffServe CodePoint

- TOSフィールドをDSフィールドに再定義
  - 2ビットはECNのために残されている
  - IPv6のTraffic Classフィールドにも適用

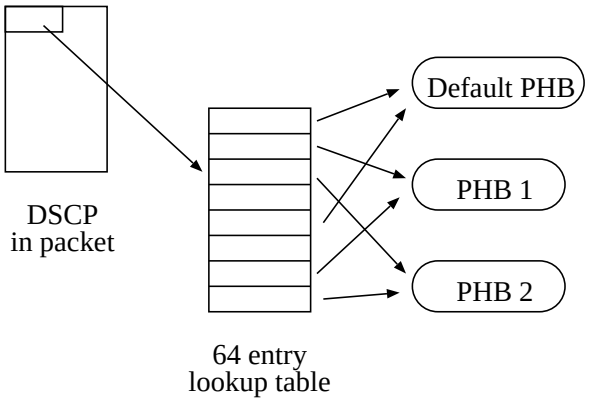


PHB (Per-Hop Behavior)

- フォワーディングのメカニズムの記述
  - 外部から観測できる挙動
    - 実装非依存
  - 集約したフローのみを扱う
    - 限られたDSCPスペース
    - スケーラビリティ

PHBの選択

- DSCPからテーブルを引いて対応するPHBを得る
  - 64個のテーブルエントリ
  - 複数のDSCPが同じPHBにマップ可能



DSドメイン

- インターネット・ピアリングモデル
  - ２階層構造
- 閉じたネットワーク
  - すべての流入パケットが監視可能
- パケットがDSドメインに入る所で
  - 少数のクラスに分ける
  - 対応するDSCPを書き込む
- DSドメイン内部で
  - DSCPのみを参照して優先制御
- 利点
  - DSドメイン内部を簡単にする
  - シグナリングの必要がない

サービスモデル

- □ユーザ契約、DSドメイン間契約
  - ○契約に従ったネットワークの設定
- □コンポーネント
  - ○個々のコンポーネントは単にメカニズムを提供
- □サービスの実現
  - ○ポリシ、プロビジョニング、コンポーネントの組み合わせ
  - ○契約を満足するサービスを実現するネットワークを構築
- □ISPの裁量の自由度の増加
  - ○新しいサービスメニューの提案が可能
  - ○工夫すればコストダウンできる
    - ▹さまざまなトレードオフ
  - ○ISPの力量が問われる

DiffServと既存技術との関係

- □TOS
  - ○TOSフィールド値をDSフィールド値にマップ可能
  - ○互換性を維持
- □ラベルスイッチング
  - ○DiffServの実現手段のひとつ
- □IntServ/RSVP
  - ○DiffServでコア・ネットワークをトネリング
    - ▹エッジでのみステートを持つ
    - ▹RSVPのスケーラビリティの向上

DiffServアーキテクチャへの要求 (1)

- 複数のネットワークにまたがる幅広いサービス
  やポリシに利用できる
- 特定のアプリケーションに依存しない
- 既存のアプリケーションを変更する必要がない
- シグナリングに依存しない
  - staticで簡単な構成が可能

DiffServアーキテクチャへの要求 (2)

- 簡単な構造のforwarding behaviorのみを規定
  - ルータのコストを上げない
  - 将来の高速ルータの障害にならない
- コア・ネットワークでは
  - マイクロフローやユーザごとの状態を持たない
  - 集約フローのみを扱う
  - 簡単なクラシファイア（BAクラシファイア）
- DiffServ非対応機器との相互運用
- 段階的な導入が可能

