

TTC標準
Standard

JT-Y1540

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)

第1版

2001年11月27日制定

社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE



本書は、(社)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(社)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 >	4
1 . 適用範囲	5
2 . 参照	7
3 . 略号	7
4 . I P サービスに対する性能の階層モデル	9
5 . 一般的 I P サービス性能モデル	11
5.1 ネットワーク要素	11
5.1.1 ホスト	11
5.1.2 ルーター	11
5.1.3 発信元ホスト (S R C)	11
5.1.4 着信先ホスト (D S T)	11
5.1.5 リンク	11
5.2 回線セクションとネットワークセクション	12
5.2.1 回線セクション (C S)	12
5.2.2 ネットワークセクション (N S)	12
5.2.3 発信元 N S	13
5.2.4 着信先 N S	13
5.3 測定点と測定可能セクション	13
5.3.1 測定点 (M P)	13
5.3.2 基本セクション	13
5.3.3 エンド・エンド I P ネットワーク	14
5.3.4 ネットワークセクションアンサンブル (N S E)	14
5.4 I P パケット転送参照イベント (I P R E)	14
5.4.1 ホストへの I P パケット入力イベント	15
5.4.2 ホストからの I P パケット出力イベント	15
5.4.3 基本セクションあるいは N S E への I P パケット入側イベント	15
5.4.4 基本セクションあるいは N S E からの I P パケット出側イベント	15
5.5 I P パケット転送結果	16
5.5.1 グローバルルーティング情報と許可された出力リンク	17
5.5.2 対応イベント	17
5.5.3 正常、エラー、損失、混入パケット転送結果の定義に関する注意	18
5.5.4 正常な I P パケット転送結果	18
5.5.5 エラー I P パケット転送結果	19
5.5.6 損失 I P パケット転送結果	19
5.5.7 混入 I P パケット転送結果	19
6 . I P パケット転送性能パラメータ	20
6.1 対象となる母集団	20
6.2 I P パケット転送遅延 (I P T D)	20
6.2.1 平均 I P パケット転送遅延	21
6.2.2 I P パケット遅延変動	21
6.3 I P パケットエラー率 (I P E R)	21

6.4	IPパケット損失率 (I P L R)	21
6.5	混入IPパケットレート	22
6.6	フローに関連したパラメータ	22
7	IPサービス可用性	23
7.1	IPサービス可用性関数	23
7.2	IPサービス可用性パラメータ	24
7.2.1	IPサービス不稼働パーセント (P I U)	24
7.2.2	IPサービス稼働パーセント (P I A)	24
付録	IPパケットルーチングについての考察	25
付録	IPパケット遅延変動に関する用語	26
.1	エンド・エンド2点のIPパケット遅延変動	26
.2	遅延変動の基準としての平均遅延の利用	26
.3	IPパケット遅延変動における間隔に基づいた限界	27
.4	IPパケット遅延変動における変位に基づいた限界	27
付録	フローとスループット容量関連のパラメータ	28
.1	IPスループットパラメータの定義	28
.1.1	IPパケットスループット (I P P T)	28
.1.2	オクテットベースIPパケットスループット (I P O T)	28
.2	スループットプローブを用いた測定	28
.2.1	着信先が制限された発信元	28
.2.2	スループットプローブ	29
.2.3	プローブ性能パラメータ	29
.2.4	アプリケーションに対して現在利用可能な容量の下限値の生成。	30
.2.5	未解決問題	30
付録 IV	IPサービス可用性状態の最小試験およびIPサービス可用性パラメータの標本推定	31
IV.1	IPサービス可用性状態の最小試験 (試験方法および試験セットについて)	31
IV.2	IPサービス可用性の標本推定	31
付録 V	IP性能測定方法に関する資料	32
付録 VI	参考文献	33

< 参考 >

1 . 国際勧告との関連

本標準は、国際電気通信連合電気通信標準化部門(ITU - T)勧告Y . 1 5 4 0(旧I . 3 8 0) "Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance paramer"(Feburualy, 1999)に準拠し、それに基づき作成されている。

ITU - T勧告Y . 1 5 4 0は、1 9 9 9年2月のITU - T SG 1 3会合にて承認された。

2 . 上記国際勧告などに対する追加項目等

2.1 オプション項目

国際勧告のオプション項目に対する選択に関し、該当する項目はない。

2.2 ナショナルマター項目

国際標準にあり国内標準として決定を委ねられている項目はない。

2.3 上記国際勧告を変更した項目

特になし。

2.4 その他

特になし。

3 . 改版の履歴

改版	発行日	改版内容
第1版	2001年11月27日	制定

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ホームページでご覧になれます。

5 . その他

JT - Y 1 5 4 0が参照している勧告・標準等

TTC標準： -

ITU - T勧告：

I . 3 5 0、I . 3 5 3、X . 1 3 7

IETF RFC：

RFC 7 6 8、RFC 7 9 1、RFC 7 9 2、RFC 7 9 3、RFC 9 1 9、RFC 9 2 2、
RFC 9 5 0、RFC 9 5 9、RFC 1 3 0 5、RFC 1 7 8 6、RFC 1 8 1 2、RFC 2 0 1 8、
RFC 2 3 3 0

6 . 標準作成部門

第二部門委員会 第五専門委員会

1. 適用範囲

本標準は国際インターネットプロトコル（IP）データ通信サービスのIPパケット転送に関する速度、正確性、信頼性、可用性に関する性能の、規定と評価で使用されるパラメータを定義する。ここで定義されるパラメータはエンド・エンドのポイント・ポイントIPサービスと、それを提供する、あるいは提供に寄与するネットワーク部分に適用され、第2章の参照標準に従う。コネクションレス型転送は、本標準で考慮されているIPサービスの大きな特徴である。

本標準では、エンド・エンドのIPサービスとは、IPアドレスによって識別される2つのエンドホスト間のユーザ生成IPデータグラム（以下IPパケットという）の転送のことを意味する。

注1 本標準はIPv4を用いて提供されるIPサービスを記述するために使用可能なパラメータを定義する。他のIPサービス（例：保証型サービス）や他のプロトコル（例：IPv6、RSVP）への適用性やJT-Y1540の拡張については今後の課題である。

注2 ポイント・マルチポイントIPサービスの性能に関する標準は今後の課題である。

JT-Y1540性能パラメータは国際IPサービスの提供と計画に用いられる事を意図している。想定している本標準のユーザにはIPサービスプロバイダー、装置設計者、エンドユーザが含まれる。本標準は、サービスプロバイダーによりユーザが要求する性能に見合ったIPサービスの計画、開発、評価に、また装置製造業者により装置デザインに影響する性能情報として、またエンドユーザによりIPサービス性能の評価に使用しても良い。

本標準の適用範囲は図1-1/JT-Y1540に要約される。IPサービス性能パラメータは、機能的かつ管轄権的に規定された境界に関連付けられた計測点（MP）において観測されるIPパケット転送参照イベントに基づいて定義される。比較と完全性のために、IPサービス性能はITU-T勧告I.350に定義されている3×3性能マトリックスの内容にそって検討されている。そのマトリックスの中で3つのプロトコル非依存通信機能：接続、ユーザ情報転送、切断が示される。それぞれの機能は3つの一般的な性能関係（あるいは性能基準）：速度、正確性、信頼性に関して検討されている。関連付けられた2状態モデルはIPサービスの可用性記述のための基礎を提供する。

注3 本標準では、図1-1/JT-Y1540に描かれているユーザ情報転送機能は、タイプや内容に関係なく、転送を試みられたあらゆるIPパケットに関するものである。

本標準で定義された性能パラメータはIPデータ通信サービスにより提供されたIPパケット転送の速度、正確性、信頼性、可用性をあらわす。将来のTTC標準は、国際間のJT-Y1540性能パラメータ計測の標準的な手法の提供のために策定されるかもしれない。接続と切断機能を提供する国際IPサービス（例：ドメインネームサービス（DNS））と高次レイヤ転送能力（例：転送制御プロトコル（TCP））のエンド・エンド性能は他の標準で述べられる。

本標準は次のものから構成される：1章は適用範囲を定義する。2章は参照標準を記述する。3章は略語のリストを提供する。4章はIP性能規定のためのレイヤモデルをあらわす。5章はネットワークセクション、計測点、参照イベント、結果を含んだIP性能のために用いられるモデルを定義する。6章はそのモデルをIPパケット転送性能パラメータを定義するために使用する。7章はIPサービス可用性パラメータを定義する。付録AはIPパケットルーティングに関する考察とそれらの性能上の影響を記述する。付録BはIPパケット遅延変動に関する予備的な概念を提供する。付録CはIPサービスのスループットとスループット容量評価のためのいくつかの実行可能な手法を記述する。付録DはIPサービス可用性の評価を記述する。付録EはJT-Y1540パラメータ計測のための検討を紹介する。最後に付録Fは参考文献一覧を提供す

