

P Packet Performance Measurements (Delay, Delay Variation, Packet Loss)

1.1 General Description and Title

IP Packet Transfer Delay, Delay Variation and Packet Loss are IP Packet Performance Measurements defined in ITU-T Recommendations Y.1540 and Y.1541. These performance measurements are good indicators of network performance for a given geographic footprint.

This set of performance measurements (IP Packet Transfer Delay, IP Delay Variation and IP Packet Loss Ratio) provide a basis for determining whether a Service Provider has implemented an efficient network design with sufficient levels of network resources for its IP network.

The sampling of these measurements is on a frequent basis (example: 5 minute interval, 30 minute interval, hourly interval) with well-defined levels of network-wide packet measurements.

1.2 Purpose

IP Packet Performance measurements are intended to demonstrate efficiencies in network design and sufficient levels of resource allocation such that real-time services and other services are maintained with acceptable Quality of Service. The information obtained from this measurement should be used for tracking overall network level performance particularly from the perspective of sustaining desired Quality of Service for all services.

1.3 Applicable Product Categories

This measurement applies to Switching (Access, Multi-Service and Routers) and Transport (Optical Switches and Transport Links) categories.

IP パケットパフォーマンス測定法（遅延、遅延変動、パケット損失）

1.1 一般

IP パケット転送遅延、遅延変動、及びパケット損失は、ITU-T 勧告の Y.1540 及び Y.1541 で定義されている IP パケットパフォーマンス測定法である。これらのパフォーマンス測定法は、任意の地理的な範囲におけるネットワークパフォーマンスを示す良い指標となる。

これらのパフォーマンス測定法（IP パケット転送遅延、IP 遅延変動、及び IP パケット損失率）は、サービスプロバイダが IP ネットワークに対して十分なレベルのネットワークリソースを持ち、有効なネットワーク設計を実施しているかどうかを判断するための根拠を提供する。

これらの測定法のサンプリングは、明確に定義されたネットワーク規模のパケット測定法を用いて、頻繁に行われる（例：5分ごと、30分ごと、1時間ごと）。

1.2 目的

IP パケットパフォーマンス測定法の意図は、リアルタイムサービス及びその他のサービスが満足できるサービス品質を維持しているかといった、ネットワーク設計の有効性及び十分なレベルのリソース配分がされているかを実証することである。この測定により得られる情報は、特に、すべてのサービスが要求されるサービス品質を維持しているかどうかという視点で、ネットワーク全体のパフォーマンスの追跡に使用することが望ましい。

1.3 適用する製品分類

この測定法は、スイッチング（アクセス、マルチサービス及びルータ）及び伝送（光スイッチ及び伝送リンク）の分類に適用される。

1.4 Detailed Description (Refer to ITU-T Recommendation Y.1540)

The reader should refer to the latest version of ITU-T Recommendations Y.1540 and Y.1541. These source documents should take precedence over the text in this document.

a) Terminology

- IP packet transfer delay (IPTD):** IP packet transfer delay is defined for all successful and errored packet outcomes across a basic section or an NSE. IPTD is the time, $(t_2 - t_1)$ between the occurrence of two corresponding IP packet reference events, ingress event IPRE₁ at time t_1 and egress event IPRE₂ at time t_2 , where $(t_2 > t_1)$ and $(t_2 - t_1) \leq T_{max}$. If the packet is fragmented within the NSE, t_2 is the time of the final corresponding egress event. The end-to-end IP packet transfer delay is the one-way delay between the MP at the SRC and DST as illustrated in Figure 8.