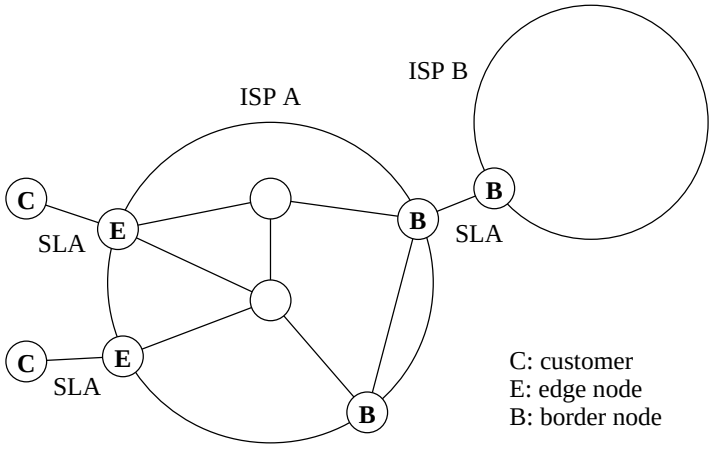
アーキテクチャモデル

- □ネットワークの入口
  - ○クラシファイ、コンディショニング
  - ○DSCPを設定 (behavior aggregate)
- □コア・ネットワーク
  - ○DSCPに対応したPHBによるフォワーディング

DSドメイン

- □インターネット・ピアリング・モデル
  - ○各DSドメインは内部の管理に責任
- □DSドメイン内部のノードは
  - ○共通のポリシで管理
  - ○共通のPHBのセットが設定
  - ○共通のDSCPを使用して運用
- □通常は、組織／部門、ISPなどが単位になる

DSドメイン (2)



DSサービス領域（リージョン）

- □相互運用が可能な連続したDSドメイン
  - ○ピアリングルールが確立している
    - ▹共通なDSCP、PHBの使用
    - ▹DSCPのマッピングが設定されている

エッジノードとコアノード

- □DSドメイン
  - ○エッジノードとコアノードで構成される
- □エッジノード
  - ○個別フローの処理（機能優先）
    - ▷ユーザごとの処理、状態保持
  - ○入口処理
    - ▷トラフィック・コンディショニング
  - ○出口処理
    - ▷ピアリング契約に応じたシェーピングや再マーキング
- □コアノード
  - ○集約フローのみ処理（性能優先）

Diffservの標準化 IETFでの活動

- □1997/08 Munich IETF
  - ○Int-serv WGが Diff-serv BOFを開いた
    - ▷Premium Service Model
    - ▷Drop precedence Model
    - ▷Cisco’s CoS
- □1998/03 IETF Diff-serv WG設立
  - ○大学、政府、ベンダ、ISPの大物が協力
    - ▷急速に標準化が進んでいる

Premium Service Model

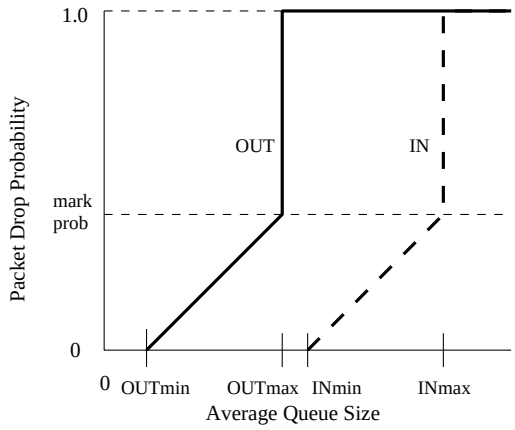
- □EF PHBの原型
  - ○V. Jacobson (LBL) の提案
- □低遅延の保証
  - ○単純な優先スケジューリング
  - ○帯域割り当ては十分小さくする （10%以下）
  - ○ポリシング
- □仮想専用線サービス
  - ○専用線と同様に使える
    - ▹集約によりジッタは増加
  - ○余剰帯域は利用可能
- □基本的にATMのCBRと同じ

Drop precedence Model

- □AF PHBの原型
  - ○D. Clark (MIT)の提案
- □RIO (RED with IN and OUT)
  - ○各パケットに契約内／外のマークを付ける
  - ○輻輳時には契約外パケットから廃棄
  - ○REDを拡張したRIOを提案
    - ▹バッファ管理のみの簡単な構造
    - ▹順序入れ換えが起こらない
- □最低帯域保証サービス