る。

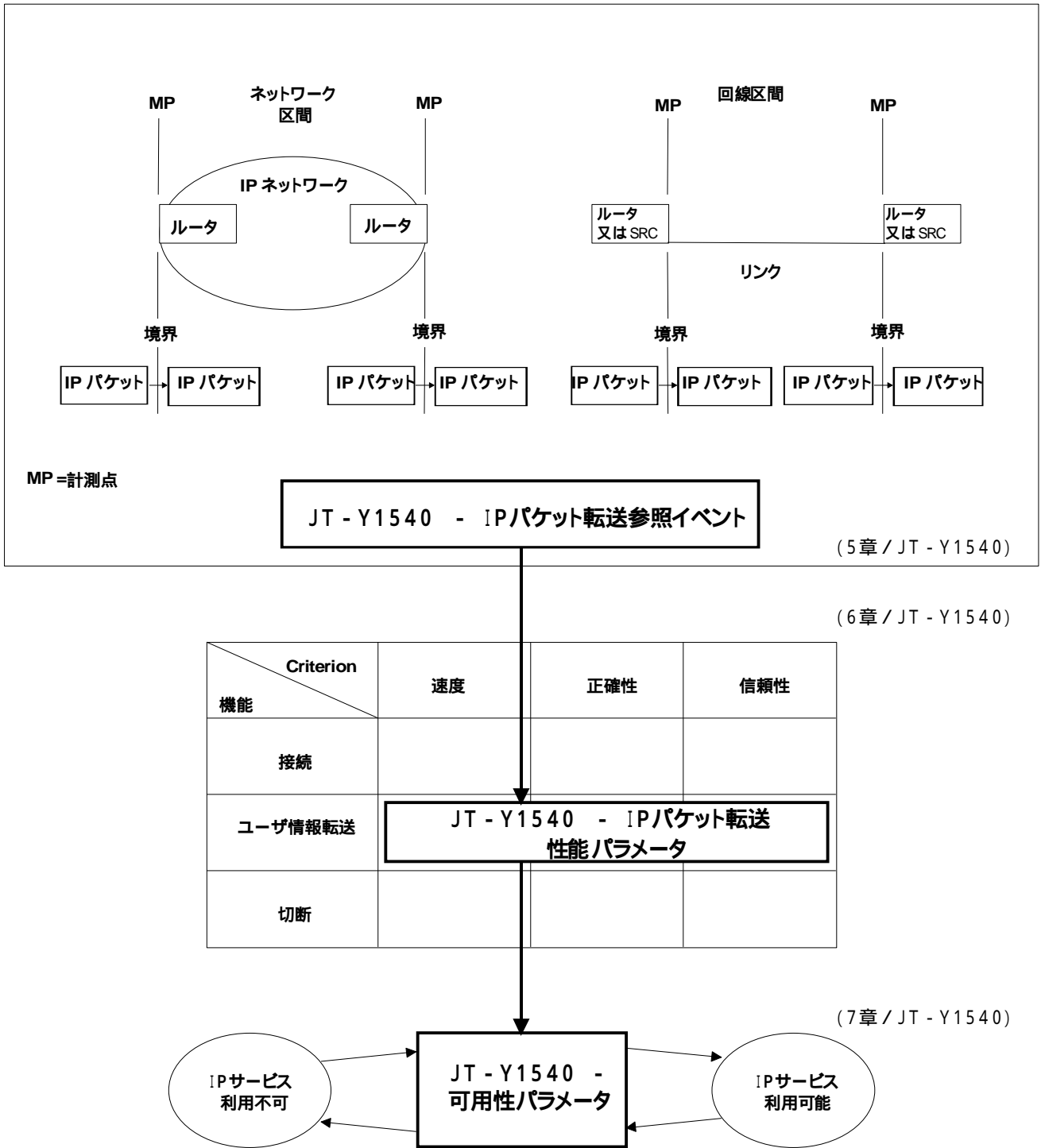


図 1 - 1 / JT - Y1540 TTC 標準 JT - Y1540 の適用範囲
(ITU-T Y.1540)

- 注4 JT-Y1540パラメータはサポートされるIPアプリケーション(例:インタラクティブ、ブロック転送、ストリーム)の要求条件に関する今後の検討に基づき追加あるいは変更されるかもしれない。
- 注5 JT-Y1540速度、正確性、信頼性パラメータは、利用可能状態にあるIPサービスの特徴づけることを意図されている。
- 注6 本標準で定義されているパラメータは、そのIPアドレスによって識別される2つのエンドホスト間の単一エンド・エンドIPサービスに適用することができる。またパラメータは、あるネットワークまたは回線セクションに課されるあるエンド・エンドIPサービスのIPパケットにも適用できる。
- 注7 JT-Y1540パラメータは、規定されたセクション境界内のネットワーク構成要素により提供されるサービスの性能を特徴づけるように設計されている。しかしながら本標準のユーザは、規定された境界外のネットワーク構成要素が、規定された境界内の構成要素に関する性能計測に影響を及ぼす事があることに注意すべきである。例が付録 に記述されている。
- 注8 本標準で定義されているパラメータは、あるネットワーク構成要素の組に課されるIPパケットのあらゆる部分集合に適用できる。ネットワーク構成要素の組に関する、またはネットワーク全体に関する性能の総計に対する手法は、本標準の適用範囲外である。
- 注9 本標準はルーチング安定性の明確な特徴づけのための道具を提供するしていない。しかしながら、ルートの不安定性の影響は本標準に定義されている損失と遅延パラメータを用いて定量化することができる。付録 参照。
- 注10 いくつかの、あるいは全てのJT-Y1540性能パラメータに対する数値的な性能目標の規定は今後の課題である。本標準の現在の版ではいかなる目標も規定されていない。

2. 参照

以下のTTC標準とその他の参考文献は、本標準で参照されることにより本標準の規定を構成する。本標準出版時には、以下に示した版が有効であった。全ての参考文献は改訂されうる。そのため、本標準の利用者は、以下に示した参考文献の最新版の適用可能性を検討すべきである。

現在の有効なTTC標準およびITU-T勧告のリストは正式に発行されている。

[1] ITU-T勧告I.350(1993): *General aspects of quality of service and network performance in digital networks, including ISDNs.*

[2] RFC791(STD-5) – *Internet Protocol (IP), DARPA Internet program protocol specification, September 1981. Vocabulary of terms for broadband aspects of ISDN.*

3. 略号

本標準では以下の略号が使用される。

ATM	asynchronous transfer mode	非同期転送モード
CS	circuit section	回線セクション
DST	destination host	着信先ホスト
FTP	file transfer protocol	ファイル転送プロトコル
gw	gateway router	ゲートウェイルーター
HTTP	hypertext transfer protocol	ハイパーテキスト転送プロトコル
IETF	Internet Engineering Task Force	インターネットエンジニアリングタスク フォース
IP	Internet protocol	インターネットプロトコル

I P E R	IP packet error ratio	I P パケットエラー率
I P L R	IP packet loss ratio	I P パケット損失率
I P O T	octet based IP packet throughput	オクテットベース I P パケットスルー プット
I P P T	IP packet throughput	I P パケットスループット
I P R E	IP packet transfer reference event	I P パケット転送参照イベント
I P T D	IP packet transfer delay	I P パケット転送遅延
I S P	Internet service provider	インターネットサービスプロバイダ
I T U - T	International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector	国際電気通信連合 - 電気通信標準化部門
L L	lower layers, protocols and technology supporting the IP layer	下位レイヤ (I P レイヤを支えるプロトコルや技術)
M _{av}	the minimum number of packets recommended for accessing the availability state	可用性を評価するために推奨される最小 パケット数
M P	measurement point	測定ポイント
N	the number of packets in a throughput probe of size N	サイズ N のスループットプローブにおけ るパケット数
N S	network section	ネットワークセクション
N S E	network section ensemble	ネットワークセクション全体
N S P	network service provider	ネットワークサービスプロバイダ
P D H	plesiochronous digital hierarchy	独立同期デジタルハイアラーキ
P I A	percent IP service availability	I P サービス稼働パーセント
P I U	percent IP service unavailability	I P サービス不稼働パーセント
p k t	IP datagram (IP packet)	I P パケット
Q o S	quality of service	サービス品質
R	router	ルーター
R F C	Request for Comment	R F C
R S V P	resource reservation protocol	資源予約プロトコル
R T P	real-time transport protocol	リアルタイム転送プロトコル
S D H	synchronous digital hierarchy	同期デジタルハイアラーキ
S R C	source host	発信元ホスト
S T D	standard	標準
T _{av}	minimum length of time of IP availability; minimum length of time of IP unavailability;	I P 可用性のための時間の長さの最小値; I P 不可用性のための時間の長さの最小 値
T C P	transmission control protocol	転送制御プロトコル
T _{max}	maximum IP packet delay beyond which the packet is declared to be lost	パケットが損失したと宣言される I P パ ケットの最大遅延
T O S	type of service	サービスタイプ
T T L	time to live	パケット生存時間
U D P	user datagram protocol	ユーザデータグラムプロトコル

4 . I P サービスに対する性能の階層モデル

図4 - 1 / J T - Y 1 5 4 0 は I P サービスに対する性能の、階層的な性質を示す。I P サービスユーザに提供される性能は他のレイヤの性能に依存する。

- ・ 下位レイヤは、(リンクを経由して) I P レイヤを支えるコネクションオリエンテッド型あるいはコネクションレス型の転送を提供する。リンクは I P パケットが転送されるポイント(ルーター、S R C、D S T)で終端され、エンド・エンドで意味を持たない。各リンクは異なる種類の技術(例えば A T M、フレームリレー、S D H、P D H、I S D N や専用線等)を必要とする。I P レイヤの下にさまざまなプロトコルレイヤやサービスがあるかもしれず、これらが結局さまざまな種類の物理メディアを利用する。
- ・ I P レイヤは、I P データグラム(I P パケット)のコネクションレス型転送を提供する。I P レイヤは、ある発信元と着信先 I P アドレスの組に対してエンド・エンドで意味を持つ。I P パケットヘッダ内のある要素は、ネットワークで変更してもよい。しかし、I P ユーザデータは、I P レイヤあるいはその下位レイヤで変更してはならない。
- ・ 上位レイヤは、エンド・エンド通信をさらに可能にし、I P によって支えられる。上位レイヤは、例えば、T C P、U D P、F T P、R T P や H T T P を含む。これら上位レイヤは I P レイヤで提供されるエンド・エンド性能を修正あるいは高めるであろう。

注1 5章で、I P サービス性能モデル、ならびに、この階層モデルで用いられる重要な用語のより正確な定義を行なう。

注2 これらのレイヤ間での性能の相互作用は今後の課題である。

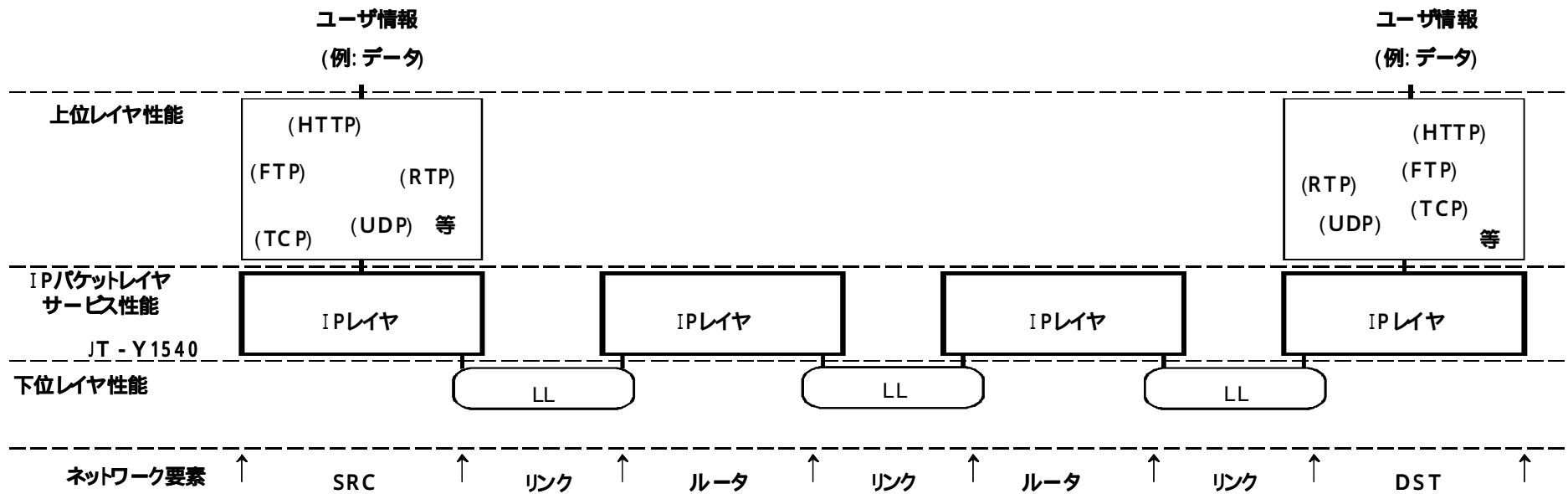


図4 - 1 / JT - Y1540 IPサービスに対する性能の階層モデル - 例
(ITU-T Y.1540)

