

**TTC標準**  
Standard

JT-Y1221

IP ネットワークにおけるトラフィック  
制御と輻輳制御方式

Traffic control and congestion control in  
IP based networks

第2版

2013年2月21日制定

一般社団法人  
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE



本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。  
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

## 目次

<参考>	5
1 本標準の範囲	6
2 参考文献	6
2.1 ITU 勧告、TTC 標準及び ISO/IEC 標準規格	6
2.2 IETF 文書	6
2.3 TTC で簡略標準化された IETF 文書	7
3 略語および用語	7
3.1 略語	7
3.2 用語	8
4 まえがき	9
5 トラヒックパラメータと記述子	9
5.1 定義	9
5.2 トラヒックパラメータとトラヒック記述子に関する要求条件	10
5.3 トラヒックパラメータ仕様	10
6 IP 転送能力	11
6.1 専用帯域 (DBW) 転送能力	11
6.2 統計的帯域 (SBW) 転送能力	12
6.3 ベストエフォート (BE) 転送能力	13
6.4 遅延に敏感な統計的帯域 (DSBW) 転送能力	14
6.5 条件付き専用帯域 (CDBW) 転送能力	15
7 トラヒック制御、輻輳制御、および過負荷措置のための機能	18
7.1 トラヒック制御機能	19
7.2 輻輳制御および過負荷措置のための機能	20
8 IP トラヒック・エンジニアリングの方法とツール	20
付属資料 A トークンバケットと一般バイト速度アルゴリズム (GBRA)	21
A.1 トークンバケット	21
A.2 連続状態トークンバケット	21
A.3 一般バイト速度アルゴリズム	22
A.4 仮想スケジューリング・バイト速度アルゴリズム	22
A.5 連続状態リーキーバケットバイト速度アルゴリズム	22
付属資料 B 2つの協調的一般バイト速度アルゴリズムの振る舞い	24
付録 I トークンバケットの振る舞いの例	25
I.1 単一速度、単一トークンバケットのフローの特徴付け	25
I.2 2速度、2トークンバケット ( $B_p < B_s$ ) のフローの特徴付け	27
I.3 2速度、2トークンバケット ( $B_p > B_s$ ) のフローの特徴付け	28
付録 II IPTC/QoS クラスと IETF IntServ/DiffServ 仕様の間の関係	30
II.1 適切な QoS クラスに関連づけられた専用帯域 IPTC	30
II.2 適切な QoS クラスと関連付けられた統計的帯域 IPTC	31
付録 III Diffserv 環境で IP 転送能力を使用するサービスをサポートするためのガイドライン	32
III.1 全ての TTC 標準 JT-Y1221 転送能力に適用可能なガイドライン	32
III.2 DBW ガイドライン	32

III.3 SBW ガイドライン .....	32
III.4 BE ガイドライン .....	33
付録 IV – トークンバケットパラメータ決定方法の例 .....	34
付属資料 a. エンド・トゥ・エンド品質保証のためのトラヒック規定 .....	36
a.1. 適用範囲 .....	36
a.2. トークンバケットパラメータの決定方法 .....	39
a.3. トークンバケットパラメータの規定 .....	44

## <参考>

### 1. 国際勧告等の関連

本標準は、2002年3月に勧告化が承認されたITU-T勧告Y.1221に準拠している。

### 2. 上記国際勧告等に対する追加項目等

#### 2.1 オプション選択項目

特になし

#### 2.2 ナショナルマター項目

特になし

#### 2.3 原標準に対する変更項目

原標準ITU-T勧告Y.1221 Annex. A.2に見られる誤記を以下のように変更し、適切な表記に修正した。

原標準： $Tc' = Tc + R*(ta - LCT)$

修正後： $Tc' = \min(Tc + R*(ta - LCT), B)$

また、原標準では、“token bucket size”および“rate of token bucket”を示す文脈において複数の表記がみられるが、翻訳に際し、原則「トークンバケットサイズ」および「トークンバケット速度」に統一した。

#### 2.4 その他

本標準は、ITU-T勧告Y.1221に対し、内容を補足するために下記の事項を付属資料として追加する。

- (a) エンド・トゥ・エンド品質保証のためのトラヒック規定（付属資料 a）。

#### 2.5 現勧告との章立て構成比較表

上記国際勧告との章立て構成の相違はない。

### 3. 改版の履歴

版数	制定日	改版内容
第1.0版	2010年5月26日	制定
第2.0版	2013年2月21日	付属資料 a.3. トークンバケットパラメータの規定を追加

### 4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等の実施の権利に係る確認書」の提出状況は、TTC ホームページで御覧になれます。

### 5. 標準策定部門

NGN&FN(Future Networks)専門委員会

## 1 本標準の範囲

本標準は IP ネットワークにおけるトラフィック制御と輻輳制御の手順について述べる。これらの制御手順は、ユーザとネットワークの間で QoS が交渉される QoS 付きサービスをサポートするために必要である。

トラフィック制御とは、交渉された IP ネットワーク性能目標を満足すること、および輻輳状態の回避を可能にすることを目的とした全てのネットワーク動作のことである。

輻輳制御とは、輻輳の強度、広がり、継続時間を最小限に抑えるためにとられる全てのネットワーク動作のことである。

本標準は、一般説明とともに、トラフィック制御と輻輳制御の目的と手順について述べる。特に、ユーザとネットワーク間のトラフィック契約の概念について述べる。また、IP 転送能力 (IPTC) について、IPTC 毎にサービスモデル、関連するトラフィックパターン、適合性定義を含めて規定する。

## 2 参考文献

下記の ITU-T 勧告および他の参考文献は、本標準の本文の中で参照されることにより本標準の規定となる規定を含む。本標準発行時点では以下に示した版が有効であった。全ての標準および他の参考文献は改版される可能性がある。そのため、本標準の利用者は、以下に示した標準および参考文献の最新版を適用する可能性について調査するよう推奨する。現在有効な ITU-T 勧告のリストは定期的に発行される。

### 2.1 ITU 勧告、TTC 標準及び ISO/IEC 標準規格

- [I.371] "広帯域 ISDN におけるトラフィック制御と輻輳制御(Traffic control and congestion control in B-ISDN)," TTC 標準 JT-I371 第 3 版, 情報通信技術委員会(The Telecommunication Technologies Committee)、2001 年
- [Y.1241] ITU-T 勧告 Y.1241," Support of IP-based services using IP Transfer Capabilities," 2001 年
- [Y.1540] "インターネットプロトコルデータ通信サービス – IP パケット転送性能パラメータと可用性パラメータ(Internet protocol data communication service - IP packet transfer and availability performance parameters)," TTC 標準 JT-Y.1540 第 1 版, 情報通信技術委員会(The Telecommunication Technologies Committee)、2001 年
- [Y.1541] "IP ベースサービスにおけるネットワーク性能目標(Network performance objectives for IP-based services)," TTC 標準 JT-Y.1541 第 2 版, 情報通信技術委員会(The Telecommunication Technologies Committee)、2002 年

### 2.2 IETF 文書

- [RFC768] "User Datagram Protocol," RFC768, IETF, 1980 年 8 月
- [RFC791] "Internet Protocol – DARPA Internet Program – Protocol Specification)" RFC791, IETF, 1981 年 9 月
- [RFC793] "Transmission Control Protocol - DARPA Internet Program - Protocol Specification," RFC793,, IETF, 1981 年 9 月
- [RFC1633] "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview," RFC1633, IETF, 1994 年 7 月

- [RFC2210] "The use of RSVP with IETF Integrated Services," RFC2210, IETF, 1997年9月
- [RFC2474] "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the Ipv4 and Ipv6 Headers," RFC2474, IETF, 1998年12月
- [RFC2475] "An Architecture for Differentiated. Services," RFC2475, IETF, 1998年12月
- [RFC2481] "A Proposal to Add Explicit Congestion Notification (ECN) to IP," RFC2481, IETF, 1999年1月
- [RFC2598] "An Expedited Forwarding PHB," RFC2598, IETF, 1999年6月

### 2.3 TTCで簡略標準化されたIETF文書

- [RFC2211] "負荷制御ネットワーク要素サービスの仕様(Specification of the Controlled-Load Network Element Service)、" TTC標準 JF-IETF-RFC2211, 情報通信技術委員会(The Telecommunication Technologies Committee)、2010年5月
- [RFC2212] "品質保証型サービス(Specification of Guaranteed Quality of Services)、" TTC標準 JF-IETF-RFC2212, 情報通信技術委員会(The Telecommunication Technologies Committee)、2010年5月
- [RFC2597] "AF型ホップ単位動作グループ(Assured Forwarding PHB Group)、" TTC標準 JF-IETF-RFC2597, 情報通信技術委員会(The Telecommunication Technologies Committee)、2010年5月
- [RFC3246] "EF型ホップ単位動作(An Expedited Forwarding PHB (Per-Hop Behaviour))、" TTC標準 JF-IETF-RFC3246, 情報通信技術委員会(The Telecommunication Technologies Committee)、2010年5月
- [RFC3260] "DiffServのための新しい用語の定義および明確化 (New Terminology and Clarifications for Diffserv)、" TTC標準 JF-IETF-RFC3260, 情報通信技術委員会(The Telecommunication Technologies Committee)、2010年5月

## 3 略語および用語

### 3.1 略語

本標準では以下の略語を用いる。

B	Bucket size of a token bucket	トークンバケットのバケットサイズ
BE	Best Effort	ベストエフォート
Bp	Bucket size of peak token bucket	ピークトークンバケットのバケットサイズ
Bs	Bucket size of sustainable token bucket	持続可能トークンバケットのバケットサイズ
DBW	Dedicated Bandwidth IP transfer capability	専用帯域 IP 転送能力
DS	Differentiated services (IP header field)	差別化サービス (IP ヘッダフィールド)
GBRA	Generic Byte Rate Algorithm	一般バイト速度アルゴリズム
GCRA	Generic Cell Rate Algorithm	一般セル速度アルゴリズム
IETF	Internet Engineering Task Force	インターネット技術タスクフォース
IP	Internet Protocol	インターネット・プロトコル
IPDV	IP Delay Variation	IP 遅延ゆらぎ
IPLR	IP Loss Ratio	IP 損失率
IPTC	IP Transfer Capability	IP 転送能力

IPTD	IP Transfer Delay	IP 転送遅延
LR	Line Rate	回線速度
M	Maximum allowed packet size	最大許容パケット長
N	Size (in byte) of an IP packet	1 パケットの長さ (バイト)
PC	Parameter Control	パラメータ制御
QoS	Quality of Service	サービス品質
R	Rate of a token bucket	トークンバケット速度
Rp	Rate of peak token bucket	ピークトークンバケット速度
Rs	Rate of sustainable token bucket	持続可能トークンバケット速度
SBW	Statistical Bandwidth IP Transfer Capability	統計的帯域 IP 転送能力
TB	Token Bucket	トークンバケット
TC	Transfer Capability	転送能力
ToS	Type of Service (IP header field, see DS)	サービスタイプ (IP ヘッダフィールド、DS 参照)

### 3.2 用語

本標準では、以下の用語を用いる。

3.2.1 適合：適合とは指定された標準インタフェースにおいて、一つ以上の評価基準をフローに適用することである。

3.2.2 輻輳：既に確立したフローに対する性能目標および交渉された QoS 契約を達成できないネットワークにおけるネットワーク構成要素（例えば、ルータやスイッチ）の状態のことである。

3.2.3 IP フロー：ある与えられたインタフェースにおける IP フローは、そのインタフェースにおける、ある与えられた分類にマッチする IP パケット群の発生のことである。（5.1.2 参照）。

3.2.4 IP トラフィック制御：ネットワーク性能目標と交渉された QoS 契約を達成するためのネットワーク上のアクションのことである。

3.2.5 IP 輻輳制御：輻輳の強度、広がり、継続時間を最小限にするためにとられる全てのネットワーク動作のことである。

3.2.6 IP 転送能力：IP フローを転送するために IP ネットワークが提供する一連のネットワーク能力である。

3.2.7 過負荷：バッファオーバーフローにより、QoS 契約のないフローのパケット廃棄をもたらすネットワーク構成要素の状態のことである。

3.2.8 パケット分類：適切なトラフィック制御と輻輳制御を適用するために IP パケットを識別するプロセスのことである（5.1.1 参照）。

3.2.9 トラフィック契約：与えられたインタフェースでのトラフィック契約は、与えられた IP フローに対して、選択された IP 転送能力（6 項参照）、そのインタフェースにおけるトラフィック記述子、および QoS



クラス (TTC 標準 JT-Y1541 参照) により定義される。5.1.5 参照。

3.2.10 トラヒック記述子：トラヒック記述子は、与えられた標準インタフェースにおいて、トラヒック契約 (5.1.5 参照) の一部として IP フローのトラヒック特性をとらえるために使用されるトラヒックパラメータの組である。5.1.4 参照。

3.2.11 トラヒックパラメータ：トラヒックパラメータは フローの一側面を記述する。5.1.3 参照。

## 4 まえがき

トラヒック制御手順と輻輳制御手順の第一の役割は、IP ネットワーク 性能目標と QoS 契約を達成するために IP ネットワークと、そのネットワークに入って来るトラヒックを保護することである。トラヒック制御と輻輳制御は、IP ネットワーク資源利用の最適化を可能にする。

IP ネットワークで、輻輳は、既に確立したフローに対する性能目標および交渉された QoS 契約を達成できないネットワークにおけるネットワーク構成要素(例えば、ルータやスイッチ)の状態と定義される。

輻輳は、バッファオーバーフローにより IP パケット損失が起こっているが、交渉された QoS は満足しているという状態と区別する必要がある。ベストエフォートサービスのように QoS 契約がないサービスについては、輻輳ではなく過負荷という用語を用いる。

本標準は、一連のトラヒック制御と輻輳制御の能力を定義する。ネットワーク効率を上げるために、これら以外の追加的トラヒック制御を使用するというような、追加的能力を考慮することが適切なこともある。

トラヒック制御手順は IP パケットフローに適用されることに注意すべきである。ある IP フローに対しては、ユーザが生成した IP パケットフローがトラヒック契約に適合するという前提のもとで、ネットワークは QoS 目標達成の責任をもつ。ユーザとネットワークの間でトラヒック契約がない IP フローに対して、ネットワークはベストエフォートサービスを提供しても良い。