RIO (RED with In and Out)

- ○プロファイルに対してIN/OUTを判別
- ○IN、OUTパケットに独立したREDパラメータを与える
- ○輻輳が起こるとOUTパケットから先に廃棄される



Cisco's CoS

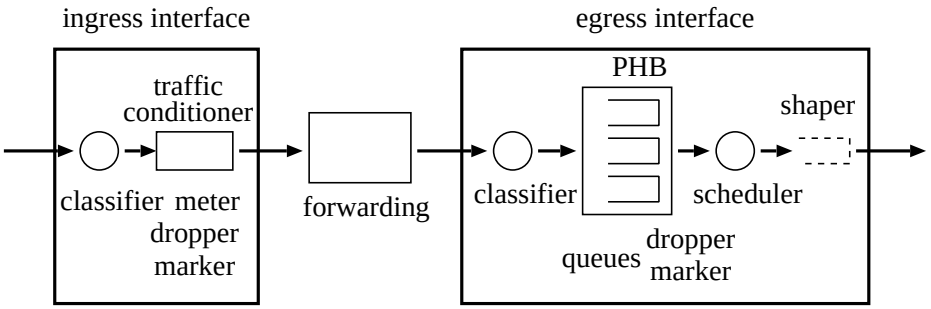
- □Class Selector PHBの原型
  - ○F. Baker (Cisco)の提案
- □CiscoのIP Precedenceの実装
  - ○クラスの相対的な差別化
  - ○WRED (Weighted RED): 7段階のRIO

IETF DiffServワーキンググループ

□相互運用に必要な最小限の取り決めの実現
- ○ドメイン間、ベンダー間の相互運用
- ○DSフィールドの規定 (RFC1394を更新する)
  - ▷IPv4のTOSフィールド
  - ▷IPv6のTraffic Classフィールド
- ○標準PHBを規定
  - ▷アーキテクチャ
  - ▷運用のために必要な具体的な使用例
  - ▷実証実験開始のための枠組
- ○やらないこと
  - ▷個別フローを特定するメカニズム
  - ▷マーキングをサポートするシグナリング
  - ▷エンド・エンド・サービスの定義
  - ▷SLA (Serviece Level Agreement)

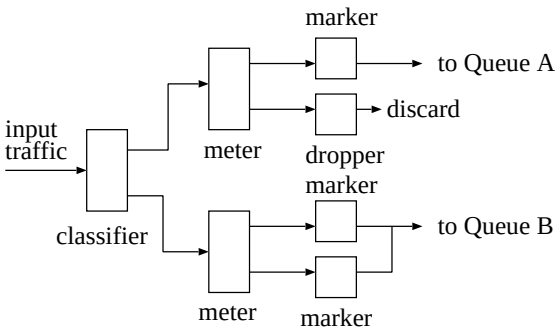
Diffservを構成するコンポーネント

- ○入力インターフェイス
  - ▷クラシファイア、トラフィック・コンディショナ
- ○出力インターフェイス
  - ▷クラシファイア、キュー構造（PHB）、シェーパー



トラフィック・コンディショニング

- 入力インターフェイス
  - クラシファイア
  - トラフィック・コンディショナ
    - メーター、 アクション・エレメント(marker, dropper)



example traffic conditioner

パケット・クラシフィケーション

- パケットを対応するクラスにマップ
- ２種類のクラシファイア
  - BA(Behavior Aggregate)クラシファイア
    - DSフィールドのみを参照
    - コアノードで使用される
  - MF(Multi-Field)クラシファイア
    - パケットヘッダのDSフィールド以外も参照
    - エッジノードで使用される
- パケット・フィルタ
  - マッチするパケットを検出するルール