5 . 一般的 I P サービス性能モデル

本章は一般的な I P サービス性能モデルを定義する。本モデルは主に、回線セクションとネットワークセクションの 2 種類のセクションから構成される。これらは節 5 . 2 で定義される。それらは、どのようなエンド・エンド I P サービスも表すことのできるビルディングブロックを提供する。本標準で定義される各性能パラメータは、あるセクション上あるいは連続するセクションの集合上における I P パケットの片方向通信に適用可能である。

節 5 . 4 は、性能パラメータ定義のための基礎を提供する I P パケット転送参照イベントの集合を規定する。これらの参照イベントは、関連する I P サービスやプロトコル定義から導かれ、またそれらと矛盾しない。節 5 . 5 は、パケットがセクション内へ転送されるときに起こり得る結果を列挙するために、これらの参照イベントを用いている。

注 T T C 標準 J T - Y 1 5 4 0 における性能モデルと参照イベントの全て、あるいは一部を I T U - T 勧告 I . 3 5 3 と結合することに関しては、今後の課題である。

5.1 ネットワーク要素

5.1.1 ホスト

インターネットプロトコルを用いて通信するコンピュータ。ホストはルーチング機能（すなわち、I P レイヤで動作する）を実装し、上位レイヤプロトコル（例：発信元あるいは着信先ホストにおける T C P ）や下位レイヤプロトコル（例：A T M ）を含めた付加的な機能を実装しているかもしれない。

5.1.2 ルーター

着信先 I P アドレスフィールドの内容をもとに I P パケットを転送することにより他ホスト間の通信を可能にするホスト。

5.1.3 発信元ホスト（S R C）

エンド・エンド I P パケットを発信するホストと完全な I P アドレス。一般的に、ホストは一つ以上の I P アドレスを持っているかもしれない。しかしながら、発信元ホストは一つの I P アドレスで一意に関連付けられる。また発信元ホストは、上位レイヤプロトコル（例：T C P ）が実装されている場合には、そのような上位レイヤプロトコルも発信する。

5.1.4 着信先ホスト（D S T）

エンド・エンド I P パケットを終端するホストと完全な I P アドレス。一般的に、ホストは一つ以上の I P アドレスを持っているかもしれない。しかしながら、着信先ホストは一つの I P アドレスで一意に関連付けられる。また着信先ホストは、上位レイヤプロトコル（例：T C P ）が実装されている場合には、そのような上位レイヤプロトコルも終端する。

5.1.5 リンク

一組のホスト間において I P パケットを転送するために用いられる（物理的あるいは仮想的な）ポイント・ポイントコネクション。それは、ホストの組や他のホストを含まない。それは、I P レイヤの下で動作する。例えば、リンクは専用線、あるいはイーサネット、フレームリレー、A T M ネットワーク上での論理的なコネクション、あるいは I P レイヤの下で機能する他のネットワーク技術であり得る。

図 5 - 1 / J T - Y 1 5 4 0 において、S R C と D S T の間の I P サービスに関連するネットワーク要素を示す。リンクは、ダイヤルアップ回線、専用線、リングであり、そのリンクやネットワークはホスト間の線として表される。ルーターは円で表され、S R C と D S T は三角で表される。

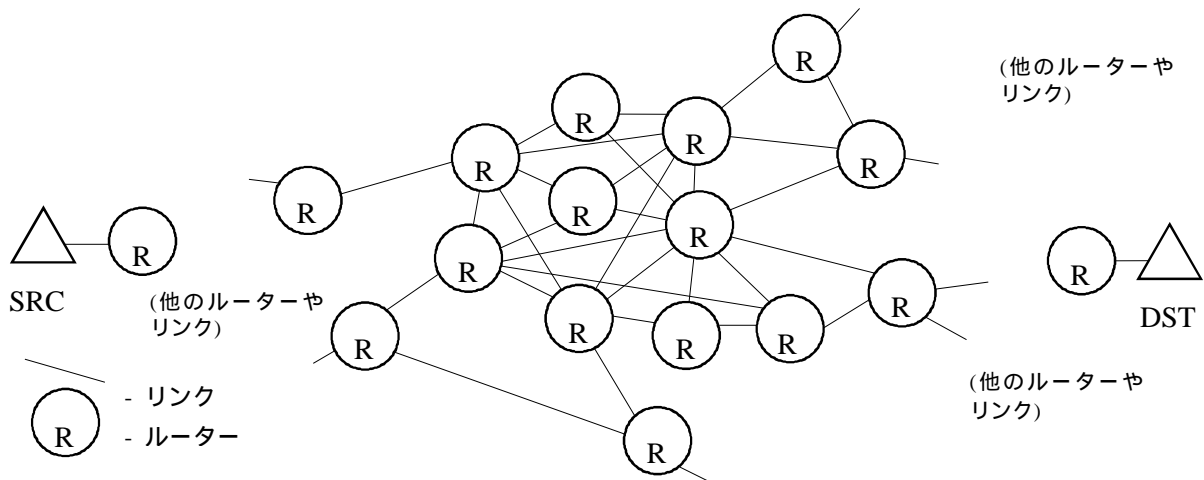


図5 - 1 / J T - Y 1 5 4 0 IPネットワーク要素
(ITU-T Y.1540)

5.2 回線セクションとネットワークセクション

5.2.1 回線セクション (CS)

CSは以下を接続するリンクである。

- 1) 発信元あるいは着信先ホストと、異なる管轄区内にある可能性もある隣接したホスト(例えばルーター)、あるいは
- 2) あるネットワークセクションのルーターと、異なるネットワークセクションのルーター。

回線セクションにおける容量や性能の責任は、一般的に接続されるパーティー間で分担されるということを記しておく。

注 「回線セクション」はおおまかにはRFC 2330に定義される単語「exchange」に対応する。

5.2.2 ネットワークセクション (NS)

NSはホストとそれらを相互接続する全てのリンクの集合である。これらは、SRCとDST間のIPサービスの一部分を提供し、そして唯一の(あるいは共同の)管轄責任の範囲内にある。ネットワークセクションは相互接続リンクのない単一ホストで構成される場合もある。発信元NSと着信先NSはネットワークセクションの特殊なケースである。一对のネットワークセクションは回線セクションで接続される。

リンクで相互接続されるホストの集合はどれでも一つのネットワークセクションと考えられるだろう。しかしIP性能割当ての(将来的な)目的のためには、唯一の(あるいは共同の)管轄責任(例えばISPあるいはNSP)の元にあるホストとリンクの集合に焦点を当てることが適切だろう。これらのホストは一般的にはIPアドレスにおいて同一のネットワークIDを持っている。概して、彼らは内部ルーチングに彼ら独自のルールを持っている。グローバルプロセスとローカルポリシーはこのネットワークセクション(から回線セクション経由で他のNSへ)の外側の着信先への経路選択を指示する。これらのネットワークセクションは一般的には、IP外部ゲートウェイプロトコルを実装したルーターによって境を接している。

注 「ネットワークセクション」はおおまかにはRFC 2330に定義される単語「cloud」に対応する。

5.2.3 発信元NS

発信元NSはその管轄責任範囲内にSRCを含むNSである。場合によっては、SRCは発信元NS内

の唯一のホストである。

5.2.4 着信先NS

着信先NSはその管轄責任範囲内にDSTを含むNSである。場合によっては、DSTは着信先NS内の唯一のホストである。

図5-2/JT-Y1540はあるSRCとあるDSTの間のIPサービスに関する網接続可能性を示している。各NSの縁では、ゲートウェイが回線セクションを介してパケットを送受信する。

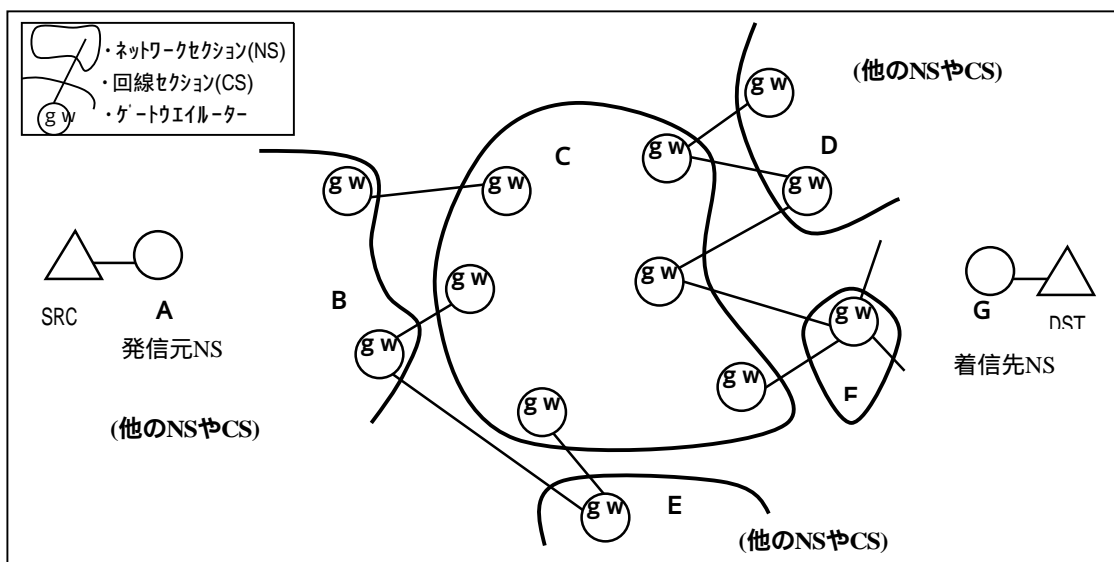


図5-2/JT-Y1540 IPネットワークの接続性
(ITU-T Y.1540)

5.3 測定点と測定可能セクション

5.3.1 測定点(MP)

MPはホストと隣接するリンクの間の境界である。ここでは性能参照イベントが観測・測定されうる。ITU-T勧告I.353と一致して、標準インターネットプロトコルはIP測定点において観測されうる。ITU-T勧告I.353はデジタルサービスのMPについて、より多くの情報を提供する。

注 IPプロトコルスタック内におけるIPサービスMPの厳密な位置は今後の研究課題である。

あるセクションあるいはセクションの組み合わせは、もしMPの集合と接していれば測定できる。本標準において、以下のセクションは測定可能である。

5.3.2 基本セクション

基本セクションはCS, NS, SRC, DSTのいずれかである。基本セクションはMPにより範囲を定められる。与えられたいかなる片方向エンド・エンドIPサービスに関して、CSあるいはNSの性能は測定可能である。入側MPは、基本セクションに流入する時にそのサービスのパケットが横切るMPの集合である。出側MPは基本セクションから流出する時にそのサービスのパケットが横切るMPの集合である。

5.3.3 エンド・エンドIPネットワーク

エンド・エンドIPネットワークはCSとNSの集合である。これらの集合はSRCからDSTへ送られ

るIPパケットの転送を提供する。エンド・エンドIPネットワークと接するMPはSRCとDSTにおけるMPである。

エンド・エンドIPネットワーク性能は、与えられたいかなる片方向エンド・エンドIPサービスに関しても測定可能である。入側MPは、SRCにおいてエンド・エンドネットワークに流入するサービスからのパケットが横切るMPである。出側MPは、DSTにおいてエンド・エンドネットワークから流出するサービスからのパケットが横切るMPである。