## 5 トラヒックパラメータと記述子

### 5.1 定義

#### 5.1.1 IP パケット分類

通常、多くの異なる送信元からの IP パケットはある与えられたインタフェースを通過し、多くの異なる宛先に送られる。IP トラヒック制御と輻輳制御では、IP パケットを全て同様に扱うのではなく、その目的や通信モードに従って異なる扱いをすることが必須である。そのため、IP パケットを適切に分類することが有用である。適切なトラヒック制御と輻輳制御を適用するために IP パケットを識別するプロセスを IP パケット分類と呼ぶ。IP パケット分類は、送信元アドレス、宛先アドレス[RFC 791]および TOS/DS フィールド[RFC 791/RFC 2474]からなる IP ヘッダフィールドの中の情報に基づいて行う。分類の詳細度は使用目的により異なる。その例を以下に示す。

- 例 1：ある与えられた送信元アドレスからある与えられた宛先アドレスに対して流れる IP パケットを認識するため、送信元アドレスフィールドと宛先アドレスフィールドの全体を分類に使用する。
- 例 2：ある与えられた送信元アドレスからある与えられた宛先アドレスに対して、ある与えられたサービスレベルで流れる IP パケットを認識するため、送信元アドレスフィールドと宛先アドレスフィールドの全体および DS フィールドを分類に使用する。

- 例3:ある与えられたサブネット内の送信元から別の与えられたサブネット内にある宛先に流れる IP パケットを認識するため、それぞれのサブネットマスクを送信元アドレスフィールドと宛先アドレスフィールドに適用する。

注:本標準の現在の版では IP4 版に対するパケット分類のみを扱う。IPv6 および MPLS に対する分類は将来の課題である。

### 5.1.2 IP フローと IP サブフロー

ある与えられたインタフェースにおける IP フローは、そのインタフェースにおける、ある与えられた分類にマッチする IP パケット群の発生と定義される (5.1.1 参照)。IP フローは一つのアプリケーション・セッションからのパケットより成ることもあるし、複数のアプリケーション・セッションからのトラヒックが集約したものであることもある。一つの分類が異なるサブ分類 (サブ分類がオーバーラップする場合もしない場合もある) に再分割されることもある。その場合、対応する IP フロー内で、異なる複数の IP サブフローが認識されることになるであろう。

### 5.1.3 トラヒックパラメータ

トラヒックパラメータは、フローの一側面を記述する。それは定性的である場合と定量的である場合がある。トラヒックパラメータの例としては、ピークビット速度、ピークパケット速度、平均ビット速度、平均または最大パケット長、フローの (平均または最大) バースト長、等がある。

### 5.1.4 トラヒック記述子

トラヒック記述子は、与えられた標準インタフェースにおいて、トラヒック契約 (5.1.5 参照) の一部として IP フローのトラヒック特性をとらえるために使用されるトラヒックパラメータの組である。

### 5.1.5 トラヒック契約

ある与えられたインタフェースでのトラヒック契約は、与えられた IP フローに対して、選択された IP 転送能力 (6 項参照)、そのインタフェースにおけるトラヒック記述子、および QoS クラス (TTC 標準 JT-Y1541 参照) により定義される。

## 5.2 トラヒックパラメータとトラヒック記述子に関する要求条件

トラヒック記述子に含まれるトラヒックパラメータは以下の条件を満たすべきである。

- インタフェースの両側で同じように解釈される。
- ネットワーク性能要求条件を満たすための資源割り当て方式において意味がある。
- パラメータ制御 (PC) により強制できる。 7.1.3 参照。

## 5.3 トラヒックパラメータ仕様

### 5.3.1 参照構成

将来の検討課題。

### 5.3.2 トラフィックパラメータの説明

トラフィック記述子で使用されるトラフィックパラメータとして以下を定義する。

#### 5.3.2.1 最大許容パケット長

最大許容パケット長  $M$  の単位はバイトである。各 IPTC に対して必須のトラフィックパラメータである。

#### 5.3.2.2 GBRA またはトークンバケット

付属資料 A で述べる一般バイト速度アルゴリズム (GBRA) またはトークンバケット (TB) は、速度および関連するバースト性を特徴付けるために用いられる。両概念は同等で、以下の 2 つのパラメータの組を用いる。

- トークンバケット速度  $R$  (単位: バイト/秒)
- トークンバケットサイズ  $B$  (単位: バイト)

トラフィック記述子には、トークンバケットを含まない場合も、一つ以上の (それぞれ  $R$  と  $B$  の値付きの) トークンバケットを含む場合もある。

現在の一連の IP 転送能力 (6 項参照) は、ピーク TB (パラメータとしてピーク速度  $R_p$  とピークトークンバケットサイズ  $B_p$  を含む) と持続可能 TB (パラメータとして持続可能速度  $R_s$  と持続可能トークンバケットサイズ  $B_s$  を含む) を認識する。

## 6 IP 転送能力

IP 転送能力は、IP パケットを転送するために IP ネットワークが提供する一連のネットワーク能力である。各 IP 転送能力に対して、サービスモデル、トラフィック記述子、適合性定義および、もしあれば QoS 契約が定義される。IP 転送能力は一連のトラフィック制御と輻輳制御の機能によりサポートされている。

複数のアプリケーションに複数の QoS クラスを提供し、またネットワーク資源の利用を最適化するため、IP ネットワークは複数の転送能力を提供できるべきである。

3 つの IP 転送能力が定義されている:

- 専用帯域 (DBW) IP 転送能力
- 統計的帯域 (SBW) IP 転送能力
- ベストエフォート (BE) IP 転送能力

この 3 種の IP 転送能力は、現行の IP サービスモデルに基づいており、将来、拡張されることもありうる。

### 6.1 専用帯域 (DBW) 転送能力

#### 6.1.1 説明

専用帯域 (DBW) 転送能力は、遅延要求条件が厳しいアプリケーションをサポートすることを意図している。ネットワークのエンド・エンド・パス上での保証したタイムリーな IP パケット転送をサポートすることを目的としている。

DBW 転送能力は、品質保証型サービス (Guaranteed Service, GS) [RFC 2212] や EF 型ホップ単位動作 (Expedited Forwarding per-hop behaviour, EF-PHB) [RFC 2598] に基づくエンド・エンド・サービスとの整合性を保とうと努めている。

### 6.1.2 サービスモデル

DBW IP 転送能力を使用できるのは、トラフィックを一つのトークンバケットで特徴付けるアプリケーションである。

ネットワークの責任は、全てのパケットが適合性検査に合格しているとき、全 IP パケットに対して、交渉された IP QoS を保証することである。DBW ユーザは、(場合によっては全ての) 不適合パケットがネットワークで廃棄されると考えるべきである。

DBW 能力は、指定した損失契約 (IP 損失率 IPLR) および指定した遅延契約 (IP 転送遅延 IPTD と IP 遅延ゆらぎ IPDV) と関連づけることができる。(TTC 標準 JT-Y1541 参照)。

ネットワークはパケットをフラグメント化しない。さらに、ネットワークは、パケット順序の完全性をできるだけ長く(例えば、フローを再ルーチングする必要があるまで) 維持しようと試みる。

### 6.1.3 トラフィック記述子

トラフィック記述子は以下のパラメータから成る。

- 5.3.2.2 で規定したピーク速度  $R_p$  とピークトークンバケットサイズ  $B_p$
- 5.3.2.2 で規定した最大許容パケット長  $M$

### 6.1.4 適合性定義

IP パケットは、その到着が以下の 2 つに適合しているとき、適合と定義される。

- 到着が  $GBRA(R_p, B_p)$  に適合している。
- 実際のパケット長が最大許容パケット長  $M$  を超えない。

GBRA は、適合パケットに対してのみ更新される。

### 6.1.5 QoS 契約

DBW 能力は、指定した損失契約および指定した遅延契約と関連づけることができる。

全パケットが適合しているならば、QoS 契約は全 IP パケットに適用される。DBW ユーザは、(場合によっては全ての) 不適合パケットがネットワークで廃棄されると考えるべきである。全パケットが適合している訳ではない場合、ネットワークは、パケットの一部、例えば適合している一定量のパケット、に対して QoS 契約を適用することに決めるかもしれない。

## 6.2 統計的帯域 (SBW) 転送能力

### 6.2.1 説明

統計的帯域 (SBW) 転送能力は、遅延要求条件が厳しくないアプリケーションをサポートすることを意図している。ネットワークのエンド・エンド・パス上の保証した IP パケット転送をサポートすることを目的としている。

SBW 転送能力は、負荷制御型サービス (Controlled-Load Network Element Service, CL) [RFC 2211]、および AF 型ホップ単位動作 (Assured Forwarding per-hop behaviour, AF-PHB) [RFC 2597] に基づくエンド・エンド・サービスとの整合性を保とうと努めている。

## 6.2.2 サービスモデル

SBW 転送能力は、バースト継続時間が限定されており、GBRA( $R_s, B_s$ )を超えるトラヒックは利用可能資源の制限内で転送されると期待する非実時間アプリケーションに対して、指定した持続可能速度 ( $R_s$ ) を提供する。

以下に、SBW ユーザが受ける契約の例を 2 つ示す。

- ユーザが、 $R_s$  以下の一定速度で適合パケットを送信する場合の契約は、それらの全てのパケットが、関連する QoS クラスに対応してネットワーク上を転送されるということである。
- ユーザが長期にわたってパケットを送信しておらず、GBRA( $R_s, B_s$ )で定めた上限を超えない継続時間のバーストで適合パケットを送信する場合の契約は、それらの全てのパケットが、関連する QoS クラスに対応してネットワーク上を転送されるということである。

SBW 能力では、ユーザは GBRA( $R_s, B_s$ )を超えて適合パケットを送信してもよいが、この制限を超えたトラヒックは、利用可能な資源の制限内でのみ転送される。

SBW 能力は、指定されたパケット損失契約と関連づけられていることがある。

ネットワークはパケットをフラグメント化しない。さらに、ネットワークは、パケット順序の完全性をできるだけ長く(例えば、フローを再ルーティングする必要があるまで)維持しようと試みる。

## 6.2.3 トラヒック記述子

トラヒック記述子は以下のパラメータから成る：

- 5.3.2.2 で規定したピーク速度  $R_p$  とピークトークンバケットサイズ  $B_p$
- 5.3.2.2 で規定した持続可能速度  $R_s$  と持続可能トークンバケットサイズ  $B_s$
- 5.3.2.1 で規定した最大許容パケット長  $M$

## 6.2.4 適合性定義

IP パケットは、その到着が以下の 3 つに適合しているとき、適合と定義される：

- 到着がピーク GBRA( $R_p, B_p$ ) に適合している。
- 到着が持続可能 GBRA( $R_s, B_s$ ) に適合している。
- 実際のパケット長が最大パケット長  $M$  を超えない。

GBRA は、適合パケットに対してのみ、協調モード(付属資料 B 参照)で更新される。

## 6.2.5 QoS 契約

SBW 能力は、指定のパケット損失契約と関連づけられていることがある。

全パケットが適合しているならば、QoS 契約は全パケットに適用される。そうでない場合、QoS 契約は適合パケット内の幾つかのバイトに適用される。不適合トラヒックは、利用できる資源の制限内で転送される。

## 6.3 ベストエフォート (BE) 転送能力

### 6.3.1 説明

ベストエフォート IP 転送能力は、損失、遅延要求条件が厳しくないアプリケーションをサポートすることを意図している。

### 6.3.2 サービスモデル

ベストエフォート IP 転送能力のサービスモデルでは、利用可能資源をベストエフォートフローのパケット転送に使うことが要求される。QoS 契約は指定されていなくても、十分な資源がある限り、パケットは転送されることが期待される。

### 6.3.3 トラフィック記述子

- 最大許容パケット長  $M$

### 6.3.4 適合性定義

最大パケット長  $M$  に適合する必要がある。

### 6.3.5 QoS 契約

この転送能力に対して絶対的 QoS 要求はない。

## 6.4 遅延に敏感な統計的帯域 (DSBW) 転送能力

### 6.4.1 説明

遅延に敏感な統計的帯域 (DSBW) 転送能力は、遅延ゆらぎに関する要求条件がないアプリケーションをサポートすることを意図している。ネットワークのエンド・エンド・パス上での保証したタイムリーな IP パケット転送をサポートすることを目的としている。

DSBW 転送能力は、負荷制御型サービス (CL) [RFC 2211] および AF 型ホップ単位動作 (AF-PHB) [RFC 2597] に基づくエンド・エンド・サービスとの整合性を保つ。

### 6.4.2 サービスモデル

DSBW 転送能力は、バースト継続時間が限定されており、 $GBRA(R_s, B_s)$  を超えるトラフィックは利用可能資源の制限内で転送されると期待する非実時間アプリケーションに対して、指定された持続可能速度 ( $R_s$ ) を提供する。

以下に、DSBW ユーザが受ける契約の例を 2 つ示す。

- ユーザが  $R_s$  以下の一定速度で適合パケットを送信する場合の契約は、関連する QoS クラスに対応する性能で、パケットをタイムリーに転送するということである (表 VI.1/TTC 標準 JT-Y1541 参照)。
- ユーザが長期にわたってパケットを送信しておらず、 $GBRA(R_s, B_s)$  で定めた上限を超えない継続時間のバーストで適合パケットを送信する場合の契約は、それらのパケットが、関連する QoS クラスに対応した性能でタイムリーにネットワーク上を転送されるということである。

DSBW 能力では、ユーザは  $GBRA(R_s, B_s)$  を超えて適合パケットを送信してもよいが、この制限を超えたトラフィックは利用可能な資源の制限内でのみ転送される。

DSBW 能力は、タイムリーなパケット転送を保証するため、指定されたパケット損失契約とパケット転送遅延契約と関連付けられていることがある。

ネットワークはパケットをフラグメント化しない。さらに、ネットワークは、パケット順序の完全性をできるだけ長く (例えば、フローを再ルーティングする必要があるまで) 維持しようと試みる。

### 6.4.3 トラフィック記述子

トラフィック記述子は以下のパラメータから成る。

- 5.3.2.2 で規定したピーク速度  $R_p$  とピークトークンパケットサイズ  $B_p$
- 5.3.2.2 で規定した持続可能速度  $R_s$  と持続可能トークンパケットサイズ  $B_s$
- 5.3.2.1 で規定した最大許容パケット長  $M$

### 6.4.4 適合性定義

IP パケットは、その到着が以下の3つに適合しているとき、適合と定義される。

- 到着がピーク GBRA( $R_p, B_p$ )に適合している。
- 到着が持続可能 GBRA( $R_s, B_s$ )に適合している。
- 実際のパケット長が最大パケット長  $M$  を超えない。