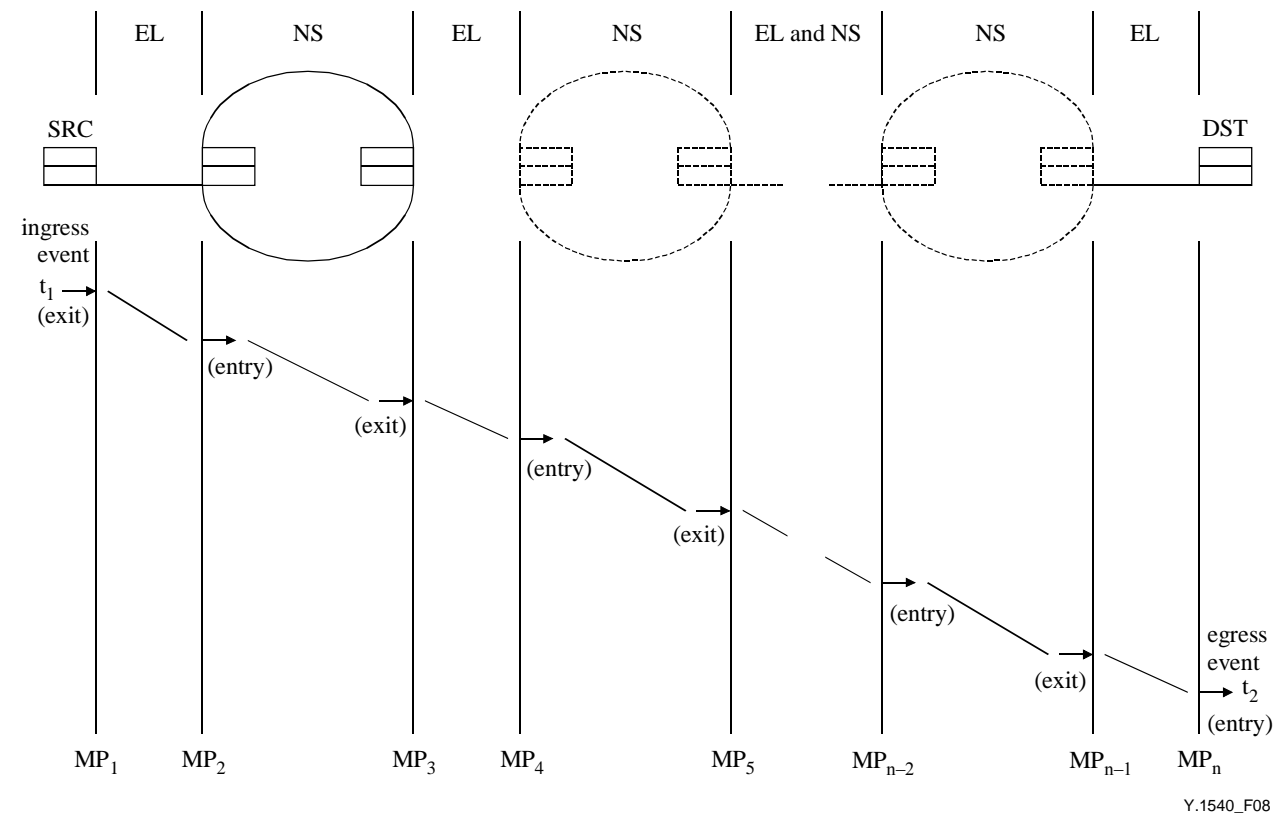


Figure 8/Y.1540 – IP packet transfer delay events (illustrated for the end-to-end transfer of a single IP packet)

Abbreviations:

DST	Destination Host
EL	Exchange Link
MP	Measurement Point
NS	Network Section
SRC	Source Host

Notice: This is an informational document, downloaded from a QuEST Forum website. QuEST Forum is not responsible for revisions after download.

1.4 詳細説明 (ITU-T 勧告 Y.1540 参照)

読者は最新版の ITU-T 勧告 Y.1540 及び Y.1541 を参照することが望ましい。情報源となるこれらの文書が、本文書の内容よりも優先される。

a) 用語

- IP パケット転送遅延 (IPTD) :** IP パケット転送遅延は、基本セクション又は NSE (ネットワークセクションアンサンブル) を通過する、成功した及びエラーとなったすべてのパケット送信結果に対して定義される。IPTD は、時刻 t_1 における入側イベント IPRE₁ と、時刻 t_2 における出側イベント IPRE₂ の 2 つの対応する IP パケット参照イベントが発生する時間間隔 $(t_2 - t_1)$ である。ここで、 $(t_2 > t_1)$ 及び $(t_2 - t_1) \leq T_{max}$ (パケットが損失したと宣言される IP パケットの最大遅延) である。パケットが NSE 内でフラグメンテーションされる場合、 t_2 が最終的な対応する出側イベントの時刻となる。エンド・エンド IP パケット転送遅延とは、図 8 にあるように、SRC 及び DST の MP 間における片方向の遅延である。