5.3.4 ネットワークセクションアンサンブル (NSE)

NSEは、接続されたNSの部分集合とこれらを相互接続する全てのCSを指す。NSEという単語は、単一NS、2つのNS、あるいは複数のNSと、それらを接続するCSを指すために用いられる。2つの個別のNSEは回線セクションによって接続される。NSEという単語はまた、エンド・エンドIPネットワーク全体を表現するためにも使われ得る。NSEはMPによって境界を定められる。

いかなるNSEの性能も、与えられた片方向エンド・エンドIPサービスに関して測定可能である。入側MPは、NSEに流入するサービスからのパケットが横切るMPの集合である。出側MPは、NSEから流出するサービスからのパケットが横切るMPの集合である。

5.4 IPパケット転送参照イベント (IPRE)

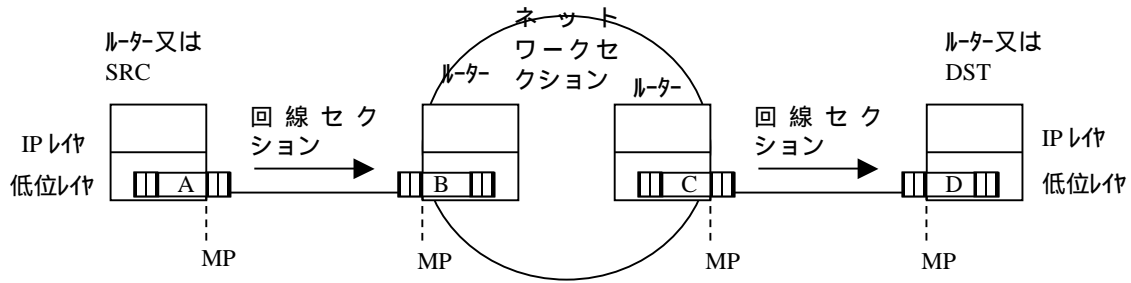
本標準において、以下の定義を、対象とするエンド・エンドIPサービスに適用する。定義された単語は図5-3/JT-Y1540に図示される。

IPパケット転送イベントは次の場合に発生する。

- あるIPパケットが測定点(MP)を横切り、
- そしてパケットに適用された標準IP手順はヘッダーチェックサムが有効であることを確かめ、
- そしてIPパケットヘッダー内の発信元、着信先アドレスフィールドは期待されるSRCとDSTのIPアドレスを表現する。

注 IPパケットヘッダーにはサービスのタイプ(TOS)を含む高位レイヤに関する情報が記述されている。そのような情報がどのようにパケット転送性能に影響を与えるかは今後の研究課題である。

IPパケット転送参照イベントはパケットフラグメンテーションを考慮することなしに定義される。"more-fragments flag"が含む値に関わらず、イベントは全てのIPパケットがMPを横切る度に発生する。



注1 - パケットAとCはIPパケット出力イベント

注2 - パケットBとDはIPパケット入力イベント

図5 - 3 / J T - Y 1 5 4 0 IPパケット転送参照イベント例
(ITU-T Y.1540)

4タイプのIPパケット転送イベントが定義されている。

5.4.1 ホストへのIPパケット入力イベント

あるホストへのIPパケット転送入力イベントは、IPパケットが接続されたCSからホスト（NSルーターあるいはDST）へと入り込むMPを横切る時に発生する。

5.4.2 ホストからのIPパケット出力イベント

あるホストからのIPパケット転送出力イベントは、IPパケットがホスト（NSルーターあるいはSRC）から接続されたCSへと出て行くMPを横切る時に発生する。

5.4.3 基本セクションあるいはNSEへのIPパケット入側イベント

基本セクションあるいはNSEへのIPパケット転送入側イベントは、IPパケットが基本セクションあるいはNSEへと入っていく入側MPを横切るときに発生する。

5.4.4 基本セクションあるいはNSEからのIPパケット出側イベント

基本セクションあるいはNSEからのIPパケット転送出側イベントは、IPパケットが基本セクションあるいはNSEを出て行く出側MPを横切る時に発生する。

注1 IPパケットの入力、出力イベントは、それぞれ、ホストへの入力、ホストからの出力を表す。IPパケット入側、出側イベントは、それぞれ、あるセクションあるいはNSEの進入、退出を表す。このポイントを説明すると以下のとおり。CSへの進入は先立つホストからの出力イベントを作り出す。一方、NSへの進入は、定義によりNSは常にその縁にホストがあることから、入力イベントである。

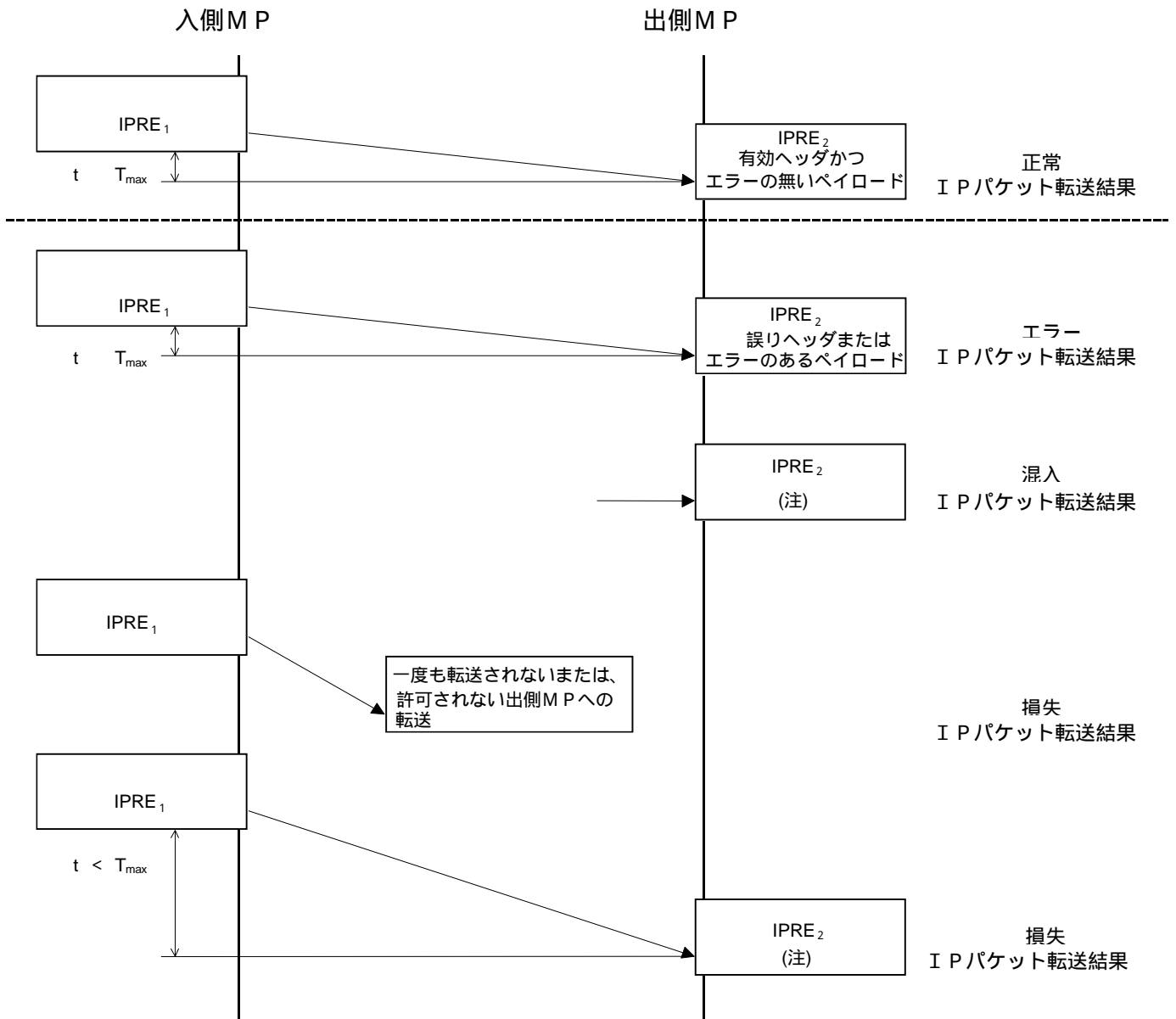
注2 実際の測定目的のためには、IPパケット転送参照イベントはホストのIPプロトコルスタックの中で観測される必要はない。その代わりに、参照イベントの発生の時間は、関係する物理インタフェースを通過するIPパケットを観測することにより見積もられ得る。しかしこの物理インタフェースは、望まれるMPの出来る限り近くにあるべきである。物理インタフェースで参照イベントが監視される場合、ホストからの出力イベントの発生時刻は、ホストあるいはテスト機器から来るIPパケットの最初のビットの観測により見積もられる。ホストへの入力イベントの発生時刻は、ホストあるいは試験機器へのIPパケットの最後の

ビットを観測することにより見積もられる。

5.5 IPパケット転送結果

IPパケット転送参照イベントを考慮することによって、多くのIP転送結果が、基本セクションあるいはNSEを通過するように試みる任意のパケットに対して定義することができる。送出されたIPパケットは、正常転送されたか、エラーとされたか、もしくは、損失したかのいずれかである。流入されたパケットと対応しないパケットが届けられた場合、混入と呼ぶ。図5-4/JT-Y1540に、IPパケット転送結果を図示する。

注 他のIPパケット転送結果（例えば、時間間隔、あるいはパケットのシーケンスに基づく「シビアリーエラーIPパケットブロック結果」）の定義は、今後の課題である。



注 - パケット転送結果は、IPパケットコンテンツに対して独立に発生する

図5-4/JT-Y1540 IPパケット転送結果
(ITU-T Y.1540)

I P パケット転送結果の定義は、許可された入側 M P、許可された出側 M P、および関連するパケットの概念に基づいている。

5.5.1 グローバルルーティング情報と許可された出力リンク

理論上接続された I P ネットワークで、パケットは任意のルーター、N S、あるいは N S E に転送されるが、最終的にはその目的地に到着することができる。しかしグローバルルーティング情報は、宛先アドレスの制限されたセットを定義するが、その宛先アドレスは、各ネットワーク(自律システム)が自発的に提供し、各々隣接する N S を代表して提供する。ある N S が供給できない(または提供を望まない)ことを公表した宛先アドレスを持つどのパケットも、その N S で(最悪のケースで)完全に捨てられる。それゆえに、基本セクションを出発するすべての I P パケット(とフラグメントされたパケット)は、利用可能なグローバルルーティング情報によって許可された場合のみ、他の基本セクションに転送されるべきである。

性能測定のために、N S E による I P パケットの転送は、N S E が現在の利用可能なグローバルルーティング情報によって許可された他の基本セクションにパケットコンテンツのすべてを転送する時のみ成功と考える。もし宛先アドレスがこの N S E に直接付け加えたホストと一致すれば、唯一の許可された出力であり唯一の成功している I P 転送は、宛先ホストへの転送である。