GBRA は、適合パケットに対してのみ、協調モード（付属資料 B 参照）で更新される。

### 6.4.5 QoS 契約

SBW 能力は、指定された損失契約と関連付けられているかもしれない。

全パケットが適合しているならば、QoS 契約は全パケットに適用される。さもなければ、QoS 契約は、適合パケット内の幾つかのバイトに適用される。不適合トラフィックは、ネットワーク提供者の判断により、利用できる資源の制限内で転送されるかもしれないし、廃棄されるかもしれない。

下の表は、この提案に従った場合の、TTC 標準 JT-Y1541 の QoS クラスと本標準の転送能力の間のマッピングの要約を示す。

表 1/JT-Y1221 . JT-Y1541 QoS クラスから JT-Y1221 転送能力へのマッピングの要約

	JT-Y1541 の QoS クラス					
	クラス 0	クラス 1	クラス 2	クラス 3	クラス 4	クラス 5
本標準の 転送能力	DBW		DSBW			BE

## 6.5 条件付き専用帯域（CDBW）転送能力

### 6.5.1 説明

条件付き専用帯域（CDBW）転送能力は、遅延要求条件が厳しく、様々な（アプリケーション依存の）損失要求条件のあるアプリケーションをサポートすることを意図している。しかし、それは、通常極めて低損失を要求する、または、まれに起こる短時間のバースト損失を許容できるアプリケーションを対象としている。これらのアプリケーションが放送品質の映像を含む可能性は低い、音声および低品質映像（ホームビデオを含む）の転送をサポートすることはありうる。

CDBW は、簡易インバンド信号方式を用いた最低限の交渉と共に以下をサポートすることを目的としている。

- ほとんどのフローに対して、その継続時間中、極めて低いパケット損失。ネットワークがそのようなフローをこの QoS 契約の分類に「受け入れる」ことにほぼ相当する。

- 上記の分類として受け入れることはできないが、転送パスの提供が拒否されていない（典型的には）少数のフロー上の最悪レベルのパケット損失。

- ネットワークのエッジ・エッジ・パス上の IP パケットに対する低い遅延。

CDBW 転送能力は、共通の物理リンクを共有する一つ以上の IP フローの存在を認識する。IP フローは、同じ送信元 IP アドレス、宛先 IP アドレス、送信元および宛先のポート番号、および実験的/diffserv 値を持つ一つ以上のパケットから成る。CDBW の IP フローはいずれも、ポリシング最大速度を持つ。この最大速度を超えるフローでは、過剰パケットは廃棄すべきである。

各フローには、各ネットワークノードで、そのフローがどのように扱われているかに応じて、フロー状態が割り当てられる。可能な状態は「最初に廃棄」と「最後に廃棄」の2つしかない。「最後に廃棄」状態にあるフローは常に利用可能リンク容量の使用について割り込み優先権を持つ。言い換えると、そのようなフローは、必要ならば「最初に廃棄」状態のフローからリンク容量を奪うかもしれない。ただし、ポリシング最大速度には制約される。

フローの現在のフロー状態が、ノードからノードへ、またはネットワークからユーザへ、伝えられることはない。このサービスのユーザは、ネットワーク輻輳時にユーザを「最初に廃棄」状態にすることはまれであり、かつユーザをランダムに選択するように、提供者が妥当な努力を払うことを期待する。さらに、ユーザは、適切な容量管理がなされていて、ネットワーク輻輳はまれにしか起こらないことを期待する。

「最初に廃棄」状態のフローは、常にそうである必要はないが、通常は最近開始したフローである。フローが開始し、「最初に廃棄」状態が割り当てられた場合、該当するポリシー条件に則って、「最後に廃棄」状態に進むかもしれない。フローがいつ、どのように「最後に廃棄」状態に進むかについて管理者が使用する規則は様々である。その中には、情報提供の目的のため本標準内で触れる規則もある。同様に、最近開始したフロー全てに「最初に廃棄」状態を割り当てる必要はない。提供者のサービスオプションに従って、優先的に扱われるフローがあるかもしれない。

CDBW 転送能力の信号方式については、本標準で詳述しない。要約すると以下のようになる。

- CDBW 転送能力をサポートするネットワークノードにより認識され、新しいフローが開始しようとしていることを示し、要求された最大速度と、優先的扱いの要求があればその要求を規定する「開始パケット」と呼ばれるインバンド信号。認証情報も含まれる。

- エッジ・エッジ・パス上の全てのノードが、要求を受け入れたか、拒否したか、修正したかを確認するインバンド確認パケット。

- フローのパケットが廃棄された際に受信エッジへ送信されるインバンド輻輳通知（Congestion Notification）パケット

いかなるときにも特定のフローに関する輻輳通知メッセージを受け取らないが、このサービスに対して広告された損失限界を超えるパケット損失をフローで感知した受信ユーザは、苦情を申し立てる権利があるだろう。

本転送能力の目的は、輻輳時の損失を全フローに広げるのではなく、損失を一貫して少数のフロー群に集中し、そのようなフローの受信側に輻輳通知信号を提供することである。

ひどい輻輳中に、「最初に廃棄」状態にあるフローの全パケットが廃棄されつつあるが、それでも輻輳から回復するには不十分な場合、「最後に廃棄」グループ内でのパケット損失の拡大範囲を制限する実装もあり得る。（これも情報提供の目的だが）例えば、少数の「最後に廃棄」フロー群をランダムに選択し、それらの状態を「最初に廃棄」に変更する実装もあり得る。



ある時に「最初に廃棄」状態にあるフローの比率は、ネットワーク提供者が選ぶ。このサービスの定性的目的の一つは、どの一人のエンド-ユーザに対しても、この帯域損失が頻繁に起こらないようにすることである。高い優先度マーキングを要求し、そしてその要求が受け入れられたフローでは、廃棄が起こることはほとんどない。

図1は、「最初に廃棄フローのパーセント」というパラメータによるサービス契約が、ベストエフォートから、ユーザが低損失契約を受けられる時間が100%になる状態まで変化の様子を示している。

この図から、CDBWは、できるだけ多くのフローに対してそのフロー継続期間中にパケット損失が起きないようにしていることがわかる。純粹にベストエフォートだけ使ってこれを達成しようとすれば、資源を相当多めに用意しておく必要があるであろう。一方、「回線モード」を用いた場合には、最繁忙呼率を処理するのに十分な余剰資源を用意しない限り、呼拒絶率は許容できないレベルになる可能性がある。CDBWでは「回線モード」とほぼ同程度の余剰資源を用意するが（それにより輻輳通知を受け取るフローの数を少なくする）、フローを拒絶しない。CDBWは、これらフローのビットレートが可変であることを利用する。ビットレートが可変であるということは、必要な容量がフローのピーク速度の和よりも小さいことを意味する。さらに、アプリケーションとしては、即座に拒絶されるよりもよいと考えられるため、輻輳通知を受信したフローでも伝送パスは引き続き利用可能である。

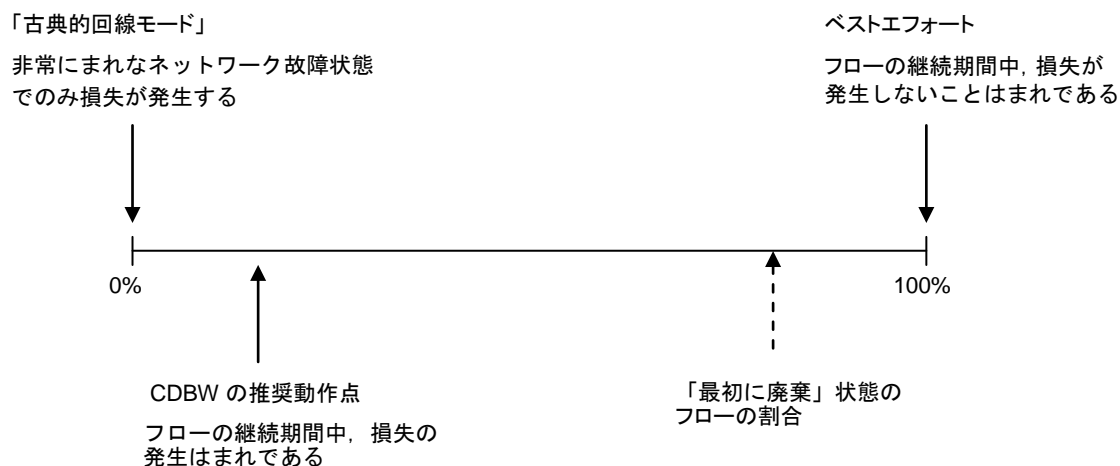


図 6.1/JT-Y1221 .ベストエフォートサービスから感知できないほど「回線モード」サービスに近づくまでの CDBW の変化

### 6.5.2 サービスモデル

ネットワークが提供する契約は、指定されたフロー状態に依存するという条件付きである。これらのフロー状態は「受け付けられた／拒絶された」と呼ぶと少し類似するところがあるが、即座に拒絶するのではなく、フローは「最初に廃棄」状態で継続することができ、それに関連するアプリケーションは、バースト損失が発生した場合に、それを補償しようとするかもしれない。そのような損失の継続時間は短いこともあり得る（また全く起こらないこともあり得る。「最初に廃棄」状態のフローが必ずパケット損失を被る訳ではない）。

従って、割り込み優先の「最後に廃棄」状態に割り当てられた全フローのパケット損失は低いことが保証される。ネットワークが、「最初に廃棄」の受信ユーザに信号で知らせるのは、そのフローのパケットが実

際に廃棄されようとしたときである。そのユーザ（および関連するアプリケーション）にとって、この信号の意味するところは、フローが完全に拒絶される訳ではなく、交渉に基づく QoS の一部である低い損失を保証している部分がサポートされないということである。そのフローを止めるか、または（コーディングを変えるなどして）継続するかはアプリケーション次第である。

CDBW ユーザは、全ての不適合パケットがネットワークにより廃棄されると考えるべきである。

「最後に廃棄」フローに対する CDBW 能力を、指定された損失契約 (IP 損失率、IPLR) と指定された遅延契約 (IP 転送遅延、IPTD と IP 遅延ゆらぎ、IPDV) と関連付けることができる (TTC 標準 JT-Y1541 参照)。

ネットワークはパケットをフラグメント化しない。さらに、ネットワークは、パケット順序の完全性をできるだけ長く (例えば、フローを再ルーティングする必要があるまで) 維持しようと試みる。

### 6.5.3 トラヒック記述子

トラヒック記述子の必須要素は、フローのピーク速度のみである。

トラヒック記述子は、UNI または NNI から入ってくる、このサービスタイプの各フローと関連付けられているべきである。このトラヒック記述子は、以下のパラメータから成る。

- ピーク速度  $R_p$  とピークトークンパケットサイズ  $B_p$
- 最大許容パケット長  $M$

### 6.5.4 適合性定義

IP パケットは、その集約到着が以下の 2 つに適合しているとき、適合と定義される。

- 到着が GBRA( $R_p, B_p$ ) に適合している。
- 実際のパケット長が最大許容パケット長  $M$  を超えない。

適合パケットに対してのみ GBRA は更新される。

### 6.5.5 QoS 契約

CDBW 転送能力は、指定された損失契約と指定された遅延契約と関連付けられているかもしれない。そのため、この転送能力が条件付きであることの制限内で、QoS クラス 0 とクラス 1 を提供するのに適している。

全パケットが適合しているならば、QoS 契約は、「最後に廃棄」としてネットワークが受け入れた全フローの全 IP パケットに適用される。「最初に廃棄」フローとして継続することを許してネットワークが受け入れたフローに対しては、交渉された QoS のうち損失保証部分は適用されない。

## 7 トラヒック制御、輻輳制御、および過負荷措置のための機能

トラヒック制御とは、受付制御、ネットワーク資源管理、トラヒックパラメータ制御等の一連の機能を介してパケットフローを制御する一群の機能のことである。トラヒック制御の主目的は、効率的なネットワーク利用をサポートしつつ、QoS 等のユーザ要求を満たすことである。

トラヒック・エンジニアリングと違い、トラヒック制御は短期間で達成される。したがって、ネットワークに入ってくる、または出て行くトラヒックのフローを制御するため、確立された自動メカニズムが提供される必要がある。

正常状態、すなわち、ネットワーク故障が起きていない状態で、本標準でトラフィック制御機能と呼ぶ機能は、ネットワーク輻輳を回避することを意図している。

しかし、輻輳は、例えばトラフィックフローの予測できない統計的変動により起きたトラフィック制御機能の誤動作またはネットワーク故障により起こるかもしれない。したがって、追加的措置として、本標準で輻輳制御機能と呼んでいる機能は、輻輳の強度、広がり、継続時間を最小限に抑えるため、ネットワーク輻輳に対処することを意図している。

過負荷措置は QoS 契約のないトラフィックフローにのみ適用される。これは過負荷を検出し、削減することができる一連のネットワーク内機能のことである。

## 7.1 トラフィック制御機能

トラフィック制御には以下の機能がある：

- i) ネットワーク資源管理
- ii) 受付制御
- iii) パラメータ制御
- iv) パケットマーキング
- v) トラフィック・シェーピング
- vi) パケット・スケジューリング

### 7.1.1 ネットワーク資源管理

ネットワーク資源管理とは、帯域や、スイッチやルータ内のバッファ空間等のネットワーク資源を割り当てるための一連のポリシーと規則のことである。

### 7.1.2 受付制御

受付制御とは、新しい IP フローに対する契約を受け付けること、または、帯域やバッファ空間等のネットワーク資源に対する需要がネットワーク内の利用可能な容量を超えたときに契約を拒否することに関するネットワークのポリシーのことである。

### 7.1.3 パラメータ制御

パラメータ制御はトラフィック契約を超過しないように監視・制御する一連のポリシーである。

### 7.1.4 パケットマーキング

IP フローがトラフィック契約の一つ以上の点で適合しないことが分かった場合、不適合パケットはその IP ヘッダの ToS/DS フィールド内の適切なビットを変更することにより、マーキングされることがある。

### 7.1.5 トラフィック・シェーピング

トラフィック・シェーピングは、フローがネットワークにより適するように、フローのトラフィック特性をネットワークが修正する動作である。フローのピーク速度を整形するのはその一例である。