トラフィック・プロファイル

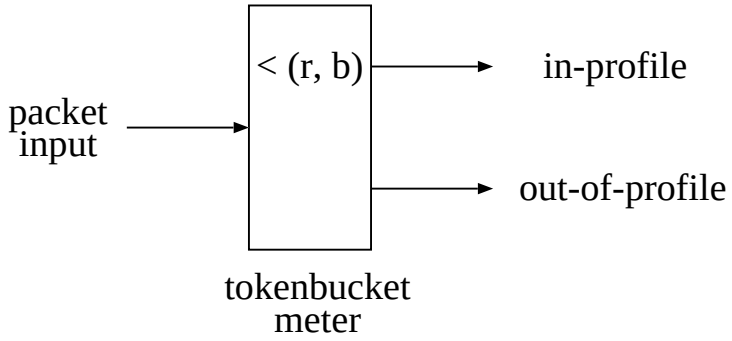
- **契約に指定されたルール**
  - **例：** token-bucket r, b
    - **パケットごとの判定**
      - in-profile: **契約値内**
      - out-of-profile: **契約値外**

メーター

- **クラシファイアが選択したパケットが**
  - **トラフィック・プロファイルに適合しているか判定**
- **メータの種類**
  - **平均レート**
  - **トークンバケット**
  - color-aware/color-blind

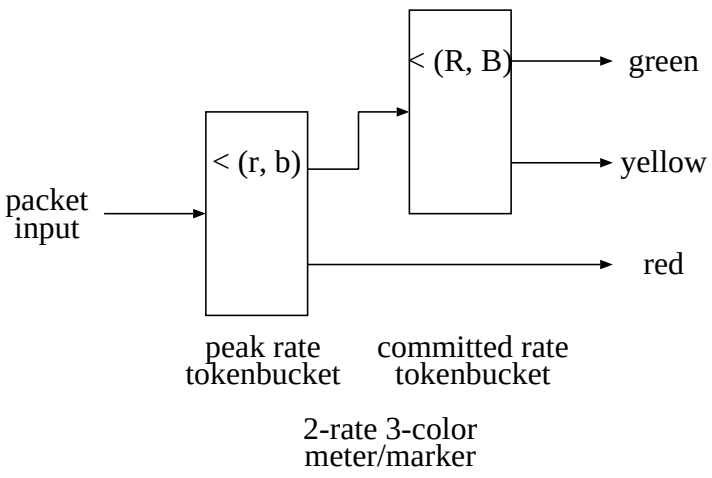
トークンバケット・メーター

- profile: r:rate, b:depth
- output: in-profile or out-of-profile



2-rate 3-color meter/marker

- peak profile: r:rate, b:depth
- committed profile: R:rate, B:depth
- output: green, yellow or red



アクション・エレメント

- □マーカ
  - ○DSフィールドに特定のDSCPを書き込む
- □シェーパー
  - ○パケットを遅延させてプロファイルに適合させる
  - ○（あまり使われない）
- □ドロッパ
  - ○パケットを廃棄する

PHB (Per-Hop Behavior)

- □パケットフォワーディング動作の記述
  - ○外部から観測できる記述 （特定の実装を指さない）
  - ○例
    - ▷最低帯域を保証する
    - ▷ウエイトに比例した余剰帯域の分配を行なう
- □PHBグループ
  - ○セットでひとつのクラスを構成する複数のPHB
    - ▷AFのDrop precedecnce
  - ○同一の属性を持つ独立した複数のPHB
    - ▷AFのClass

PHBの実装

- □パケットスケジューリング
- □バッファ管理
- □各集約フローは到着順序を守って送出する必要
  - ○トランスポートのパフォーマンス

標準PHB

- □Default PHB
- □Class Selector PHBグループ
- □EF PHB
- □AF PHBグループ

コードポイントの割り当て

□**コード空間**
- ○xxxxx0: Standard PHBs **（３２個）**
- ○xxxx11: Experimental/Local Use **（１６個）**
- ○xxxx01: Experimental/Local Use* **（１６個）**

□**スタンダード空間**
- ○000000: Default PHB **（１個）**
- ○xxx000: Class Selector PHBs **（７個）**
- ○cccdd0: Assured Forwarding PHBs (**１２個**)
  - ▷ccc: class {1,2,3,4} dd: drop prec {1,2,3}
- ○101110: Expedited Forwarding PHB **（１個）**