注 1 I P 手順は、グローバルルーティング情報を更新することを含んでいる。以前許可された N S は、N S の間で共有されているルーティング情報の更新によって、もはや許可されないかもしれない。反対に以前許可されなかった N S は、グローバルルーティング情報の更新後に許可されるようになるかもしれない。

注 2 ルーティング情報は、許可された出力リンクの各々の相対的な適合性についての情報によって補われることがある。それら補完的な情報の性能測定への影響は、今後の課題である。

与えられた時刻において、与えられたあるエンド・エンド I P サービスおよび基本セクション、あるいは N S E に関して、

- もしこの基本セクションあるいは N S E へのこの M P の通過が、グローバルルーティング情報によって許可されれば、入側 M P は許可された入側 M P である。
- もしこの M P の通過が、グローバルルーティング情報によって許可される別の基本セクションへ導けば、出側 M P は許可された出側 M P である。

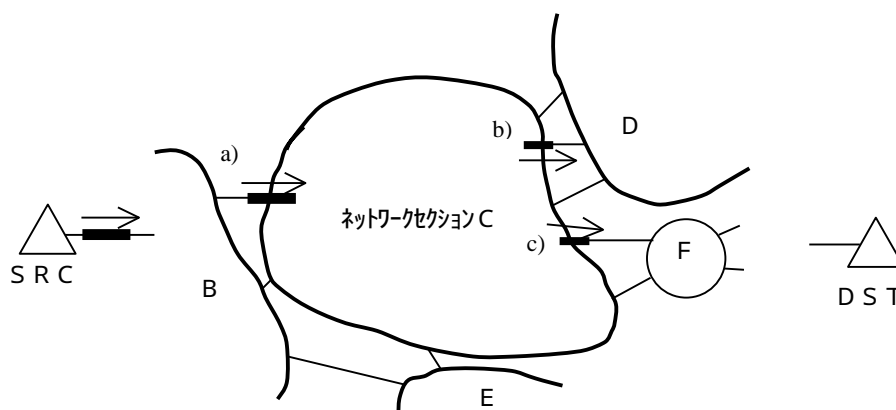
5.5.2 対応イベント

性能分析では、ある M P を通過するパケットと、別の M P を通過したパケットを結びつけて考えることが必要となる。コネクションレスルーティングにより、パケットが(恐らくは)いくつかの許された出側 M P の任意の一つを通過して基本セクションから出力されることがある。パケットフラグメンテーションにより、ある基本セクションに入ったパケットは、フラグメントされ、いくつかの異なる他の基本セクションから出力されることがある。さらに、コネクションレス I P ルーティングは、(恐らくは、ルーティングテーブルの更新によって)すでに送った基本セクションにパケットやフラグメントを送り返すことさえある。

もし入側イベント、出側イベントが「同じ」I P パケットによって作られたならば、I P の出側イベントは、前の入側イベントと対応すると言うことができる。この概念は、出側 M P におけるパケットが、元のパケットそのもの、もしくはフラグメントされたパケットにかかわらず適用できる。図 5 - 5 / J T - Y 1 5 4 0 では、パケットが、N S B から N S C に入って、そして N S C で 2 つの部分にフラグメントされるケースを図示する。フラグメントされた一つは、N S D に送られ、もう一方は N S F に送られる。これらの出側イベントの両方が、単一の入側イベントと対応する。N S E に再び入るパケットによって生じる混乱

を避けるために、この対応の概念においては、入側イベントに対して初めてこのNSEから、その中身が離れた出側イベントを対応の対象とする。

IP参照イベントが対応しているかどうかの実際的な決定は、ふつう一時的であり、そしてしばしば、IPアドレス、グローバルルーティング情報、IPパケット識別フィールド、他のヘッダ - 情報、およびIPパケットコンテンツの考慮に依存する。



SRCからDSTへのIPパケットは、NSCへ入り、入側イベントを生成し、フラグメントされ、2つの関連する出側イベントb)とc)を生成する。

図5 - 5 / JT - Y1540 フラグメンテーションが起こる時のイベントの対応
(ITU-T Y.1540)

5.5.3 正常、エラー、損失、混入パケット転送結果の定義に関する注意

以下につづく個々のパケット転送結果の定義は、IP測定ポイントでのIP参照イベントの観測に基づいている。適当なIP測定ポイントを選ぶことによって、それぞれの定義は、特定のCS、特定のNS、特定のNSEの性能を評価するために使うことができ、そして、それらは、エンド・エンドサービスの性能にも適用することができる。

これらの結果は、特定のパケットタイプ(TOS、プロトコル、等)に限定されることなく定義される。IP性能は、パケットタイプによって異なるであろう。

それぞれの定義において、パケットフラグメンテーションの可能性は、一つのIP参照イベントが、複数の後続イベントを生じる原因となる。もし任意のフラグメントが損失したならば、オリジナルのパケットは、損失したと考えられる。もし、いかなるフラグメントも損失していない場合でも、いくつかエラーとなれば、全体のオリジナルのパケットはエラーになったと考えられる。オリジナルパケットの転送が正常と考えられるためには、それぞれのフラグメントは、許可された出力CSの1つへ正常に送出されなければならない。

5.5.4 正常なIPパケット転送結果

許可された入側MP₀における一つのIPパケット参照イベントが、一つ(または、より多く)の出側MP_iにおいて、一つ(または、より多く)の対応参照イベントが、全てオリジナルの入側イベントのある指定された時間T_{max}以内に生じ、かつ以下の条件を満たすならば、正常なパケット転送結果を発生することができる。:

- 1) 対応参照イベントが発生するすべての出側MP_iは許可されている
- 2) MP₀において観測されたオリジナルのパケットの完全なコンテンツは、受信パケットに含まれる
- 3) 受信IPパケット情報フィールドのバイナリーコンテンツは、正確にオリジナルのパケットと一致する

4) 受信パケットのヘッダフィールドが有効である。

注 T_{max} の値は、今後の課題である。255秒の値が、提案されている。

5.5.5 エラーIPパケット転送結果

許可された入側MP₀における1つのIPパケット参照イベントに対して、1つ(あるいは複数の)出側MP_iにおいて、元の参照イベント発生から T_{max} 以内に、1つ(あるいは複数の)対応参照イベントが全て発生し、かつ以下の条件を満たすならば、エラーパケット転送結果が発生する。

- 1) 対応参照イベントが発生する、すべての出側MP_iが許可されている。
- 2) MP₀において観測された元のパケットのコンテンツのすべてが、出側MP_iで観測されている。
- 3) 以下のいずれかである。
 - 受信IPパケット情報フィールドのバイナリコンテンツが、元のパケットのコンテンツと一致しない。
 - 受信パケットの1つあるいは複数のヘッダフィールドが誤っている。

注 IPレイヤにおいて、ヘッダチェックサムでは検出できないエラーヘッダを持つ大半のパケットは、他のIPレイヤの手順(たとえばアドレスあるいはTOSフィールドの誤り)により、廃棄されるか、他へと転送される。その結果、参照イベントが、パケットの受信を期待している高位レイヤプロトコルに対して、生成されないことになる。IP参照イベントがないため、これらのパケット転送の試みは損失パケット転送結果に分類される。廃棄や誤配送につながらないエラーヘッダは、エラーパケット転送結果に分類される。

5.5.6 損失IPパケット転送結果

損失IPパケット転送結果の定義は、誤配送パケットに対する定義に基づいている。

許可された入側MP₀における1つのIPパケット参照イベントに対して、1つ(あるいは複数の)出側MP_iにおいて、元の参照イベント発生からある指定された T_{max} 以内に、1つ(あるいは複数の)対応参照イベントが全て発生し、かつ以下の条件を満たすならば、誤配送パケットが発生する。

- 1) MP₀において観測された、元のパケットのコンテンツのすべてが、受信パケットに含まれている。
- 2) しかし、対応参照イベントが発生する1つあるいは複数の出側MP_iは、許可されているMPではない。

許可された入側MP₀における1つのIPパケット参照イベントが、誤配送パケット転送結果に終わる場合、あるいは、パケットのコンテンツの一部あるいは全てが T_{max} 以内に、いかなる出側MPにおいてもIP参照イベントとして観測されない場合、損失IPパケット転送結果が発生する。

5.5.7 混入IPパケット転送結果

1つのIPパケットが、対応入側参照イベントの存在しない出側イベントを生成する場合、基本セクション、NSE、エンド・エンドに対して、混入IPパケット転送結果が発生する。

6 . I P パケット転送性能パラメータ

本節では、節 5 . 5 で定義された I P パケット転送結果を用いて、I P パケット情報転送性能パラメータを定義する。試験対象の基本セクションあるいは N S E に付随した M P における観測に基づき、すべてのパラメータを推定しても良い。

注 付加的な I P パケット転送性能パラメータ（たとえば、シビアリーエラー I P パケットブロック率）の定義は今後の検討課題である。

6.1 対象となる母集団

性能パラメータの多くは、「対象となる母集団」と呼ばれるパケットの集合に対して定義される。エンド・エンドの場合には、対象となる母集団は、通常 S R C から D S T に送信される全てのパケットである。エンド・エンドの場合の測定ポイントは S R C と D S T における M P である。

特定の S R C と D S T の組に関連する 1 つの基本セクションあるいは N S E に対して、特定の許可された入側 M P における対象となる母集団は、特定の M P を通過して基本セクションあるいは N S E へと転送される S R C から D S T に送信されるパケットの集合である。これを入側依存ケースと呼ぶ。

特定の S R C と D S T の組に関連する、基本セクションあるいは N S E に対する全ての「対象となる母集団」は、許可された入側 M P のどれかを通過して基本セクションあるいは N S E に配信される S R C から D S T へのパケットの集合すべてである。これを入側非依存ケースと呼ぶ。

各 I P 性能パラメータは特定のパケットタイプ（T O S、プロトコルなど）と関係なく定義される。性能はパケットタイプにより異なることが予想されるので、測定された性能に関する記述には、どのパケットタイプが「対象となる母集団」に含まれるかに関する情報をつけるべきである。

6.2 I P パケット転送遅延（I P T D）

I P パケット転送遅延は、基本セクションあるいは N S E を通過する、すべての正常およびエラーパケット転送結果に対して定義される。I P T D は二つの対応 I P パケット参照イベントである、時刻 t_1 における入側イベント I P R E₁ と、時刻 t_2 における出側イベント I P R E₂ の、発生の時間間隔 ($t_2 - t_1$) である。ここで、 $t_2 > t_1$ かつ $(t_2 - t_1) \leq T_{max}$ である。パケットが N S E 内でフラグメンテーションされる場合、 t_2 は最終の対応出側イベントの時刻である。エンド・エンド I P パケット転送遅延は、図 5 - 6 / J T - Y 1 5 4 0 に図示された S R C と D S T における M P 間の片方向遅延である。