### 7.1.6 パケット・スケジューリング

パケット・スケジューリングは、2つの異なる目的を持つネットワーク機能である。一つの目的は、厳しい遅延要求条件のフローに対して待ち行列遅延を拘束することである。もう一つの目的は、ネットワーク固有の方法で利用可能リソース(例えば、帯域)を異なるフローに分けることである。

## 7.2 輻輳制御および過負荷措置のための機能

輻輳制御および過負荷措置には以下の機能がある。

- i) パケット廃棄制御
- ii) 明示的輻輳通知

### 7.2.1 パケット廃棄制御

パケット廃棄制御は、輻輳時にマーキングされたトラフィックを廃棄するために使われる。パケット廃棄制御の別の利用方法として、輻輳時に、厳しい QoS 契約が適用されていないパケットを廃棄することがある。

### 7.2.2 明示的輻輳通知

明示的輻輳通知(Explicit Congestion Notification)は、ネットワークが受信者にネットワーク輻輳の存在を知らせるためのオプションな方法である。受信者はこの情報を、例えば送信者に転送速度を下げるよう知らせる等の適切なアクションをとるのに利用することができる。

## 8 IP トラフィック・エンジニアリングの方法とツール

今後の検討課題。

## 付属資料 A トークンバケットと一般バイト速度アルゴリズム (GBRA)

本付属資料は、トークンバケットサイズを  $B$  として、トークンバケット速度  $R$  (バイト/秒) に関して IP フローのパケット適合性を定義するのに使用される幾つかのアルゴリズムを示す。これらのアルゴリズムは全て、同じパケットを適合と判定するという点で同等であると考えられる。

トラフィック計測は、スループット保証や、遅延や損失の上限といった QoS について様々なレベルを提供するパケット・ネットワークの基本構成要素である。IP パケット・ストリームは、それに割り当てられたネットワーク資源が期待されたサービスレベルを提供することを保証し、そのストリームによって他のトラフィックのサービスレベルが受容できないレベルとなることがないように保証するため、予め定められたトラフィック・プロファイルに適合しなければならない。

出発点はトークンバケットである。このアルゴリズムは連続状態トークンバケットと同等と考えられる。このアルゴリズムは一般バイト速度アルゴリズム (GBRA) と同等であることが示されている。GBRA は情報速度パラメータをバースト許容パラメータに関連づける特性を定義する。これら 2 つのトラフィックパラメータとそれらの相互関係が一緒になって、一般化されたトラフィック・プロファイル適合性検査の基礎となる。GBRA の 2 番目の目標は、適合性概念にとって主導的でないものに基づき、かつ、不必要な先入観の元になる、一つ以上の実装オプションを参照することを避けることである。GBRA は一つのプロファイルに対する適合性検査の基本的側面を規定する。そのため、多段計測、パケット色づけ、パケットマーキング、パケット廃棄ポリシー等、他の関連するポリシー機能を含まない。

### A.1 トークンバケット

このアルゴリズムを以下に説明する(例えば RFC 2698 とも比較せよ)。

トークンバケットには二つの固定パラメータがある。

- トークンバケット速度  $R$  (バイト/秒)
- トークンバケットサイズ  $B$  (バイト)

トークンバケットは以下の変数を用いる。

- トークンカウント  $Tc$  (バイト) は最初 (時刻  $t_a$  をフローの最初のパケットの到着時として) 満杯である。すなわち、トークンカウント  $Tc(t_a) = B$ 。

その後、トークンカウント  $Tc$  は、 $B$  になるまで  $1/R$  秒毎に 1 増加される。

長さ  $N$  バイトのパケットが時刻  $t_a$  に到着すると以下が起こる。

- $Tc(t_a) - N < 0$  ならば、そのパケットは不適合である。さもなければ
- そのパケットは適合し、 $Tc$  は  $N$  だけ減算される。

注：到着時刻は、パケットの最後のビットが到着した時刻と考える。

### A.2 連続状態トークンバケット

トークンバケットをより厳密にし、曖昧性を排除するため、連続状態トークンバケットが提案された。連続状態トークンバケットは、トークンバケットと同等と考えられる。連続状態トークンバケットは、実装が容易であるという特長を有する。

連続状態トークンバケットには、IP フロー毎に 2 つの固定パラメータがある。

- フローに対するトークンバケット速度  $R$  (バイト/秒)
- フローに対するトークンバケットサイズ  $B$  (バイト)

連続状態トークンケットは以下の変数を用いる。

- フローに対するトークンカウント  $T_c$  (バイト)
- LCT (last conformance time)は最後にフローが適合した時刻 (秒) である。

最初 (フローの最初のケット到着時刻  $t_a$  において)、

- $T_c = B$
- $LCT = t_a$

時刻  $t_a$  における長さ  $N$  (バイト) のケット到着時、

$$T_c' = \min(T_c + R*(t_a - LCT), B)。$$

もし、 $T_c' < N$  ならば、ケットは適合していない。

さもなければ、ケットは適合しており、 $T_c = T_c' - N$  とする。

連続状態トークンケットに対しては、変数  $T_c$  と LCT は、ケット到着時にのみ変更される。

注： $N > B$  ならば、ケットは決して適合しない。

### A.3 一般バイト速度アルゴリズム

一般バイト速度アルゴリズムには、二つの変種がある。一つは、仮想スケジューリング・バイト速度アルゴリズムであり、もう一つは連続状態リーキーケットバイト速度アルゴリズムである。

両アルゴリズムには、IP フロー毎に以下の固定パラメータがある。

- 増分  $I$  (秒/バイト)。  $I$  と  $R$  の関係は  $I = 1/R$  である。
- 限界  $L$  (秒)。  $L$  と  $R$  および  $B$  との関係は  $L = B/R$  である。

### A.4 仮想スケジューリング・バイト速度アルゴリズム

仮想スケジューリング・バイト速度アルゴリズムは、以下の変数を使用する。

- TAT (秒)。次のケットの理論的到着時刻(theoretical arrival time)。

最初 (フローの最初のケットの到着時刻  $t_a$  において)

- $TAT = t_a$

理論的到着時刻 (TAT) は、ケットが適合していると、このアルゴリズムが判断した後にのみ更新される。

時刻  $t_a$  における長さ  $N$  (バイト) のケットの到着時、

もし  $t_a < TAT + N*I - L$  ならばケットは適合していない。

さもなければ、ケットは適合しており、 $TAT = \max(t_a, TAT) + N*I$  とする。

### A.5 連続状態リーキーケットバイト速度アルゴリズム

連続状態リーキーケットバイト速度アルゴリズムは、以下の変数を使用する。

- LCT はフローが最後に適合した時刻 (秒) である。
- $X$  はリーキーケットカウンタ (秒) である。

最初 (フローの最初のケットの到着時刻  $t_a$  において)

- $LCT = t_a$
- $X = 0$

時刻  $t_a$  における長さ  $N$  (バイト) のケットの到着時、

$$X' = X - (ta - LCT)$$

もし  $X' + N * I > L$  ならば、パケットは適合していない。

さもなければ、パケットは適合している。

$$X = \max(0, X') + N * I$$

注：アルゴリズムの同等性。

- 連続状態リーキーバケットバイト速度アルゴリズムは、連続状態トークンバケットと同等である：  
 $Tc = (L - X) * R$  および  $Tc' = (L - X') * R$  と設定し、 $B = L * R$  を用いればよい。
- 仮想スケジューリング・バイト速度アルゴリズムは、連続状態リーキーバケットバイト速度アルゴリズムと同等である：二つのアルゴリズムが実行された後、 $TAT = X + LCT$  となることに着目せよ。

注：ITU-T 勧告 I.371 での GBRA と GCRA の間の関係。

ATM の場合、セル長は  $N = 53$  バイトで、 $N * I$  はセル速度の逆数である  $T$  に等しくなる。 $\tau$  を GCRA の許容誤差として、 $L = T + \tau$  と設定すると、GCRA は GBRA の特殊ケースであることが分かる（付属資料 A/I.371 参照）。

## 付属資料 B 2つの協調的一般バイト速度アルゴリズムの振る舞い

統計的帯域 (SBW) 転送能力の適合性定義は、最大許容パケット長の検査の他に、協調モードで動作する 2 つの一般バイト速度アルゴリズム (GBRA) (付属資料 A 参照) のインスタンスに基づいている。協調モードとは、パケットが GBRA の全ての該当するインスタンスに適合する場合、そしてその場合のみ BGRA の状態が更新されることを意味する。この検査に合格した IP パケットは、少なくともピーク  $GBRA(R_p, B_p)$  と持続可能  $GBRA(R_s, B_s)$  に適合しているとき、適合と定義される。

図 B.1 は、協調モードで動作中の 2 つのインスタンスにより生じる振る舞いを示す。

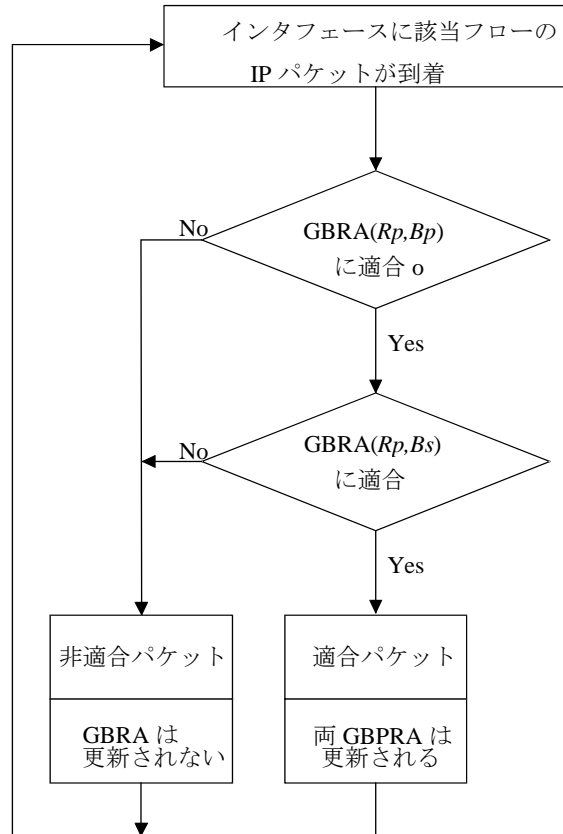


図 B.1/JT-Y1221 - 二つの協調的一般バイト速度アルゴリズムの振る舞い



## 付録I トークンバケットの振る舞いの例

この付録は情報提供の文書である。

はじめに：トークンバケットの振る舞い

バイト/秒で表される速度は、フローを部分的に特徴付けるのに使われることがある。速度の値は、それが測定される期間に依存するかもしれない。例えば、長期的平均速度は同じであるが、1ms 毎に 50 バイトを送信する発信源は 10ms 毎に 500 バイトを送信する発信源とは異なる。この差異を反映できるように、トークンバケット速度  $R$  でトークンバケットサイズ  $B$  のトークンバケット（付属資料 A 参照）がフローを特徴付けるのに使用される。現実には、実フローは上記の例のように同じパターンを反復しないかもしれない。しかし、トークンバケットによる特徴付けは、全パケットが与えられたパラメータ ( $R, B$ ) のトークンバケットに適合する全ての可能なフローの「最悪振る舞い」を特徴付けるのに使用されることがある。以下で上記をさらに説明し例を示す。

### I.1 単一速度、単一トークンバケットのフローの特徴付け

フローの全パケットが、トークンバケット速度  $R$  でトークンバケットサイズ  $B$  のトークンバケットアルゴリズム（付属資料 A 参照）に適合するとき、そのフローは、トークンバケット速度  $R$  でトークンバケットサイズ  $B$  のトークンバケットにより制限される、または上限を抑えられる、と言われる。

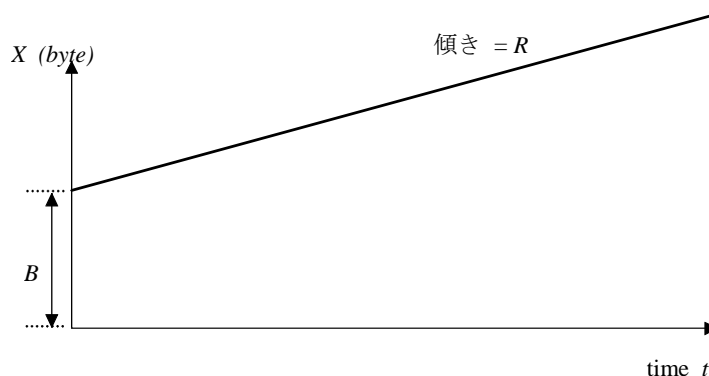


図 I.1a/JT-Y1221 単一トークンバケット速度で単一トークンバケットサイズのトークンバケット-「最悪ケース」フロー

図 I.1a は、回線速度が無限と想定した場合の、トークンバケットサイズ  $B$  でトークンバケット速度  $R$  のトークンバケットアルゴリズムに適合する理論的最悪ケースの振る舞いを示す。横軸はそのフローの最初のパケットからの経過時間を示す。縦軸は、時刻  $t$  までにそのフローで送ることができ、かつトークンバケットを通ることのできる最大のバイト数  $X$  を示す。この理論的最悪ケースでは、 $B$  バイトのバーストを（無限速度で）送信し、その後、 $1/R$  秒毎に 1 バイトのパケットのフローを継続して送信する。最小パケット長が 1 バイトより大きい実際の IP ネットワークでは、実フローはそのようなパケット速度にならないことに注意されたい。この振る舞いは、そのトークンバケットにより許される最大の振る舞いであること、またこれは傾きがトークンバケット速度  $R$ （すなわち、 $X \leq B + t \times R$ ）に等しい上の線により示されること、の検証は容易である。

もう一つの最悪ケースのフローとして、長期の平均速度がトークンバケット速度  $R$  に等しくなるような、規則的間隔で（無限速度で） $B$  バイトが反復するパターンを示すことがある。図 I.1b では、このフローの軌跡を破線で示している。実際の IP ネットワークでの実フローは、そのような振る舞いを実現するか、近似することができる。 $B$  バイトの 2 番目のパーストを送信するためには、フローは、十分な数のトークンが補充されるよう活動を低下(例えば、沈黙) すべきであることが容易に検証される。