Default PHB

□DSCP = 000000

□**ベストエフォート**
- ○**スターブしない必要**
  - ▷**最低限の資源割り当てを保証する**

Class Selector PHBグループ

- IP Precedence互換の優先度指定
- Precedenceが大きい
  - 遅延が小さく、パケット損失も少ない
- 実装例
  - WFQ, WRR, CBQ

EF (Expedited Forwarding) PHB

- 低損失、低遅延、低ジッタサービス
- ２つの構成要素
  - PHB
    - 最低送出レートが保証される
  - Conditioning
    - すべてのノードで最大流入量を
      - 保証される最低送出レート以下にする
    - 厳密なポリシングの必要
    - 規定値を越える流入パケットは捨てる
- 実装例
  - PQ、WFQ, WRR, CBQ

AF (Assured Forwarding) PHBグループ

- ４つの独立したクラス
  - （例： ファース、ビジネス、エコノミー、マルチキャスト）
- 各クラスに３つのドロップPrecedence
  - ３レベルあればTCPをUDPから守れる
  - Precedenceに応じた確率的な廃棄
  - クラス内のパケット順序入れ換えの禁止

サービス構築例

- EFを使った仮想専用線
- AFを使った最低帯域保証

- （あくまでも理解を助けるための例です）

EFを使った仮想専用線サービスの例 (1)

- □**顧客契約**
  - ○connection: from <src> to <dst>
  - ○profile: <r>:rate, <b>:tokenbucket depth
    - ▷in-profile:
      - ▫delay: less than <msec>
      - ▫packet loss: less than <%>
    - ▷out-of-profile:
      - ▫discard
- □**エッジの設定**
  - ○classifier: <src><dst> to customer's TC
  - ○TC (traffic conditioner):
    - ▷tokenbucket meter: <r>,<b>
      - ▫in-profile: mark <EF DSCP>
      - ▫out-of-profile: drop

EFを使った仮想専用線サービスの例 (2)

- □Provisioning**の例**
  - ○DS**ドメイン内のすべてのルータで**
    - ▷EF**用に容量の１０%をリザーブ**
  - ○**サービスの販売**
    - ▷<src> to <dst>**のパス上のすべてのノードで**
      - ▫EF**の合計がリザーブ値を越えないように販売**
  - ○**保証できるパスの遅延を計算して顧客契約に反映**

AFを使った最低帯域保証サービスの例 (1)

- □**顧客契約**
  - ○connection: from <src>
  - ○committed profile: <R>:rate, <B>:tokenbucket depth
  - ○peak profile: <r>:rate, <b>:tokenbucket depth
    - ▷in-committed-profile: packet loss less than <%>
    - ▷in-peak-profile: packet loss less than <%>
    - ▷out-of-profile: best effort
- □**エッジの設定**
  - ○classifier: <src> to customer's TC
  - ○TC (traffic conditioner):
    - ▷trTCM: <R>,<B>,<r>,<b>
      - ▫green: mark <AF11 DSCP>
      - ▫yellow: mark <AF12 DSCP>
      - ▫red: mark <AF13 DSCP>

AFを使った最低帯域保証サービス (2)

- □Provisioning**の例**
  - ○DS**ドメイン内のすべてのルータで**
    - ▷AF1**用に容量の５０%を割り当てる**
  - ○**サービスの販売**
    - ▷**実績ベースで**green**パケットが廃棄されないように販売**
  - ○**トラフィック集中が発生する可能性**
    - ▷**実績ベース以外のルールの必要性**