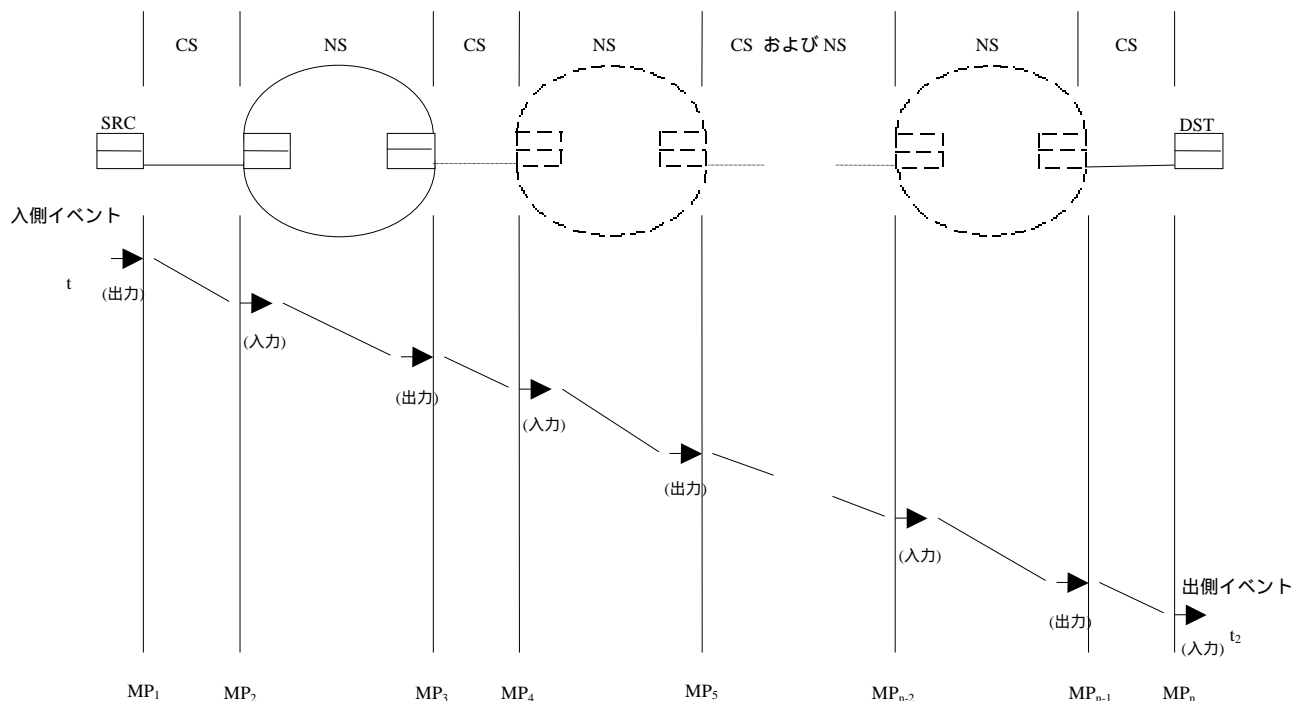


図5 - 6 / J T Y 1 5 4 0 I P パケット転送遅延イベント（単一パケットのエンド・エンド転送の場合（ITU-T Y.1540）を示す）

6.2.1 平均 I P パケット転送遅延

平均 I P パケット転送遅延は、「対象となる母集団」に対する I P パケット転送遅延の数値平均である。

6.2.2 I P パケット遅延変動

I P パケット転送遅延の変動も重要である。ストリーミングアプリケーションはバッファオーバーフローあるいはアンダーフローを回避するため、I P 遅延変動の範囲に関する情報を利用しても良い。I P 遅延の変動により、TCP の再送タイマーの閾値が変化し、その結果、パケット再送を遅らせる、あるいは不必要にパケットを再送することにつながるかもしれない。I P パケット転送遅延の変動が、異なるアプリケーションに与える影響を捕捉する、1 つあるいは複数のパラメータは有用である。I P ルーティングの変化に起因して発生する可能性のある、遅延の大きなギャップと（通常小さな）パケット・パケット間遅延変動を区別することは妥当である。付録 は、I P パケットの転送遅延変動を定量化するための有用な方法を記述している。

6.3 I P パケットエラー率（I P E R）

I P パケットエラー率は対象となる母集団において、転送に成功した I P パケットにエラー I P パケットを加えた合計に対する、エラー I P パケットの合計の比率である。

6.4 I P パケット損失率（I P L R）

I P パケット損失率は対象となる母集団において、送信された I P パケットの合計に対する、損失した I P パケットの合計の比率である。

6.5 混入IPパケットレート

出側MPにおける混入IPパケットレートは、規定された時間間隔中にその出側MPで観測された混入IPパケットの総数を、その時間間隔で割ったものである（これはサービス中の秒あたりの混入IPパケット数と等価である）¹⁾。

6.6 フローに関連したパラメータ

現在、IPv4ベースのネットワークでは、エンド・エンドIPサービス上で加えられたトラヒックは、合意したトラヒックパターンに適合しているかチェックされない。更に、IPv4ネットワークは、パケットの廃棄によってのみ、SRCによって加えられるそれらのパケットのレートを制限することができる。最終的に、今日のIPネットワークは通常、いかなる加えられたトラヒックの配信に対しても、正式の保証を行なわない。

しかしながら、多量のIPパケットを運ぶIPネットワークあるいはセクションの能力を評価する、フローやスループットに関連したパラメータにより、セクションによって配信される性能を特徴づけることは有用である。IPアプリケーションのスループットを特徴づけるパラメータが必ずしもそのアプリケーションに利用可能なリソースの量の正確な推定値とはならない、ということに注目すべきである。これはIPの上のより高位レイヤ（例えばTCP）のプロトコルもまた、実効スループットに影響を及ぼすからである。

本標準の現在のバージョンでは、全てのフローあるいはスループットに関連するパラメータは次の必要条件を満たすべきである。

1. IPサービスに加えられたスループットを特徴づけるパラメータは、IPネットワークあるいはセクションによって転送に成功したIPパケットの量と、このネットワークあるいはセクションへと配信されたIPパケットの量とを関連づけるべきである。
2. スループットに関連するパラメータは、エンド・エンドIPネットワークおよび、CS、NSあるいはNSEを経由したIP転送に適用するべきである。

あるフローあるいはスループットに関連するパラメータは、IPネットワークのスループット容量（つまり与えられたIPパケット転送速度を保持するその能力）を特徴づけることを試みる。いかなるそのようなパラメータも次の追加要求条件を満たすべきである。

1. IPネットワークあるいはセクションがパケット転送に成功する能力は、トラヒックパターンに依存するので、IPネットワークかセクションに加えられたトラヒックパターンは記述されるべきである。
2. 加えられたトラヒックのレートは、試験下のセクションと試験下でない着信先セクションとを接続するリンクの容量（ビット/秒）を超過してはならない。
3. スループット性能に関する任意の個々の記述において、対象となるIPパケットのタイプは宣言されるべきである。

付録 III は、本標準への包含が現在考慮されているスループットに関連したいくつかのパラメータを提案する。フローとスループットに関連する全てのパラメータは、現在検討中である。

¹⁾ 試験においては、混入IPパケットを引き起こすメカニズムは、セクションを通して送信されたIPパケット数とはほとんど関係がないと予想されるので、この性能パラメータは比率として表記されず、レートとしてのみ表記される。

7. IPサービス可用性

IPサービス可用性は、エンド・エンドIPサービス、基本セクション、およびNSEに適用可能である。

可用性関数(節7.1にて定義される)は、IPサービスに対するスケジューリングされたサービス時間の合計を、利用可能な期間と利用不可能な期間とに分類するために用いられる。この分類に基づいて、IP稼働パーセントおよびIP不稼働パーセントの両方が節7.2の中で定義される。最終的に、IPサービス可用性の2状態モデルは、節7.2の関連する可用性パラメータを定義する根拠として用いられる。

注 IPサービスプロバイダによる注意のない限り、IPサービスに対するスケジューリングされたサービス時間は1日当たり24時間、1週当たり7日であると仮定される。

7.1 IPサービス可用性関数

IPサービス可用性関数の基本となるのは、IPLR性能の閾値である。

そのエンド・エンドの場合に対するIPLRが、表7-1/JT-Y1540の中で定義された閾値 c_1 より小さい場合、IPサービスはエンド・エンドベースで利用可能である。

特定のSRCとDSTの組に関連して、すべての許容された入側MPを通して測定されるとき、その組に対するIPLRが閾値 c_1 より小さい場合、基本セクションあるいはNSEは、入側非依存ケースに対して利用可能である。

特定のSRCおよびDSTの組に関連して、特定の許容された入側MPから測定されるとき、その組に対するIPLRが閾値 c_1 より小さい場合、基本セクションあるいはNSEは、入側固有ケースに対して利用可能である。

注1 運用面から考えて、入側固有MPからの可用性を測定することと、監視することの両方もしくはどちらか一方が可能であろう。そして次に、入側非依存の可用性に関する推定を行うためにこの情報を使用することが可能であろう。

注2 エンド・エンドIPサービス可用性と、基本セクションまたはNSEのIPサービス可用性の量的関係は、今後の検討課題である。

表7-1/JT-Y1540 IPサービス可用性関数
(ITU-T Y.1540)

停止基準	閾値
$IPLR > c_1$	$c_1 = 0.75$
<p>注 c_1 に対する0.75という値は、暫定値であると考えられ、今後の検討課題である。0.9と0.99という値も、c_1 に対して提案されている。IPネットワークがサービスの多様な品質をサポートする場合、異なるサービスに対しては異なる c_1 の値を考慮することが適切かもしれない。</p> <p>閾値 c_1 は、IPネットワークリソースが有用なIPパケット転送サービスをいつ(一時的に)サポートすることができないかを定めるためにのみ使用されるべきである。値 c_1 はIPLR性能に関する記述と考えるべきではないし、任意のIPアプリケーションにふさわしいIPLR目標と考えるべきでもない。IPLRに対するパフォーマンス目標は、全てのサービス利用不可能状態期間(つまり、$IPLR > c_1$ となるすべての時間間隔)を除外するべきである。</p>	

表 7 - 1 / J T - Y 1 5 4 0 によって与えられた停止基準が満たされる場合、(つまり、I P L R がその閾値を超える場合)、I P サービスは利用不可能な状態(停止状態)である。停止基準が満たされない場合は、I P サービスは利用可能な状態(非停止状態)である。I P サービス可用性関数の値を求めるのに使用されるべきパケットの最小数が M_{av} である。(M_{av} の値は今後の検討課題である。) I P サービス可用性関数の値を求める時間間隔の最小期間が T_{av} である。(T_{av} は仮に 5 分であると定義される。)

注 3 I P L R に基づいた停止基準は十分に I P サービス可用性を特徴づけると予想される。しかしながら、I P サービス可用性は、I P E R と混入 I P パケットレートとの両方もしくはどちらかに対して激しく劣化した性能も考慮するべきかもしれない。追加の可用性決定パラメータおよびそれらの関連する閾値の包含は、今後の検討課題である。

注 4 この可用性の定義を片方向に対して行っているのは、I P パケットが D S T から S R C 方向に転送されるのと、S R C から D S T 方向に転送されるのでは、非常に異なる経路をしばしば転送されるという事実によって動機づけられる。I P ネットワークユーザの見地から、双方向可用性定義が必要な場合には、双方向定義は容易にこの片方向の定義から導出される。