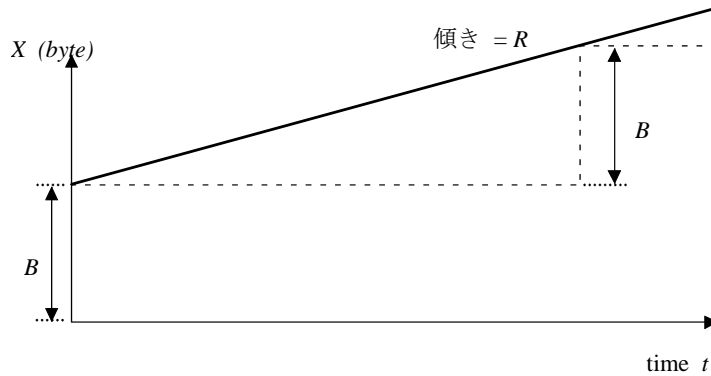


図 I.1b/JT-Y1221- 単一トークンバケット速度、単一トークンバケットサイズのトークンバケット- 「最悪ケースのバースティ」フロー

図 I.1b はまた、式  $X \leq B + t \times R$  はまだ成立するが、この式がこのフロー上で送られる全ての瞬間の実際のバイト数を正確に示すものではないことを説明している。

3 番目の例では、フローがある期間活動を弱めるが、その後、最初の 2 つのケースと同じような「最悪ケース」の振る舞いを再開する。これを図 I.1c に示す。

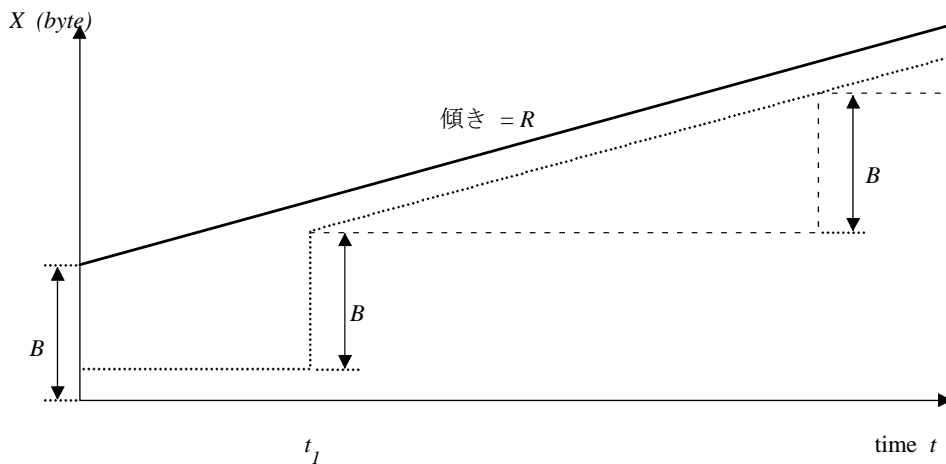


図 I.1c/JT-Y1221 -単一トークンバケット速度、単一トークンバケットサイズのトークンバケット- 不活発状態の後での「最悪ケース」フロー

最初の理論的最悪ケースフローは時刻  $t_1$  に最大の活動を再開する。 $t_1$  より以前の期間の活動が控えめであったため、トークンバケットは  $B$  バイトまで完全に補充される。これは、時刻  $t_1$  に、フローは（無限速度で） $B$  バイト以下のパーストを送信するように制限され、その後、 $1/R$  秒毎に  $1$  バイトのパケッ

トを送信する(理論的にのみ可能な)最悪ケースの振る舞いをするかもしれない、ことを意味する。図 I.1c では、このフローの軌跡を点線で示している。

時刻  $t_1$  に最大活動が再開する 2 番目の最悪ケースフローでは、(無限速度)  $B$  バイトのパターンが反復する。このフローもトークンバケットサイズ  $B$  という制限があり、全てのトークンが消費されたときには、次に長さ  $B$  のパケットを送信する前に、少なくとも  $B/R$  だけ待つ必要がある。図 I.1c では、このフローの軌跡を破線で示している。

実際のフローは、フローの生存期間内で、異なる長さのパケット送信を行ったり、異なる速度で送信するなどの多くの異なる特性を示すことがある。

いかなる時も、以下の二つの方法でフローを制限するのはトークンバケットアルゴリズムである。

- フローをある ( $B$  バイトを超えない) バーストサイズに制限する。
- フローを、許容バーストサイズを無視し、( $B/R$  秒を超えない)十分長時間に測定された速度 ( $R$  バイト/秒) に制限する。

フロー発信者に(ことによると非常に複雑で非常に多様でありうる)実際のフローまたは発信源の特性を指定するよう要求し、それらを考慮して資源割り当てを行う代わりに、適切なトークンバケット・パラメータの組を仮定すれば、ネットワークは、これらの単純化されたフロー特性を当てにして資源割り当てを行うことが出来る。ある与えられたフローについて、そのフローを特徴付けるトークンバケットパラメータの組 ( $R, B$ ) は複数ありうる。ユーザは、自分のフローに対して適切なパラメータの組を選ぶ責任がある。

注：活動が減少した期間が十分長く続いた後でも、式  $X \leq B + t \times R$  はまだ成立するが、それは、もはやそのフローで送信可能なバイトの最大数を正確に示していないことに注意すべきである。

## I.2 2 速度、2 トークンバケット ( $B_p < B_s$ ) のフローの特徴付け

一つのフローに対して 2 つの速度が定義されている場合には、2 つのトークンバケットが使われる。2 つの速度のうち高速の方はピークトークンバケット速度 ( $R_p$ ) と呼ばれ、低速の方は持続可能トークンバケット速度 ( $R_s$ ) と呼ばれる。(IETF の GS と CLS の場合のように) ピーク速度のトークンバケットのサイズが、持続可能速度のトークンバケットのサイズより小さい場合、ピークトークンバケット速度は短期のスループットを示す。持続可能トークンバケット速度 ( $R_s$ ) は長期のスループットを示す。

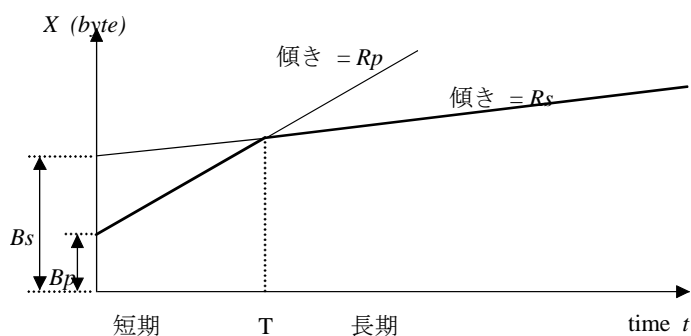


図 I.2/JT-Y1221 - 2 速度、2 トークンバケット ( $B_p < B_s$ ) - 「最悪ケース」フロー

図 I.2 は、一つのトークンバケットの速度が  $R_p$  でサイズが  $B_p$  であり、もう一つのトークンバケットの速度が  $R_s$  でサイズが  $B_s$  で  $B_p < B_s$  となる 2 つのトークンバケットに適合する理論的最悪ケースフローの振る舞いを示す。回線速度は無制限と仮定する。最初のパケット到着からの時間  $t$  の関数として、そのフローで送られ、それまでに両トークンバケットを通ることができる最大のバイト数を  $X$  とする。 $X$  の値は、それぞれの傾きがトークンバケット速度  $R_p$  および  $R_s$  に等しい直線により決まる。 $T$  より前の時刻では、より高速（すなわち  $R_p$ ）のトークンバケットが最悪ケースフローの振る舞いを支配するが、 $T$  を過ぎた時刻では、より低い速度（すなわち  $R_s$ ）のトークンバケットが最悪ケースフローの振る舞いを支配する。これらの領域は図 I.2 で短期、長期で示されている。

$X$  の最大数を時刻  $t$  の関数として定義する関係式は以下の通りである。また図 I.2 では太線で示している。

$$X \leq B_p + R_p \times t \quad (0 \leq t \leq T)$$

$$X < B_s + R_s \times t \quad (t \geq T)$$

I.1 で述べたケースと同様に、フローによっては、それを特徴付けるのに、単一速度トークンバケットを使うよりも複数のトークンバケットパラメータの適切な組み合わせを用いた方がよいことがある。その場合、ネットワークは資源割り当ての際に、これらのフロー特性に頼ることができる。

注：I.1 で述べたケースと同様に、活動が減少した期間が十分長く続いた後でも、式  $X \leq B + t \times R$  はまだ成立するが、それはもはやそのフローで送信可能なバイトの最大数を正確に示していないことに注意すべきである。

### I.3 2 速度、2 トークンバケット ( $B_p > B_s$ ) のフローの特徴付け

2 速度が使われ、(IETF Diffserv の場合のように) ピーク速度のトークンバケットのサイズが、より低速のトークンバケットのサイズより大きい場合、図 I.2 に示す二つの輪郭線はもはや交差しない。トラヒック記述子は、 $(R_p, B_p)$  と  $(R_s, B_s)$  を含み、契約された速度のトークンバケット  $TB(R_s, B_s)$  を定義する。ここで  $R_s$  は低速側の速度であり、ネットワークがパケットの転送を保証する下側のトラヒック輪郭線を示す。この  $TB$  に適合するパケットは、適合パケットである。これは、I.1 で述べた単一速度による特徴付けでの適合パケットの場合に極めて類似している。議論を助けるため、これらの適合パケットは「緑」パケットとも呼ばれる。

トラヒック記述子はまた、ピークトークンバケット  $TB(R_p, B_p)$  を定義する。ここで  $R_p$  は、それ以上ではネットワークが転送保証をしないトラヒック・プロファイルを示す高速側の速度である。これは、持続可能  $TB$  に適合しないパケット同士をさらに区別することを可能にする。

ピーク速度トークンバケット  $TB$  に適合しないパケットは「赤」パケットと呼ばれる。これは、I.1 で述べた単一速度による特徴付けでの不適合パケットの場合に極めて類似している。ただし、トークンバケットパラメータの組は異なる。

低速バケットに適合しないが、ピークトークンバケット速度のバケットには適合するパケットは「黄色」パケットと呼ばれる。ネットワークは、これらの不適合（黄色および赤）パケットには異なる「契約」を提示することもできる。例えば、黄色パケットには、適合（緑）パケットより劣る契約で、赤パケットに適用されるよりは良い契約をするかもしれない。図 I.3 は傾き  $R_s$  と  $R_p$  の直線を示す。これらは、以下のような 3 つの領域に区分けされる。

$$X \leq B_s + R_s \times t \quad \rightarrow \text{適合領域 (緑)}$$

$X > B_p + R_p \times t \rightarrow$  不適合領域 (赤)

$B_s + R_s \times t < X \leq B_p + R_p \times t \rightarrow$  不適合領域 (黄色)

注：2つの不適合領域 (黄色と赤) の区別の利用方法を明確にすることが要望される。

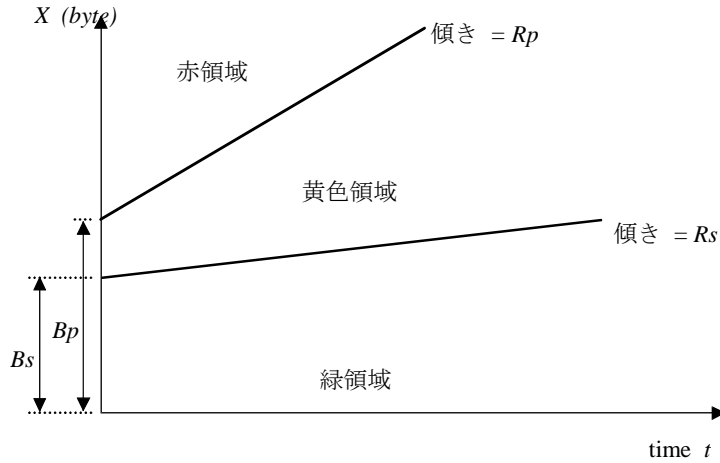


図 I.3/JT-Y1221-2 速度、2 トークンバケット ( $B_p > B_s$ ) - 「最悪ケース」フロー

この構成での「最悪ケース」フローをどのように特徴付けられるかは曖昧になる。

I.1 の最悪ケースフローと同様に、全パケットが  $TB(R_s, B_s)$  に適合する「最悪ケース緑」フローは記述できる。

また、全パケットが  $TB(R_p, B_p)$  に適合する「最悪ケース黄色」フローも記述できる。「最悪ケース黄色」フローは黄色パケットだけから成るのではなく、緑と黄色パケットが混合していることに注意されたい。

最後に、 $TB(R_p, B_p)$  に適合しないフローは、それぞれのトークンバケットの超過の度合いに依存して、赤、黄色、緑パケットが混合していることになる。

## 付録 II IPTC/QoS クラスと IETF IntServ/DiffServ 仕様の間の関係

本標準の本文では、IETF IntServ と DiffServ グループが作成したサービス記述および仕様に整合性を持たせようとする 2 つの IP 転送能力 (6.1、6.2 参照) について記述している。その目的は、これらの IETF 仕様に適合するネットワーク構成要素とネットワークは、本標準が規定した IP 転送能力をサポートできる、または、サポートするよう適応させることができる可能性が高いからである。

情報提供のための本付録は、IP 転送能力と IETF の対応する能力の間の最も重要な違いをリストし、その動機を示す。

### II.1 適切な QoS クラスに関連づけられた専用帯域 IPTC

DBW IP 転送能力の記述 (6.1.1 参照) は、DBW 能力が保証されたサービス (GS) [RFC 2212] および EF 型ホップ単位動作 (EF-PHB) [RFC 2598] に基づいたエンド・エンド・サービスとの整合性を保とうとしていることを示す。

IPTC と QoS クラスを組み合わせる用いるので、以下では、ある与えられたフローに対して、損失契約と遅延 (ゆらぎ) 契約が指定された QoS クラスが選択されると想定する。このような QoS クラスと組み合わせる DBW 能力で特徴付けられたフローを以下では「DBW」と呼ぶ。同様に、GS を用いたフローと EF PHB を用いたフローは、それぞれ「GS」および「EF」と呼ぶ。