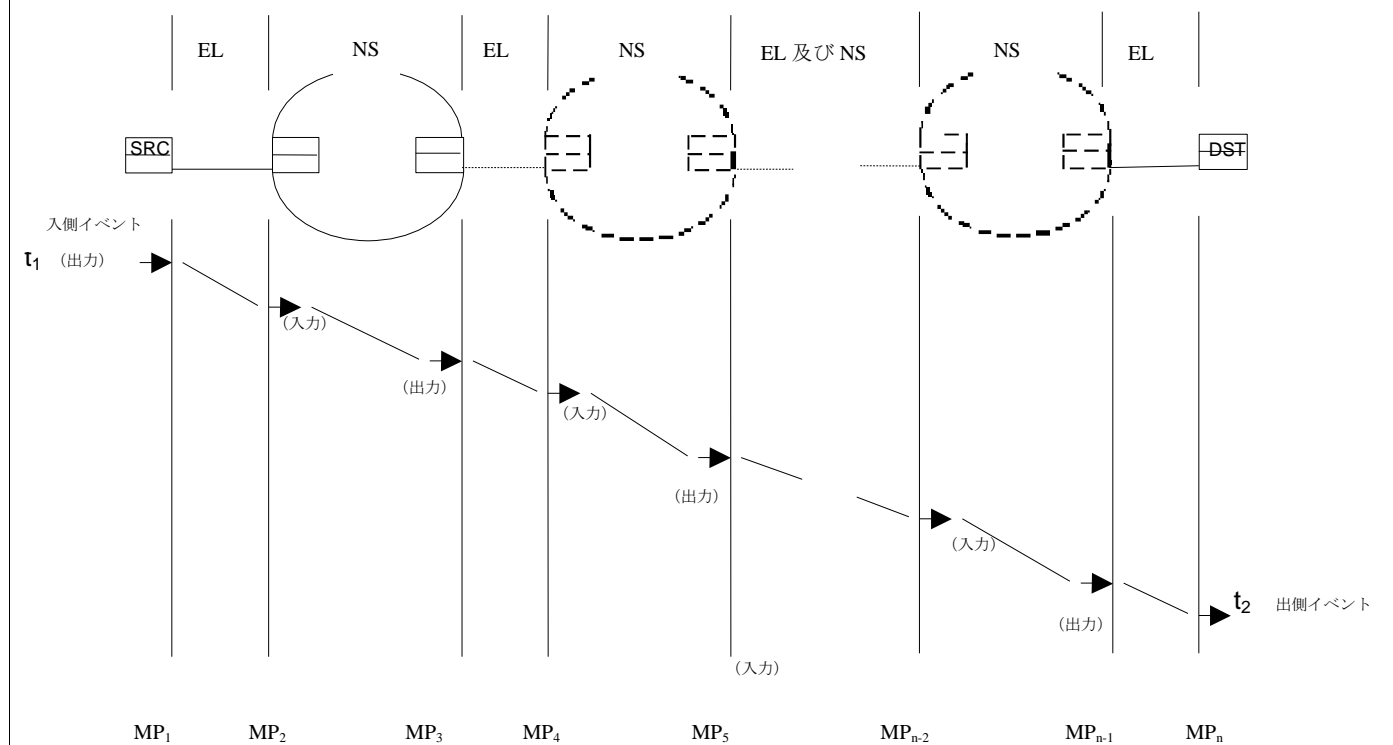


図 8/Y.1540 – IP パケット転送遅延イベント (単一IPパケットのエンド・エンド転送の場合)

略語:

DST	着信先ホスト
EL	交換リンク
MP	測定点
NS	ネットワークセクション
SRC	発信元ホスト

注意: この文書は情報提供用であり、クエストフォーラムのウェブサイトからダウンロードできる。クエストフォーラムは、ダウンロード後の改版に対して責任を負わない。

2. End-to-end 2-point IP Packet Delay Variation: The variations in IP packet transfer delay are also important. Streaming applications might use information about the total range of IP delay variation to avoid buffer underflow and overflow. Variations in IP delay will cause TCP retransmission timer thresholds to grow and may also cause packet retransmissions to be delayed or cause packets to be retransmitted unnecessarily.

End-to-end 2-point IP packet delay variation is defined based on the observations of corresponding IP packet arrivals at ingress and egress MP (e.g., MP_{DST} , MP_{SRC}). These observations characterize the variability in the pattern of IP packet arrival reference events at the egress MP with reference to the pattern of corresponding reference events at the ingress MP.

The 2-point packet delay variation (v_k) for an IP packet k between SRC and DST is the difference between the absolute IP packet transfer delay (x_k) of the packet and a defined reference IP packet transfer delay, $d_{1,2}$, between those same MPs (see Figure 9): $v_k = x_k - d_{1,2}$.