I P サービス可用性のこの定義が、試験セットおよび試験方法論によって生成されたトラヒックと同様に、両方のエンドユーザが生成した I P トラヒック(つまり S R C と D S T 間の I P パケットの通常フロー)にも適用可能なことが意図される。いずれの場合も、可用性調査を報告するとき、I P トラヒックソースは記述されるべきである。そのような記述は、フローの各方向の中で使用されるパケットの具体的なタイプを含んでいるべきである。

可用性状態を試験するために生成されたトラヒックは、輻輳を引き起こさないように、制限されるべきである。この輻輳は、他のトラヒックに影響するかもしれないし、かつ、停止基準を超過する確率を著しく増加させるかもしれない。もしくはその両方を引き起こすかもしれない。

可用性状態の決定についてのより多くの情報は付録 IV に記載する。

7.2 I P サービス可用性パラメータ

7.2.1 I P サービス不稼働パーセント(P I U)

全体のスケジュールされた I P サービス時間(T_{av} 間隔に対する割合)のうち、I P サービス可用性関数を用いて利用不可であると分類される割合。

7.2.2 I P サービス稼働パーセント(P I A)

全体のスケジュールされた I P サービス時間(T_{av} 間隔に対する割合)のうち、I P サービス可用性関数を用いて利用可能であると分類される割合。

$$PIU = 100 - PIA$$

注 I P L R は、S R C から D S T への供給される負荷の増加と共に典型的には増加するので、閾値 C I を超える可能性は供給される負荷の増加と共に高くなる。それゆえ、S R C と D S T との間の容量に対する要求が高くなると、P I A の値は小さくなる傾向にある。

付録 は P I A と P I U を決定するための標本に関する情報を与える。

付録 IPパケットルーティングについての考察

今後の課題である本付録は、IPサービス性能の特性に関係のあるIPパケットルーティングについての考察を記述するであろう。

付録 I P パケット遅延変動に関する用語

本付録は、今後の課題である、有効な I P パケット遅延変動パラメータを定義するのに役立つであろう用語を記述する。

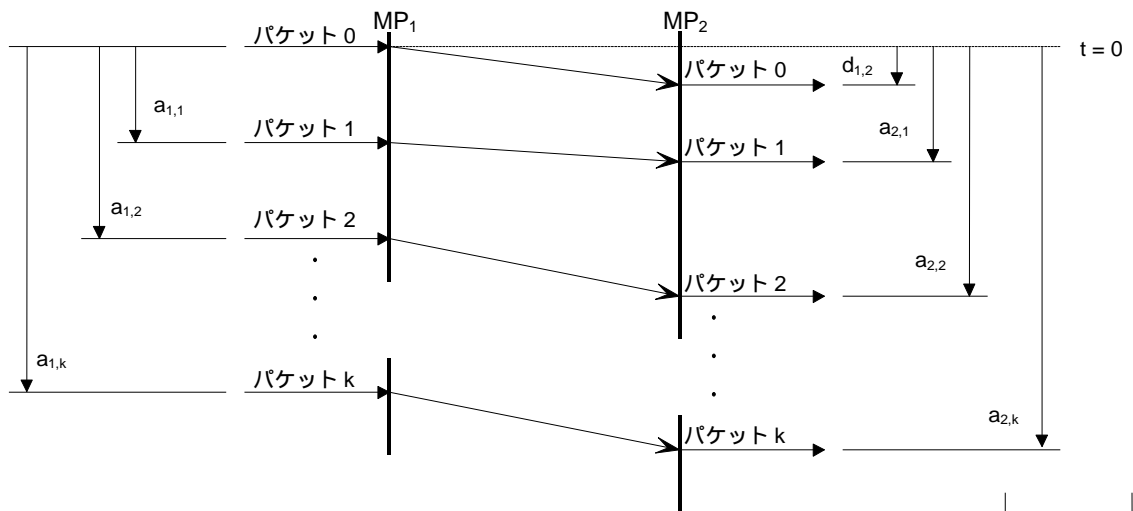
.1 エンド・エンド 2 点の I P パケット遅延変動

エンド・エンド 2 点の I P パケット遅延変動 (P D V) は同一の I P パケットの入側及び出側 M P (例えば、 M P _{DST} と M P _{SRC}) への到着を観測することに基づいて定義される。これらの観測は I P パケットの入側 M P への到着参照イベントのパターンと関連する出側 M P への同一の参照イベントのパターンの変化を特徴づける。

I P パケット k に対する S R C と D S T との間の 2 点のパケット遅延変動 (v_k) は同じ M P 間 (付図 - 1 / J T - Y 1 5 4 0 を参照) での I P パケットの絶対転送遅延 (x_k) と定義した基準 I P パケットの転送遅延 $d_{1,2}$ との差分 $v_k = x_k - d_{1,2}$ である。

S R C と D S T との間の基準 I P パケット転送遅延 $d_{1,2}$ は、それら二つの M P 間の最初のパケットによって得られる絶対 I P パケット転送遅延である。

2 点 P D V の正の値は基準 I P パケットにより得られる転送遅延より大きな I P パケット転送遅延を意味し、2 点 P D V の負の値は基準 I P パケットにより得られる転送遅延より小さな I P パケット転送遅延を意味する。2 点 P D V の分布は $d_{1,2}$ に等しい定数でずらされた絶対 I P パケット転送遅延の分布と同一である。



変数:

- $a_{1,k}$ M P 1 にパケット k が到着した時間
- $a_{2,k}$ M P 2 にパケット k が到着した時間
- $d_{1,2}$ M P 1 と M P 2 間のパケット 0 の絶対転送遅延
- x_k M P 1 と M P 2 間のパケット k の絶対転送遅延
- v_k M P 1 と M P 2 間の 2 点パケット遅延変動値

付図 - 1 / J T - Y 1 5 4 0 2 点 I P パケット遅延変動 (I T U - T Y . 1 5 4 0)

.2 遅延変動の基準としての平均遅延の利用

付図 - 1 / J T - Y 1 5 4 0 に示されるように、個々のパケットの遅延変動はそのパケットが経験する実際の遅延と指定された (期待される) 遅延との差分として自然に定義される。便宜上指定された遅延と

して最初のパケットの遅延を用いる代わりに、全パケットの平均遅延を用いる方法がある。これには遅延変動の値の分布をゼロに基準を置く効果がある。

.3 I Pパケット遅延変動における間隔に基づいた限界

全パケットによって得られる I Pパケット遅延変動を要約する一つの方法は、遅延変動幅を例えば ± 30 ミリ秒と規定し、そしてその遅延変動幅内にあるものと遅延変動幅から外れているものとの個々のセル遅延変動の割合を観測することである。 ± 30 ミリ秒の遅延変動幅が用いられると、60 ミリ秒近くの固定バッファサイズをもつアプリケーションはどのくらいの数のパケットがバッファのオーバーフローまたはアンダーフローを引き起こすかが近似的に分かるであろう。

注 この方法が I Pパケット遅延変動を平均するために用いられるなら、節 .1 の定義の代わりに節 .2 の定義を用いて個々のパケットの遅延変動は計算されるべきである。節 .1 の定義を用いると、最初に選択された遅延変動幅（例えば、 ± 30 ミリ秒）の基準が異常に大きな値かまたは小さな値になることがある。

I Pパケット遅延変動の性能目標はあらかじめ定義した遅延変動幅内にある個々のパケットの遅延変動の割合に対する下限界を選択することによって達成できるであろう。例えば、“パケット遅延変動の 95% 以上は遅延変動幅[-30 ミリ秒,+30 ミリ秒]の間にあるべきである。”

.4 I Pパケット遅延変動における変位に基づいた限界

全 I Pパケットの遅延変動を平均する別の方法は、遅延変動の分布のうち上限の変位と下限の変位を選択し、それらの変位の差分を測定することである。例えば、99.5% 値と 0.5% 値を選択し、測定し、これらの二つの変位での遅延変動値の差分を観測する。この例はアプリケーションの設計者が全体で 1% 以下のバッファオーバーフローとアンダーフローとなる設計する方法を決定するのに役立つだろう。

I Pパケット遅延変動の目的は遅延変動分布のあらかじめ規定した量の差分に対する上限を選択することによって達成できるであろう。例えば、“パケット遅延変動の 99.5% 値と 0.5% 値との差分は 100 ミリ秒以下であるべきである。”

付録 フローとスループット容量関連のパラメータ

本付録は、今後の検討課題である、IPネットワークのフローとスループット容量を算定するために現在提案されている技術と指標について紹介する。

.1 IPスループットパラメータの定義

スループットパラメータの二つのタイプが現在想定されている。スループットパラメータのひとつは、転送に成功したIPパケットのレートに関してスループットを測定し、もうひとつのパラメータはオクテットベースでありIPパケットで転送されたオクテットに関してスループットを測定する。

.1.1 IPパケットスループット (IPPT)

与えられた対象となる母集団に対して、出側MPにおけるIPパケットスループットは、規定された時間間隔中に、その出側MPで観測される転送に成功したIPパケットの合計数をその時間間隔で割ったものである（これは、サービス中の秒あたりの転送に成功したIPパケット数と等価である。）。

.1.2 オクテットベースIPパケットスループット (IPOT)

与えられた「対象となる母集団」に対して、出側MPにおけるオクテットベースのIPパケットスループットは、規定された時間間隔中に、その出側MPで転送が成功したIPパケットで転送されたオクテットの合計数をその時間間隔で割ったのものである（これは、サービス中の秒あたりに転送が成功したIPパケットのオクテット数と等価である。）。

.2 スループットプローブを用いた測定

スループットプローブが、追加トラヒックのサポートに関して、ネットワークの現在の能力を特徴付けるために使用されるかもしれない。その簡潔さによって、プローブは輻輳の主要な要因とはならないであろう。スループットプローブが転送できるレートに限界があるために、結果として起こる輻輳は結局は緩和される（節 .2.1 参照）。正味の効果は、スループットプローブを用いた広域に点在するサンプリングは、試験状態のネットワークに極端な負荷をかけないであろう点にある。

その長さによって、スループットプローブは、少なくとも、発信元と着信先の間トラヒックに対して、どのくらいの容量が利用可能であるかについて相対的な情報をもたらすであろう。節 .2.4 は、スループットプローブがもたらすネットワーク性能が、現存するIPアプリケーションの実効スループット性能に対する下限値の生成にどのように有用であることを示す。

.2.1 着信先が制限された発信元

s を、試験状態のNSEと着信先ホスト(DST)間を接続するリンクのリンク速度(bit/s)とする(リンクがフレームリレーネットワークのような仮想コネクションの場合は、 s を仮想容量(bit/s)とする。)。 $\{p_1, p_2, p_3, \dots\}$ を発信元ホスト(SRC)によってDSTに転送されるパケットの完全な集合とする。そのリンクは試験状態のNSE上にある。 t_1 をSRCが p_1 を転送した瞬間の時刻とする。 b_i をIPパケットヘッダを含むパケット p_i のビット数とする。その時、あらゆるパケット p_j に対して、 p_j の転送が時刻 t_j 以前に始まらない場合、発信元は着信先を制限されていると定義する。

$$t_j = t_1 + \frac{1}{s} \sum_{i=1}^{j-1} b_i$$

注1 SRCから試験状態のNSEへのリンク速度が s より小さいか等しいとき、発信元は自動的に着信先を制限されている。

注2 NSEからDSTまで同じリンクを使用している他の発信元からのトラヒックがあるとき、このトラヒックは本定義で使用されたsの値を減少させる。このケースは更なる検討を要する。