DBW、GS、EF に共通する性質は、ネットワークが指定した容量 (バイト/秒) で、低遅延かつ低遅延ゆらぎで IP パケットを運ぶことを契約することである。

一方、これらの間には以下の違いがある。

- DBW 能力は、ネットワーク提供者が (場合によっては全ての) 不適合パケットを廃棄することを許す。一方、GS と EF では、不適合パケットがベストエフォートで運ばれると期待されている。DBW パケットの流入を、合意された速度に制限し、GBRA( $R_p, B_p$ ) で特徴付けられたものにすることができれば、ネットワークでのトラヒック制御 (例えば、優先待ち行列) を単純化でき、全ての適合トラヒックの待ち行列遅延を最小化できることが期待される。さらに、DBW を用いた大抵のアプリケーション (例えば、ストリーミング・メディア) は、適切なパラメータを指定でき、それらの制限内 (適合パケット) でトラヒックを生成できると期待される。
- QoS クラスと関連付けることにより、ユーザはエンド・エンド契約を (トラヒック契約に合意する前に) 予め知ることができる。GS では、与えられたフローパス上で起こるとされる最大待ち行列遅延 (例えば、RSVP プロトコル経由で) ユーザに知らせることができる。この情報は事後に (予約がなされた後で) 提供される。さらに、ホップ数の多いパス上では、ホップ毎の最大待ち行列遅延を累積すると、その値はそのパスで発生する「最大遅延」 (またはその適切な分位数) よりずっと大きくなることを示されている。その結果、累積された情報は、ユーザにとってほとんど、または全く実用価値がない。EF では、遅延 (ゆらぎ) の上限を指定しない。
- DBW は (最大パケット長に加えて) 単一のトークンパケットパラメータの組 ( $R_p, B_p$ ) だけを用いる最小限のトラヒック特徴付けを適用する。GS では、追加的なピーク速度パラメータを指定する必要がある。ただし、その速度に関連する 1 点パケット遅延ゆらぎ許容値を指定することはできない。さらに、GS では、2 組のトラヒックパラメータ (Tspec と Rspec。これらの値は異なることがある) に加え、いわゆる「余裕項」が含まれる。

## II.2 適切な QoS クラスと関連付けられた統計的帯域 IPTC

SBW IP 転送能力 (6.2.1 参照) の記述は、SBW 転送能力が負荷制御型サービス (CL) [RFC 2211]および AF 型ホップ単位動作 (AF-PHB) [RFC 2597]に基づくエンド・エンド・サービスとの整合性を保とうとしていることを示す。

ITU-T は IPTC と QoS クラスを組み合わせて用いるので、以下では、ある与えられたフローに対して、損失契約が指定されるが、遅延 (ゆらぎ) 契約は指定されないことがある QoS クラスが選択されると想定する。このような QoS クラスとともに SBW 能力で特徴付けられたフローを以下では「SBW」と呼ぶ。同様に、CL を使用するフローと AF PHB/PSC (PHB/PHB Scheduling Class)を用いたフローは、それぞれ「CL」および「AF」と呼ぶ。

SBW、CL、AF に共通する性質は、ネットワークが IP パケットを少なくとも指定した速度 (バイト/秒) で運ぶことを契約し、また追加の (超過) トラフィックを利用可能なネットワーク資源の制限内で運ぶようにすることである。

一方、これらの間には以下の違いがある。

- SBW 能力と AF は、遅延要求条件が厳しくないアプリケーションをサポートすることを意図している。CL は定量的遅延特性を契約せず、「無負荷条件」、すなわち、最小遅延(例えば、伝搬遅延)よりも小さい遅延ゆらぎのもとでの特性を狙いとしている。この特性は、速度を保証した上で、それ以上の過剰トラフィックを効率的にサポートしつつ実現するのは困難であると考えられる。
- SBW は (最大パケット長の他に) 2 組のトークンバケット・パラメータ ( $R_p, B_p$ ) と ( $R_s, B_s$ ) を適用する。CL でも、ピーク速度パラメータを指定する必要がある。ただし、その速度に関連する 1 点パケット遅延ゆらぎ許容値を指定することはできない。さらに、CL では 2 組のトラフィックパラメータ Tspec と Rspec が含まれる。これらの値は異なることがある。
- 現在、SBW 能力は、適合パケットと不適合パケットを区別している。AF は 3 つのいわゆる「廃棄優先度」を区別しているが、サポートが要求されているのは最小 2 つの異なる廃棄確率である。

### 付録 III Diffserv 環境で IP 転送能力を使用するサービスをサポートするためのガイドライン

本標準で定義した一つ以上の転送能力は、ネットワーク境界でサポートされる必要があるかもしれない。転送能力は、Diffserv のホップ単位動作に基づくエンド・エンド・サービスに準拠しようとしている。そのため、これらの転送能力を満たすことが可能な方法は、RFC 2475 [RFC2475]で示された Diffserv アーキテクチャを使用することである。これらの転送能力を提供する方法として、Diffserv アーキテクチャに従う方法とは異なる方法があるかもしれないことに注意が必要である。

これらの転送能力を実装するのに Diffserv アーキテクチャを選んだ場合は、以下のガイドラインを適用する。

#### III.1 全ての TTC 標準 JT-Y1221 転送能力に適用可能なガイドライン

- 1) パケット・スケジューリングはどのネットワーク境界でもサポートされるであろう。各サービス定義に基づくパケット・スケジューリング機能に対するガイドラインは以下の通りである。
- 2) ユーザ・ネットワーク境界は、以下の IP ヘッダフィールドの中の情報に基づく IP パケット分類をサポートするであろう。すなわち、送信元 + 宛先アドレス (RFC 791 [4])、DS フィールド (RFC 2474 [RFC2474], RFC 3260 [RFC3260])、および RFC 768 [RFC768]と RFC 793 [RFC793]で規定された L4 送信元 + 宛先ポートからなる IP ヘッダフィールドである。
- 3) 全ネットワーク境界は、RFC 2474 [RFC2474]で規定した IP DS フィールドに基づく IP パケット分類をサポートするであろう。
- 4) TTC 標準 JT-Y1221 は、転送能力を定義し、それらに対する適合性定義を示している。各転送能力に対するトラヒック記述子への適合性の検査は、パケット制御機能を用いてネットワーク境界の入り口で実施される。各サービス定義に基づくパケット制御機能に対するガイドラインを以下に示す。
- 5) 全ネットワーク境界では、入り口での適合性定義の遵守に基づくパケットマーキングとパケット廃棄の両方を実施できる。

#### III.2 DBW ガイドライン

DBW 転送能力の実装に DiffServ アーキテクチャが用いられる場合、RFC 3246 [RFC3246]に記述された EF PHB がネットワーク境界で使われるかもしれない。

本項では、DBW 転送能力のサービス定義を満たすのに適したネットワーク境界のためのトラヒック制御ガイドラインを定義する。ネットワーク境界では EF PHB が使われると想定する。

- 1) ネットワーク境界に対する DBW トラヒック記述子への適合性は、到着が GBRA( $R_p, B_p$ )に適合することと、パケット長が  $M$  より短いことを検査するパラメータ制御機能により決定される。この検査の後、不適合パケットの幾つか（場合によっては全て）が廃棄されるかもしれない。適合パケットは常に転送される。
- 2) ネットワーク境界は、RFC 3246 [RFC3246]の要求条件を満たすことができるパケットスケジューラをサポートするであろう。

#### III.3 SBW ガイドライン

SBW 転送能力の実装に DiffServ アーキテクチャが用いられる場合、RFC 2597 [RFC2597]に記述された AF PHB がネットワーク境界で使われるかもしれない。



本項では、SBW 転送能力のサービス定義を満たすのに適したネットワーク境界におけるトラフィック制御ガイドラインを定義する。ネットワーク境界では AF PHB が使われると想定する。

- 1) 全ネットワーク境界に対する SBW トラフィック記述子への適合性は、到着が GBRA( $R_p, B_p$ )と GBRA( $R_s, B_s$ )に適合することと、パケット長が  $M$  より短いことを検査するパラメータ制御機能により決定されうる。パケットが不適合だった場合、それらパケットの幾つか（場合によっては全て）が再マーキングされるか廃棄されるかもしれない。適合パケットは常に転送される。
- 2) ネットワーク境界は、RFC 2597 [RFC2497]の要求条件を満たすことができるパケットスケジューラをサポートする。
- 3) ネットワーク境界は、RFC 2597 [RFC2597]のアクティブ待ち行列管理（Active Queue Management）要求条件<sup>1</sup>を満たすことができるパケット廃棄制御をサポートするであろう。

#### III.4 BE ガイドライン

BE 転送能力の実装に DiffServ アーキテクチャが用いられた場合、RFC 2474 [RFC2474]に記述されたデフォルト PHB がネットワーク境界で使われるかもしれない。

本項では、BE 転送能力のサービス定義を満たすのに適したネットワーク境界に対するトラフィック制御ガイドラインを定義する。ネットワーク境界ではデフォルト PHB が使われると想定する。

- 1) 全ネットワーク境界における BE トラフィック記述子への適合性は、パケット長が  $M$  より短いことを検査するパラメータ制御機能により決定されうる。パケットが不適合だった場合、それらパケットの幾つか（場合によっては全て）が再マーキングされるか廃棄されるかもしれない。
- 2) ネットワーク境界は、RFC 2474 [RFC2474]で記述されたデフォルト PHB の要求条件を満たすことができるパケットスケジューラをサポートする。

---

<sup>1</sup> AF PHB に対するアクティブ待ち行列管理要求条件は、RFC 2597 のセクション 4 に記述されている。

## 付録 IV – トークンバケットパラメータ決定方法の例

トークンバケットサイズパラメータを決定するための適切な機能とそのパラメータは、アプリケーション、メディアの種類、伝送プロトコル等、幾つかの要因に依存するかもしれない。通信事業者は、入手可能な情報に基づいて、最も適切な方法を選択すべきである。

この付録は、入手可能な情報が IP フローのビットレートのみである場合のトークンバケットパラメータ決定方法の例を幾つか示す。

トークンバケットアルゴリズムを用いて IP パケットフローの適合性を監視するには、以下の 2 つのパラメータが必要である。

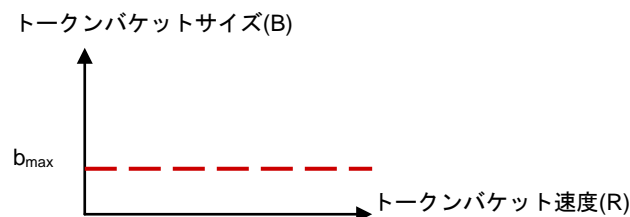
- トークンバケット速度 (R)
- トークンバケットサイズ (B)

IP フローを持つアプリケーションが QoS 保証を要求する場合、セッションを確立する前に、これら 2 つのパラメータが指定されていなければならない。これらのパラメータが省略された場合、ネットワークは各パケットの適合性を判断することができず、転送を保証することは不可能になる。

しかし、多くの場合、これらのパラメータは入手できない。例えば、SIP/SDP を使ってセッションが確立された場合、入手できる情報はトークンバケット速度だけである。トークンバケット速度は、IP フローのビットレート情報と直接関連している。そのため、SIP/SDP 帯域情報 (b) を使うのが、正攻法である。一方、IP フローのバースト性に関連する情報は存在しない。そのため、パケットサイズ・パラメータを決定することは困難である。一般的に、多くのアプリケーション/プロトコル設計者はビットレートを認識しているので、ビットレート情報は容易に知ることができる。しかし、アプリケーション/プロトコル設計者はバースト性に気をかけていないことが多いので、バースト性を知ることは容易ではない。

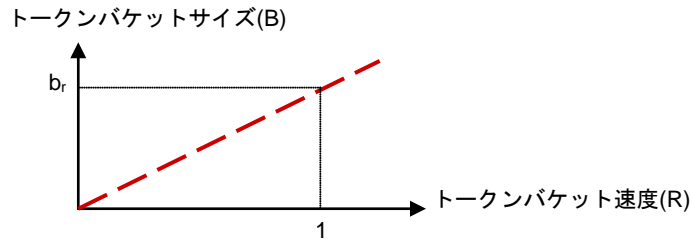
そのため、そのような条件のもとでトークンバケットサイズ (B) を決定するなんらかの方法が必要である。トークンバケットサイズ B は、IP フローのバースト性に対応している。トークンバケットサイズ B の値は、例えば、アプリケーションの種類、エンド端末性能、ユーザとネットワーク間のインタフェース条件に依存するかもしれない。B の値を決める方法の幾つかを以下に示す。

### 例 1: $B = b_{\max}$ (一定)



全 IP フローのバースト性のありうる範囲が既知の場合、トークンバケットサイズ  $B = b_{\max}$  は全フローに適用できる。この場合、ネットワークは、必ずしも各 IP フローのバースト性を知る必要がない。しかし、フローのビットレートが非常に低い場合でさえも適合パケットの損失を防ぐには、巨大なバッファ資源が必要である。

### 例 2: $B = br * x$ (バケット速度に比例)



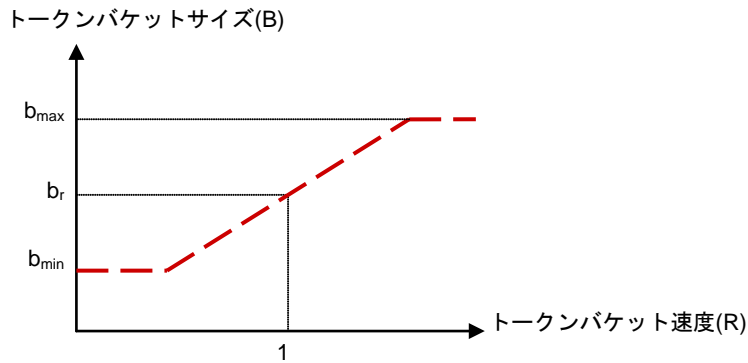
この例は以下の仮定に基づいている。

(仮定)

IP フローのビットレートが大きいほど、フローのバーストは大きくなる。

上記の仮定に基づいて、IP フローのトークンバケットサイズは、トークンバケット速度  $b_r$  の非減少関数として表す。線形関数を用いることが、バケットサイズを決定するのに最も単純な方法の一つである。

例 3:  $B = \min(b_{\max}, \max(b_r * x, b_{\min}))$  (上限および下限がある)



二番目の例では、2つの問題が起こり得る。トークンバケットサイズが、小さ過ぎたり大き過ぎたりするかもしれない。ビットレートが非常に低いフローの場合、トークンバケットサイズは、1パケットのサイズより小さくなるかもしれない。そのような状況では、全パケットが不適合パケットとして廃棄される可能性がある。一方、ビットレートが高いフローの場合、バケットサイズが非常に大変大きくなるかもしれない。そのフローからのバースト・トラヒックは、ネットワークにトラヒック輻輳を起こすかもしれない。この問題を回避するには、主に実装面の観点から上限と下限を導入することができる。