DiffServの課題

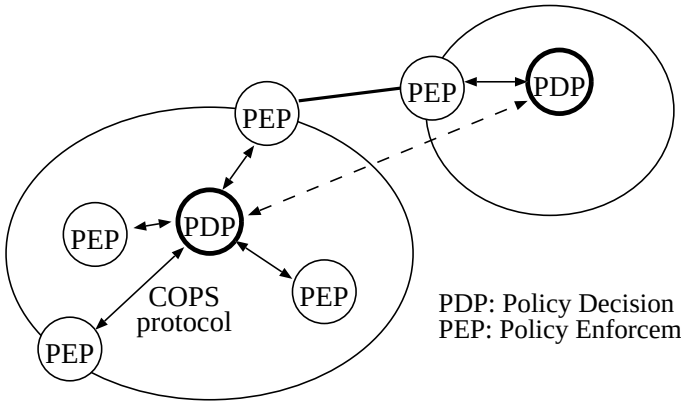
- □DSドメイン境界での再マーキング
- □受信者ベースのサービス
- □マルチキャスト
- □Bandwidth Broker
- □RSVP over DiffServ
- □DiffServ over MPLS

DSドメイン境界での再マーキング

- □等価なPHBへのマッピングが可能か？
- □契約量を越えた時
  - ○別のマッピングが可能か？

Bandwidth Broker

- 動的な資源配分のモデル
  - PDP: ポリシー管理サーバー
  - PEP: トラフィック制御をするルータ
- ポリシ管理プロトコルの枠組
  - COPSプロトコル



受信者ベースのサービス

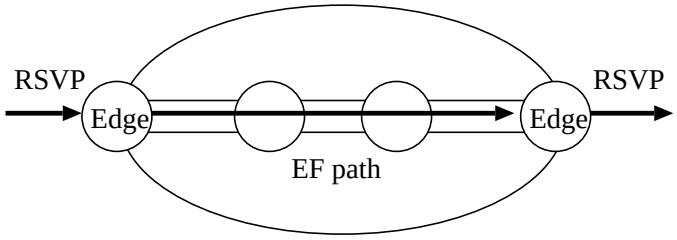
- DiffServは送信者の契約に応じた扱い
  - 受信者の契約が反映されない
  - 一般ユーザに利益が少ない
- 上位層で受信者契約を反映する仕組みが必要
  - 一種のシグナリング？
  - アイデアだけで実体はない

マルチキャスト

- ユニキャストと混在させる問題
  - より多くの資源を消費する可能性
- グループはダイナミックなのでProvisioningが困難
- 境界問題
  - ピアドメインとのマッピング

RSVP over DiffServ

- コア・ネットワークをDiffServでバイパス
  - エッジでのみRSVPの処理
  - RSVPのスケーラビリティの問題を解決



まとめ

- □ネットワーク・サービス
  - ○従来は機器ベンダーが機器機能として提供
  - ○今後はISPの運用技術として実現される
- □DiffServ
  - ○枠組は固まってきた
  - ○対応製品の登場
- □小規模ネットワークなら十分利用可能
- □大規模ネットワーク
  - ○運用については分かっていない
  - ○実証実験をとおした経験の蓄積が必要

<関連リンク>
IETF: http://www.ietf.org/
IETF diffserv WG:
http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html
IETF intserv WG: http://www.ietf.org/html.charters/intserv-charter.html
IETF issll WG: http://www.ietf.org/html.charters/issll-charter.html
IETF rsvp WG: http://www.ietf.org/html.charters/rsvp-charter.html
RSVP: http://www.isi.edu/rsvp/
ALTQ: http://www.csl.sony.co.jp/~kjc/software.html

<関連書籍>
Differentiated Services for the Internet. K. Kilkki.
ISBN 1-57870-132-5. 1999.
Quality of Service. P. Ferguson and G. Huston.
Wiley, ISBN 0-471-24358-2. 1998.
An Engineering Approach to Computer Networking. S. Keshav.
Addison-Wesley, ISBN 0-201-63442-2. 1997.
High-speed Networks: TCP/IP and ATM Design Principles. W.
Stallings.
Prentice Hall, ISBN 0-13-904954-1. 1998.
Gigabit Networking. C. Partridge.
Addison-Wesley, ISBN 0-201-56333-9. 1993.