注3 高速の着信先が制限された発信元を用いて達成され得る以上の高スループットを維持することは不可能である。

.2.2 スループットプローブ

スループットプローブは、N (< 30)のシーケンスを持ち、着信先が制限されたSRCからDSTに転送される576バイトのIPパケットである。一般的に、与えられたSRCとDSTの組に対して、スループットプローブの転送の間に十分な時間が経過すべきである。最低限度として、Nパケットのうち少なくともひとつが損失パケットとなった場合、別のスループットプローブは、最後に損失パケットが転送された時刻から少なくとも T_{max} 秒間は開始されるべきではない。

注1 TCPの実装は一般的に、29個のパケットまで応答確認なしに転送可能なウィンドウサイズが公表されているため、Nを30までに制限している。(TCPペイロードは16000バイト)

注2 576バイトのパケットは、すべてのIPホストが受け入れられるように要求されている最大パケットサイズから選ばれている。

注3 スループットプローブ間の最小間隔を守らせることは、ひとつのプローブが次に送られるプローブに対する輻輳の要因とならないことを保証することに役立ち、プローブの結果の組みに相互関連が無いことを保証する事に役立つ。

最大のスループットプローブは以下に対するスループットプローブである。

$$t_j = t_1 + \frac{1}{s} \sum_{i=1}^{j-1} b_i \quad (\text{妥当なクロック差分を考慮する})$$

注4 もっともストレスのかかる試験は、最大スループットプローブを用いてなされるだろう。しかし、ある状況下での試験は最大ではないプローブを用いた試験を考慮する(または好む)かもしれない。

.2.3 プローブ性能パラメータ

注1 値が、スループットプローブ性能に対して標準化されるのであれば、すべての値は、適用されるプローブサイズに関連付けられるであろう。より高速の着信先リンクに対してNのより大きい値を使用することは適切であるかもしれない。この問題は今後の検討課題である。

注2 他のスループット測定と同様に、プローブ誤り率とプローブパケット率の値が規定されるとき、発信元リンクと着信先リンク上の競合するトラヒックは制限され、制御され、報告されなければならない。ネットワーク上の負荷は1日の時刻で変化するであろうから、1日の時刻もスループットプローブの性能の規定と関連づけて制御され、報告されなければならない。

.2.3.1 プローブ誤り率

与えられたプローブサイズNをもつスループットプローブの集合に対して、プローブ誤り率は、全体のプローブ数に対する、DSTでひとつまたはそれ以上の損失パケット結果を持つ、それらのプローブ数の比率である。

.2.3.2 プローブパケット率

与えられたプローブサイズNをもつスループットプローブの集合に対して、プローブパケット率は、全体のパケット数に対する、DSTで成功またはエラーパケット結果を持つプローブにおけるパケット数の比率である。

.2.4 アプリケーションに対して現在利用可能な容量の下限値の生成。

I Pネットワークの今日の支配的なアプリケーションは、T C Pの実装である。これらのアプリケーションは、損失を検出したときに転送するレートを遅くする（ウィンドウサイズを減らすことによる）ことで輻輳に反応する。新しい発信元の負荷がルーターに加わったとき、新しいトラヒックは、競合するT C Pアプリケーションに対して、キューがオーバーフローする確率を増加させ、損失確率を増加させる。このことは、T C Pアプリケーションにバックオフを引き起こし、その結果、新しいトラヒックに対する空き領域が生成される。それゆえ、すべての他の条件が一定であったとしても、新しいトラヒックは、そのランザクションの開始時には、後に経験するよりも高い損失確率を経験するであろう。最大速度で動作するアプリケーションは、競合するT C P発信元がバックオフした後で、より良いスループット（損失）性能を得るだろう。

同様に、サイズNの独立して動作しているスループットプローブは、Nパケット以上に対して高スループットを維持しようと試みているアプリケーションより多くの損失を経験することが期待される。この理由のために、スループットプローブ性能は、アプリケーションスループットの下限値を構築するための基礎であると感じられる。

最大スループットプローブがボトルネックやパケット損失に遭遇しない場合は、少なくとも直近の期間でネットワークは、S R CからD S T間の着信先が制限されたスループットを十分にサポートできることを示す。また、スループットプローブが損失を経験していない場合、競合しているアプリケーションに対して、損失を生成しなかったことはありそうである。競合しているアプリケーションは、試験の間、I Pパケットの遅延の一時的な増加のみを経験することがある。

最大スループットプローブがボトルネックやいくつかのパケット損失に遭遇した場合は、ネットワークはS R CからD S T間で試みられたスループットのレベルをサポートできていないことを示す。直近の期間のサステナブルスループットは配送されたプローブパケット数によって下限値となるかもしれない。より長い時間間隔では、着信先が制限されたS R Cが転送を続けたとき、競合するT C Pトラヒックはバックオフし、ターゲットトラヒックスループットは増加するであろう。

スループットプローブが損失を経験した場合、試験の間、いくつかの競合するコネクションは損失を経験しているだろう。損失を経験したT C Pアプリケーションはウィンドウサイズを減らすだろう。スループットプローブが短期間なので、次のT C Pウィンドウはプローブと競合しないであろう。そのため、ウィンドウサイズは、ただちに元の「均衡」に戻し始めるであろう。これはスループット容量の継続的な試験が起こす結果よりもより受容できる結果である。

.2.5 未解決問題

上述したスループットプローブに関する多くの基本的な主張を支持する経験的な証拠は存在しない。以下の質問は方向付けられた試験プログラムを用いて調査することができる。これらの質問に対する答えは、ネットワーク容量を算定するスループットプローブの有用性を肯定するか、否定するであろう。

- I Pパケット損失は、スループットプローブ以外のI Pパケットに対するものよりスループットプローブに対するものの方が本当に大きいのか？
- スループットプローブに対するI Pパケット損失は、長期間の間等しい発信元レートを維持するストリーミングアプリケーションのパケット損失よりも本当に大きいのか？ 上限は、ストリーミングアプリケーションの長期間の性能を予測するのに無用であるほど高いのではないのか？
- スループット劣化率は、改悪したT C Pウィンドウの本当に上限か？ 上限は、長期間のT C P性能を算出するのに無用であるほど高いのではないのか？
- スループットプローブがスロースタート操作を持たないので、スループットプローブを用いた頻度の少ない試験から他のアプリケーションに本質的な危険はないのか？

付録Ⅳ IPサービス可用性状態の最小試験およびIPサービス可用性パラメータの標本推定

本付録では、今後の検討課題である、IPサービス、基本セクション、またはNSEが利用可能な状態であるかどうか判定するための最小試験について述べる。今後の改訂版では、IPサービスの可用性パラメータの標本推定の方法について取り上げる予定である。

Ⅳ.1 IPサービス可用性状態の最小試験（試験方法および試験セットについて）

節7.1では、可用性状態を評価するために少なくとも M_{av} 個のパケットを使用することが必要であることを示した。試験方法および試験セットにおいて、 T_{av} 期間中少なくとも M_{av} 個のパケットを試みる必要がある。エンドユーザ生成トラフィックの場合、少なくとも M_{av} 回の入側イベントの要求条件が満たされるまで、連続する T_{av} 期間を連結する必要があるかもしれない。これは、今後の検討課題である。

以下に、単一の T_{av} 期間内で、可用性状態を判定するために必要な最小限の試行について記述する。PIAおよびPIUを決定するためには、この試験を繰り返し実施することが必要である。このIPサービス可用性の最小試験は、試験方法および試験セットに適用可能である。エンドユーザ生成トラフィックの要求条件のいくつかは節7.1に示した。この試験以外の試験でも、少なくともこの試験と（統計的に）同じように実行するIPサービス可用性の試験は、IP可用性試験として利用できる。IP可用性に関するこの試験は、エンド・エンドで適用することもできるし、基本セクションまたはNSEの入側依存ケースで適用することも可能である。

手順1：SRCおよびDSTを決定する。

手順2：適切な測定点に試験セットを配置するか、あるいは試験スクリプトを起動する。

手順3：事前に定義した時刻に、 M_{av} のIPパケットの送信を開始する。この送信は T_{av} 期間継続する。

手順4：結果として損失パケットの数が $cl \times M_{av}$ より大きい場合、この T_{av} 期間でIPサービスは利用不可能な状態にある。

手順5：手順4の結果、IPサービス（基本セクションまたはNSE）が利用不可能と判定されない場合、この T_{av} 期間においてIPサービスは利用可能である。

Ⅳ.2 IPサービス可用性の標本推定

PIAとPIUを推定する場合、上記の最小試験を適用し無作為に可用性状態を選ぶだけで十分な場合もある。しかし、利用可能な状態または利用不可能な状態にある連続した期間を推定するには、より頻繁な標本が必要になる。ITU-T勧告X.137では、IPサービスにも適する可能性のあるX.25/X.75ネットワーク向けの手順が提示されている。

付録 V I P 性能測定方法に関する資料

本付録では、今後の検討課題である、I P 性能測定方式の開発において考慮すべき重要な問題について述べる。また、測定性能に関する、トラフィック考慮事項など、被試験セクションの外部条件の影響について記述する。

I P 性能測定中は、以下の条件を指定し、制御を行う。

(1) 測定対象となるセクション

- ・ エンド・エンドの測定のための S R C および D S T
- ・ 測定する N S E の境界となる M P

注 性能を表すために、すべての M P - M P 間またはすべての S R C - D S T 間を測定する必要はない。

(2) 測定期間

- ・ 標本を収集する期間
- ・ 測定実施時期

(3) 正確なトラフィック特性

- ・ S R C からトラフィックの提供されるレート
- ・ S R C のトラフィックパターン
- ・ S R C および D S T で競合するトラフィック
- ・ I P パケットサイズ

(4) 測定のタイプ

- ・ サービス中またはサービス停止中
- ・ 能動的または受動的

(5) 測定データの要約

- ・ 平均値、最悪例、経験変位値
- ・ 要約期間
 - 短期 (例: 1 時間)
 - 長期 (例: 1 日、1 週、1 月)

付録 VI 参考文献

- RFC 768 (STD-6) - User Datagram Protocol.
- RFC 792 (STD-5) - Internet Control Message Protocol.
- RFC 793 (STD-7) - Transmission Control Protocol.
- RFC 919 (STD-5) - IP Broadcast datagrams.
- RFC 922 (STD-5) - Broadcasting Internet datagrams in the presence of subnets.
- RFC 950 - Internet Standard Subnetting Procedure (updates RFC 792).
- RFC 959 (STD-9) - File Transfer Protocol (FTP).
- RFC 1305 - Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis.
- RFC 1786 - Representation of IP Routing Policies in a Routing Registry.
- RFC 1812 - Requirements for IP Version 4 Routers.
- RFC 2018 - TCP Selective Acknowledgment Options.
- RFC 2330 - Framework for IP Performance Metrics.