## 付属資料 a. エンド・トゥ・エンド品質保証のためのトラヒック規定

(本付属資料は仕様の一部である。)

### a.1. 適用範囲

#### a.1.1 概要

本付属資料は、次世代ネットワーク（NGN）[Y.2001]の特徴である品質保証を伴う通信におけるメディアトラヒックに対する規定を定める。

NGN にはリソース受付制御やポリシング等の機能があり、ネットワークはこれらの機能の一部あるいはすべてを用いてエンド・トゥ・エンドの品質保証を実現することが求められる。また、2 つのネットワークをまたがるトラヒックに対して、エンド・トゥ・エンドでの品質保証を行うためには、各網においてトラヒックを適切に規定することが必要となる。本付属資料では、そのような環境においてもエンド・トゥ・エンドでの帯域保証を行うために必要となるトラヒック規定方法を定める。

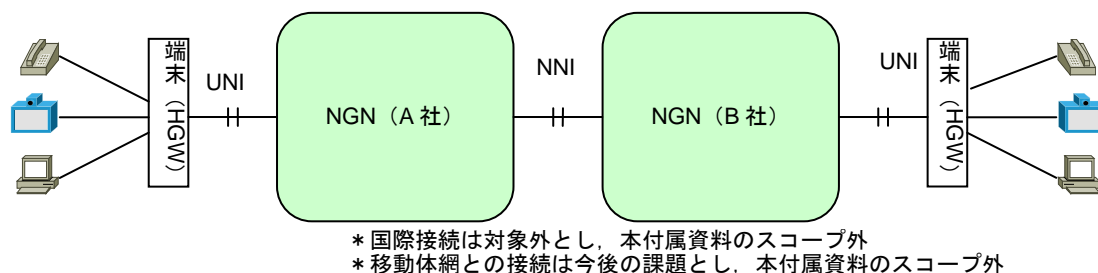
#### a.1.2 参考文献

本付属資料で参照する参考文献を以下に示す。

- [Y.2001] "NGN の一般的な概要(General overview of NGN)、" TTC 標準 JT-Y2001 第 1 版、情報通信技術委員会(The Telecommunication Technologies Committee)、2006 年
- [RFC 3550] "RTP: リアルタイムアプリケーションのためのトランスポートプロトコル(RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications)、" TTC 標準 JF-IETF-STD64、情報通信技術委員会(The Telecommunication Technologies Committee)、2005 年 5 月
- [RFC3556] "RTCP 帯域指定を行うための SDP 記述方式(Session Description Protocol (SDP) Bandwidth Modifiers for RTP Control Protocol (RTCP). Bandwidth)、" 情報通信技術委員会 (The Telecommunication Technologies Committee) 、TTC 標準 JF-IETF-RFC3556 第 1.0 版、2009 年 5 月
- [RFC 4566] "SDP : セッション記述プロトコル(SDP: Session Description Protocol)、" TTC 標準 JF-IETF-RFC4566、情報通信技術委員会(The Telecommunication Technologies Committee) 、2007 年 3 月
- [TR-1014] "NGN アーキテクチャの概要、" TTC 技術レポート TR-1014 第 1.0 版、情報通信技術委員会 (The Telecommunication Technologies Committee) 、2006 年 6 月
- [設備規則] "事業用電気通信設備規則," 総務省令第一〇一号、最終改正：平成二〇年九月一七日

#### a.1.3 本付属資料の対象とするモデル

本付属資料では、エンド・トゥ・エンドでの品質保証を検討するに当たり、付図 a-1 に示すように、2 事業者の NGN が接続するネットワークモデルを前提とする。また、本モデルにおいて、国際接続は対象外とし、移動体網との接続は今後の検討課題とする。



付図 a-1/JT-Y1221 本付属資料で対象とする NGN 接続モデル

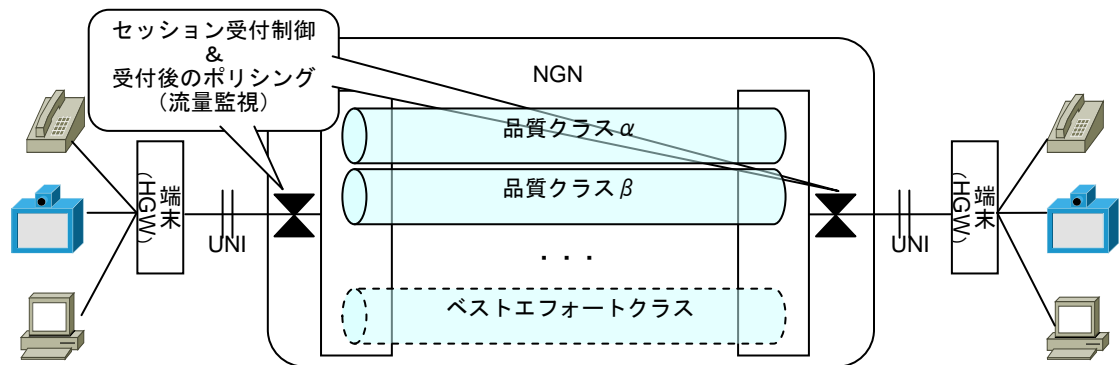
#### a.1.4 次世代ネットワークにおけるエンド・トゥ・エンド品質保証を実現するための仕組みとトラヒック規定法の必要性

NGN では、異なる条件（トラヒック特性、品質要求条件）のサービスを同一の網で同時に提供可能である。これを実現するために、NGN はエンド・トゥ・エンド（UNI-UNI 間／UNI-NNI 間）での品質制御を行う。これは、通信品質の保証されないベストエフォート網にはない仕組みである。

エンド・トゥ・エンド品質制御は、以下に述べる 2 つの機能から成り立っている（付図 a-2）。

1 つは、リソース受付制御機能（RACF）[TR-1014]である。NGN のアーキテクチャでは、端末または網の間で、呼接続手順で要求された帯域が利用可能か否かを、メディアトラヒック毎／品質クラス毎に判定する。利用可能な場合、NGN はそのセッションに帯域を割り当て、品質クラスに応じた優先転送処理を行うことにより、通信品質を保証する。利用不可能な場合、NGN はそのセッションに対して、通信品質を保証するための帯域を割り当てることができないため、そのセッションの受付を拒否する。

もう 1 つは、メディアトラヒック単位のポリシング機能（トラヒック流量監視機能）である。これは、リソース受付制御機能によって割り当てられた帯域を超過するトラヒックが流入していないかを監視する機能である。割り当てられた帯域を超えるトラヒックが流入すると、そのセッションに対する通信品質を保証できなくなるだけでなく、他のセッションに割り当てられた帯域にも影響を及ぼす。このような状況を回避するため、メディアトラヒック単位のポリシング機能により、流入トラヒックの帯域を厳密に監視し、割り当てられた帯域を超える流入トラヒックを検出した場合には、当該の IP パケットを廃棄する。したがって、端末の確立したセッションが網の提供する転送品質を享受するためには、割り当てられた帯域を守るようにトラヒックを送出する必要がある。このとき、端末・ポリサ・受付制御の各機能部において、帯域およびバースト性の規定方法を統一しなければトラヒックの疎通性に齟齬をきたすことが懸念される。



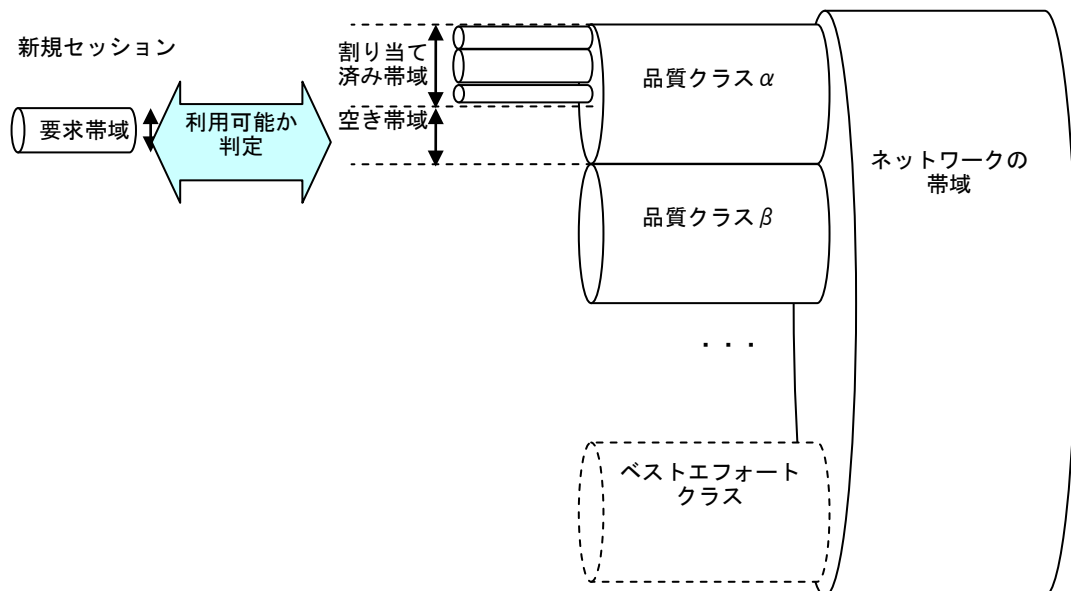
付図 a-2/JT-Y1221 NGNでのエンド・トゥ・エンド品質制御のイメージ

#### a.1.4.1. リソース受付制御機能

NGNでは、端末と網の間で、呼制御信号で要求された帯域が利用可能か否かを、メディアトラヒック毎/品質クラス毎に判定する。これをリソース受付制御機能と呼ぶ。

リソース受付制御機能のイメージを、付図 a-3 に示す。NGNでは、新たなセッションの帯域が要求される都度、メディア単位に要求される品質クラスの空き帯域との比較を行う。帯域に空きがあればそのセッションを受け付けて帯域を割り当て、転送装置において、品質クラスに応じた優先転送処理を行うことにより、転送品質を保証する。帯域に空きがなければ、要求された転送品質を保証できないため、そのセッションの受付を拒否する。

リソース受付制御機能で割り当てられた帯域を、各メディアが守っているかどうかは、次の a.1.4.2 節に述べるポリシング機能にて監視する。



付図 a-3/JT-Y1221 セッション受付制御機能のイメージ

#### a.1.4.2. ポリシング機能

ポリシング機能（トラフィック流量監視機能）は、トラフィックの流量を監視する機能である。NGN においては、a.1.4.1 節に述べたリソース受付制御機能によって各メディアに割り当てられた帯域に従って網にトラフィックが流入しているかを、NGN の UNI/NNI において、網が監視する機能である。

#### a.1.5 トークンケットモデルを用いた帯域規定方法

NGN におけるメディアトラフィックの帯域およびバースト性の規定には、トークンケットモデル（付録 I）を用いる。トークンケットモデルによりトラフィックの帯域およびバースト性を、トークンケット速度およびトークンケットサイズの 2 パラメータで表現することができる。

#### a.1.6 トラフィック規定の対象

本付属資料では、UNI における端末と網、NNI における網と網、端末の帯域申告における端末とサーバ間で共有可能な、トラフィックの帯域およびバースト表現方法を規定する。本付属資料では、トークンケットモデルを参照モデルとして、トラフィックの帯域・バースト規定方法を定める。この参照モデルに従い端末・網がそれぞれ責任を持ってトラフィックを正しく送出・転送することで、エンド・トゥ・エンドでの転送品質の保証を行うことが可能になる。本付属資料におけるトークンケットモデルを用いたトラフィック規定は、NGN におけるトラフィック全般を対象とする。ただし、トークンケットパラメータの具体的な決定方法については、SIP/SDP で受付制御を行うメディア単位のトラフィックに関して規定する。

### a.2. トークンケットパラメータの決定方法

#### a.2.1 トークンケットパラメータ

トークンケットモデルでは、トークンケット速度およびトークンケットサイズの 2 つのパラメータにより、トラフィックの帯域・バースト性を規定することができる。このとき、トークンケット速度は帯域表現に相当し、トークンケットサイズはバースト性表現に相当する。また、同一のトラフィックに対して全パケットを適合と判定するために必要なパラメータは、トークンケット速度を大きくすることで、トークンケットサイズを小さくすることができる。また、トークンケットサイズを大きくすることで、トークンケット速度を小さくすることができるというトレードオフの関係性を有している。

一方、網が転送品質を保証するためには、単に帯域を確保するだけではなく、トラフィックのバースト性を許容するだけのバッファが各転送装置に必要な。言い換えれば、エンド・トゥ・エンドでの転送品質確保には、各装置において帯域リソースおよびバッファリソースを適切に管理する必要がある。そのため、あるトラフィックに対しての帯域・バースト規定を行う際には、トークンケット速度およびトークンケットサイズのどちらかが大きくなりすぎることのないよう、適切に両パラメータを設定する必要があることに留意する必要がある。

#### a.2.2 トークンケット速度の決定方法

トークンケット速度はトラフィックの平均特性を表すパラメータである。トークンケットモデルでは一定時間にわたりこのレートを超える通信は行えない。そのため、SIP/SDP を用いて  $b$  行で帯域の申告をリソース受付制御機能に行う場合、当該レートがメディア単位の平均レートであると考えることが妥当で

ある。ただし、網では、多くの転送装置で IP パケット単位に転送処理を行うことから、SDP b=行で申告する帯域は、ペイロードの帯域ではなく、IP ヘッダ等のオーバーヘッドを含んだ帯域を申告し、トークンバケット速度とする。

#### a.2.2.1. RTP の帯域指定

RTP を利用するメディアトラヒックに関しては、トークンバケット速度を当該メディアトラヒックの b=AS 行に設定する。

b=AS 行で指定する値は RTP の帯域であり、RTCP の帯域は含まれない。

RTCP の帯域を指定する方式として、JF-IETF-RFC3556[RFC3556]に規定される b=RR 行及び b=RS 行を利用してもよい。

b=RR 行及び b=RS 行を用いる場合は、RTCP に対するトークンバケット速度の値として用いられる。また、b=RR 行及び b=RS 行が指定されない場合には、RTCP の帯域を JF-IETF-STD64[RFC3550]の 6.2 節に示されるように、RTP 帯域の 5%とすることが推奨される。

#### a.2.2.2. 低次レイヤのオーバーヘッドに関する考慮

JF-IETF-RFC4566[RFC4566]の 5.8 節に示されるように、低次レイヤのヘッダ等のオーバーヘッドに関して留意すること。

b=AS 行で指定する帯域には、JF-IETF-STD64 の 6.2 節に示されるように、レイヤ 4 及びレイヤ 3 の帯域を含む。具体的には、RTP ヘッダ、UDP ヘッダ、IP ヘッダは b=AS 行で指定する帯域に含むが、Ethernet のフレームヘッダなどレイヤ 2 プロトコルのオーバーヘッドは含まない。

#### a.2.2.3. バースト性に関する考慮

従来のベストエフォート網においては、帯域は長期的な時間（例えば秒単位）での平均レートとして捉えられることが多い。一方で、NGN ではトークンバケットポリサによって決定される短期的な時間（例えば数十 ms 単位）での平均レートによって帯域が管理される。NGN の端末を設計する際には、この長期的な平均レートと、b=AS 行で指定する短期的な平均レートとの乖離について留意する必要がある。

短期間に連続して大量のトラヒックを送出するような特性をバースト性と呼ぶ。長期的な平均レートでは SDP の b=AS 行で指定したレート以下のトラヒックであっても、送出的トラヒックのバースト性が高ければ、トークンバケットポリサによってパケットが廃棄される可能性があるため、注意が必要である。

バースト性が特に高くなる傾向がある映像通信を想定して、注意すべき点を示す。

- 映像ではフレーム単位で符号化を行うが、符号化された 1 フレーム分のデータを一度に送出するとバースト性が高くなる。RTP パケットを送出する際にシェーピングを行い、定常的なトラヒックとして送出すること。
- 動画コーデックでは一般にフレーム間圧縮の技術が用いられており、フレーム間圧縮を行っているフレームよりも、フレーム内圧縮のみを行っているフレームのデータ量が大きくなる傾向があることから、バースト性を生み出す要因となる。符号化を行う際に各フレームへのビットレートの振り分けを調整して平均化するか、RTP パケット送出時にシェーピングを行うことで、トラヒックを平滑化すること。

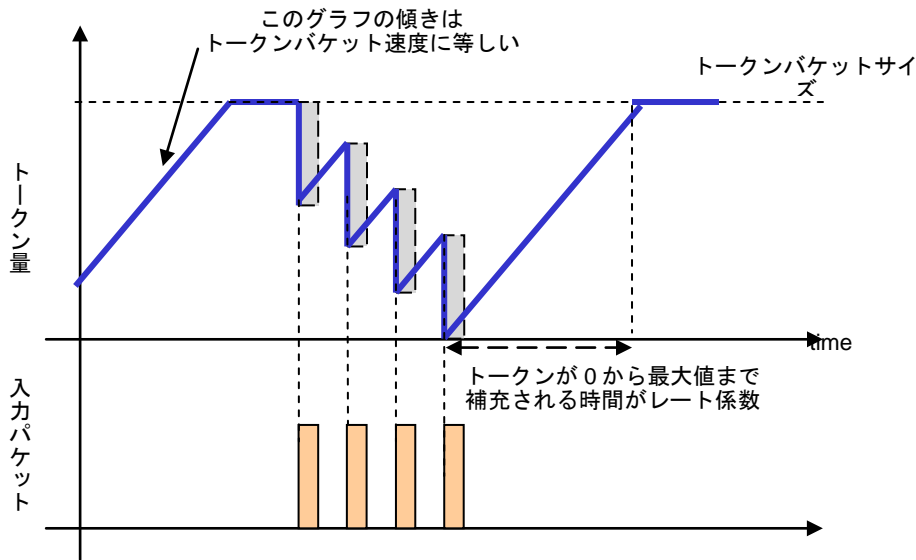


### a.2.3 トークンバケットサイズの決定方法

トークンバケットサイズはトラフィックのバースト性を表すパラメータである。現在の SIP/SDP では、トークンバケットサイズを直接指定することは困難であるため、SDP で記載されている既存の属性からトークンバケットサイズを定めるルールを規定する。トラフィックのバースト性はアプリケーションによって変わることが想定されるが、一般的に平均帯域が大きくなればバースト性も同時に大きくなると考えることができる。そのため、トークンバケット速度が大きくなればトークンバケットサイズも大きくなるという正の相関を想定し、両者に一次比例の関係があるものとして考える（付録 IV 例 2 に対応）。ただし、一次比例の関係を適用した場合、トークンバケット速度を小さい領域ではそれに比例してトークンバケットサイズも小さくなり、1 パケット分の送信も許容されない問題が生じる。また、トークンバケット速度が大きい領域ではそれに比例してトークンバケットサイズも大きくなるため、網がトークンバケットサイズ相当のバーストを許容するために必要となるバッファリソースも大きくなり、装置の実装バッファを超える問題が生じる。このように、すべての領域のトークンバケット速度を対象に一次比例の関係を適用するのは現実的ではない。その一方、一次比例の関係を適用するのが適切な範囲を定量的に定めようとする、アプリケーション依存性の高い IP パケット長の条件や、装置実装依存性の高い網内バッファリソース条件を考慮する必要があるが、本附属資料においてそれらの条件を確定することは難しい。ここでは、トークンバケット速度が 100kbit/s 超から数 Mbit/s 程度のトラフィックに対して適用することを想定している。運用に際しては、個々のアプリケーションにおける IP パケット長や装置のバッファ実装などを考慮の上、本資料に規定する一次比例の関係が適用困難な場合には、個別にトークンバケットサイズの設定を判断する必要がある。

### a.2.4 レート係数の定義

トークンバケット速度とトークンバケットサイズに一次比例の関係が成り立つとき、その傾きは、トークンが 0 からトークンバケットサイズの上限まで補充されるまでに要する時間に相当する。その時間をレート係数と定義する。すなわち、トークンバケットパラメータであるトークンバケットサイズを（トークンバケット速度）×（レート係数）という形で求める。したがって、同じトークンバケット速度であっても、レート係数が大きければ大きなトークンバケットサイズが、小さなレート係数に対しては小さなトークンバケットサイズが対応する。レート係数のイメージを付図 a-4 に示す。



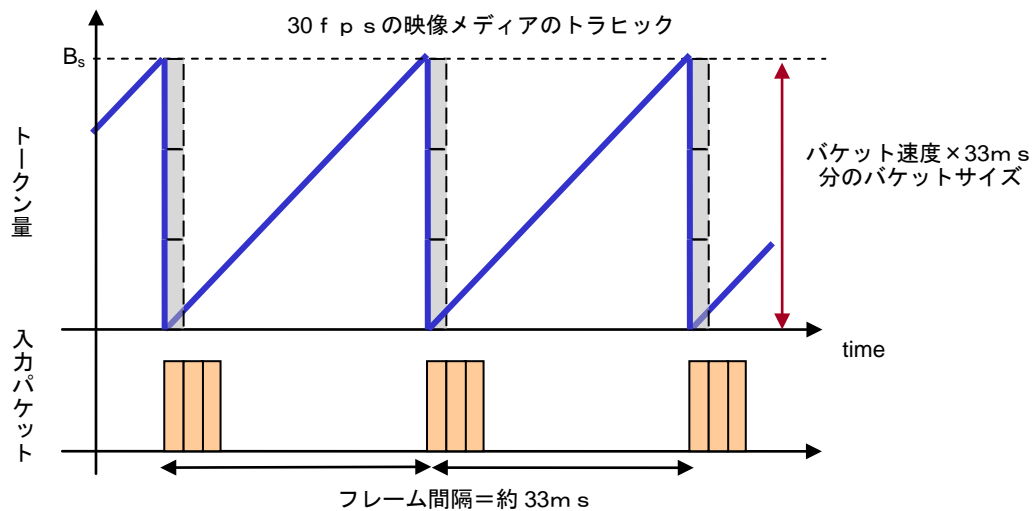
付図 a-4/JT-Y1221 トークンバケット速度とレート係数 (イメージ)

#### a.2.5 レート係数の具体的な値

本節ではレート係数の具体的な値を定める。レート係数の値を規定することで、端末側に対しては、NGN で受け入れられるトラフィックの条件が定まることから、端末に要求される性能が明確化される、また、ネットワーク事業者側に対しては、転送品質を確保すべき対象となるトラフィックの条件が定まることによりネットワーク設備の設計・制御の条件が明確化される、というメリットがある。また、転送品質クラスによって、適用サービスやアプリケーション、品質要求条件、網内での扱いが異なることが想定されるため、バースト性を規定するレート係数の値は転送品質クラスごとに一つの値を用意すべきである。本付属資料では、NGN における電話型および配信型の 2 つの代表的なアプリケーションを想定し、これらアプリケーションを提供する品質クラスをそれぞれ品質クラス  $\alpha$ 、品質クラス  $\beta$  として議論する。また、本付属資料では、電話型の双方向通信を想定する品質クラス  $\alpha$  に対してレート係数を規定する。配信型の片方向通信を想定する品質クラス  $\beta$  に対するレート係数の規定は今後の課題とする。

##### a.2.5.1. 電話型の双方向通信を想定した品質クラス $\alpha$ におけるレート係数 (UNI)

電話型の双方向通信を想定したクラスであるため、高い通信品質が必要になる。この品質クラスの使用が想定される音声メディアのトラフィックと映像メディアのトラフィックとを比較すると、映像メディアのトラフィックのバースト性がより高く、バーストを許容するために大きなレート係数が必要と考えられる。そのため、特にテレビ電話のような映像通信の周期性に着目してレート係数を設定する。テレビ電話 (会議) を含む映像通信として想定される 30 フレーム/秒の符号化を基準とすると、フレーム化周期は 33ms となる。データの送出を 1 フレーム分まとめて行うことを許容するためには、少なくともレート係数として 33ms 以上が必要となる (付図 a-5)。ただし、トラフィックのバーストとして、1 周期分のみを許容することは、実質的にゆらぎを許さない厳しい条件となるため、約 2 フレーム分のバーストを許容することのできる 70ms を電話型の双方向通信を想定した品質クラス  $\alpha$  におけるレート係数とする。



付図 a-5/JT-Y1221 1フレーム分のみを許容するトークンバケットポリサの動作イメージ

#### a.2.5.2. 電話型の双方向通信を想定した品質クラス $\alpha$ におけるレート係数 (NNI)

NNIに加わるトラヒックのバースト性は、ソーストラヒックのバースト性および網内の転送遅延ゆらぎにより形成されるバーストの2つからなると考えられる。一方で、UNIで受け入れたトラヒックはNNIにおいても許容されるべきと考えるのが自然であるため、UNIにおけるレート係数に加えて、網内の転送遅延ゆらぎを加えたレート係数を設定すべきである。また、この品質クラスでは、音声メディアのトラヒックおよび映像メディアのトラヒックの両者が転送されるが、一般に音声のほうが遅延に厳しいメディアであるということが知られている。一つの品質クラスで提供可能な品質は一つであるため、遅延に対する品質要求の厳しい音声メディアのトラヒックに合わせた品質を提供する必要がある。また、総務省令である事業用電気通信設備規則[設備規則]により0AB-J番号のIP電話に対する品質基準が定められており、UNI-NNI間の転送遅延ゆらぎとして10ms以内が規定されている。これらを考慮して、品質クラス $\alpha$ のNNIに対するレート係数を、UNIのレート係数70msに網内で許容される10msの遅延ゆらぎを加えた80msとする。

#### a.2.5.3. 配信型の片方向通信を想定した品質クラス $\beta$ におけるレート係数 (UNI)

この品質クラス $\beta$ で想定する配信は、片方向の通信であるため、電話型の双方向通信を想定した品質クラスAほどの品質を求められない。そのため、より大きなバーストを網内で許容するのが妥当であるが、具体的な値はUNIとNNIとで一体として検討すべきである。下記に述べるように、本付属資料を定める時点においては、NNIにおけるレート係数は今後の課題となるため、UNIについても今後の検討課題とする。

#### a.2.5.4. 配信型の片方向通信を想定した品質クラス $\beta$ におけるレート係数 (NNI)

NNIにおけるレート係数は、電話型の双方向通信を想定した品質クラスと同様に、UNIにおけるレート係数に網内で許容する遅延ゆらぎを加えた値に設定することが望ましい。ただし、この品質クラス $\beta$ に許

容される網内の遅延ゆらぎに関する規定やサービス要求などが明らかではないため、今後の検討課題とする。

### a.3. トークンバケットパラメータの規定

#### a.3.1 規定対象について

本節では、IP 電話サービスにおいて最も一般的に利用されている、G. 711  $\mu$ -law コーデックを 20ms 周期でパケット化した場合のトークンバケットパラメータを規定する。

#### a.3.2 トークンバケット速度規定

トークンバケット速度は、トラヒックの平均特性をあらわすパラメータであり、長時間にわたりトークンバケット速度を超える通信は行えないため、規定対象トラヒックの長時間利用した際の平均速度以上の値を設定する必要がある。また、パケット化周期が一定の条件下においては、パケット長が最も長くなるケースが平均速度が最も高くなるため、パケット長が最も長くなる、IPv4 ヘッダのオプション領域が全て利用されたケースを想定する。

$$\begin{aligned} \text{平均速度(bps)} &= \text{パケットサイズ} \times 1 \text{ 秒あたりのパケット数} \times 8 \times \text{RTCP のオーバーヘッド} \quad (\text{※}) \\ &= (\text{IP ヘッダ長} + \text{UDP ヘッダ長} + \text{RTP ヘッダ長} + \text{RTP ペイロード}) \times 50 \times 8 \times 1.05 \\ &= (60 + 8 + 12 + 160) \times 50 \times 8 \times 1.05 \\ &= 100.8 \text{ kbps} \end{aligned}$$

(※) RTCP によるオーバーヘッドを 5% と設定した[RFC 3550]

RTCP のオーバーヘッドには変動の余地があるため、若干の安全マージンが必要である事を考慮し、トークンバケット速度を 105kbps と設定する。

#### a.3.3 トークンバケットサイズ規定

前出のトークンバケット速度と電話型サービスを想定した NNI におけるレート係数 (80ms) から必要とされるパケットサイズを算出する。この値と、1 パケット (最大 1500 バイトと設定) が通過するための最小パケットサイズを比較し、その値が大きいものをトークンバケットサイズとして規定する。

$$\text{必要とされるパケットサイズ} = 80 \text{ ms} \times 105 \text{ kbps} = 8400 \text{ bit (1050 byte)}$$

一方で想定されるパケットサイズの最大値が 1500byte であり、パケットを通過させるにはパケットサイズがこの値よりも大きい必要があるため、トークンバケットサイズを 12000bit (1500byte) と設定する。