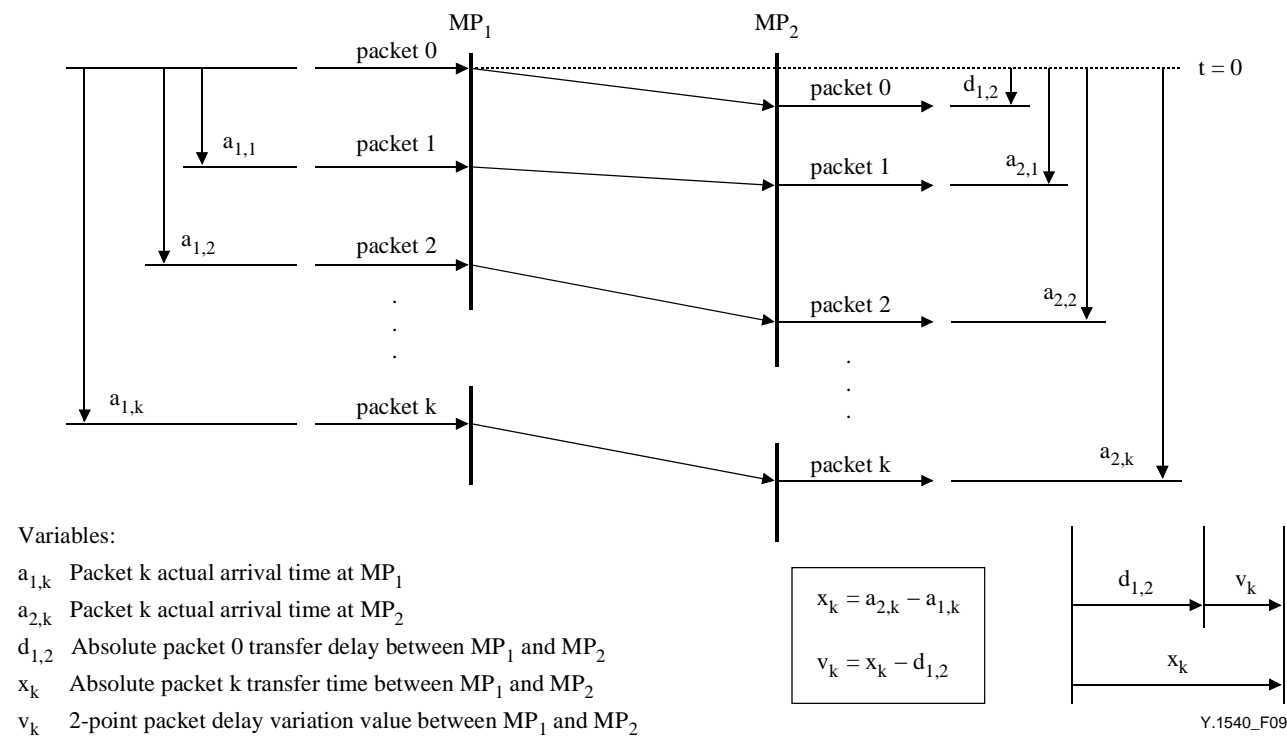


Figure 9/Y.1540 – 2-point IP packet delay variation

The reference IP packet transfer delay, $d_{1,2}$, between SRC and DST is the absolute IP packet transfer delay experienced by the first IP packet between those two MPs.

Positive values of 2-point IPDV correspond to IP packet transfer delays greater than those experienced by the reference IP packet; negative values of 2-point IPDV correspond to IP packet transfer delays less than those experienced by the reference IP packet. The distribution of 2-point IPDVs is identical to the distribution of absolute IP packet transfer delays displaced by a constant value equal to $d_{1,2}$.

3. Packet loss ratio (IPLR): IP packet loss ratio is the ratio of total lost IP packet outcomes to total transmitted IP packets in a population of interest.

2. エンド・エンド 2 点間 IP パケット遅延変動 (訳注: IPDV) : IP パケット転送遅延における変動も重要である。ストリーミングアプリケーションでは、バッファアンダーフロー及びバッファオーバーフローを避けるために、IP 遅延変動の全範囲に関する情報を使用することがある。IP 遅延における変動は、TCP 再送信タイマーの閾値を増加させてパケット再送を遅らせたり、パケットを不必要に再送させたりすることがある。

エンド・エンド 2 点間 IP パケット遅延変動は、同一の IP パケットが入側 MP 及び出側 MP (例: MP_{SRC} 、 MP_{DST} (訳注: 原文では、 MP_{DST} 、 MP_{SRC})) への到着を観測することに基づいて定義される。これらを観測することで、同一の IP パケットが入側 MP 及び関連する出側 MP へ到着する時の参照イベントのパターン変化が特徴付けられる。

SRC 及び DST 間の IP パケット k の 2 点間パケット遅延変動 (v_k) は、パケット k の IP パケット絶対転送遅延 (x_k) 及び定義された基準 IP パケット転送遅延 $d_{1,2}$ の間の差、つまり同じ MP 間の差であり、 $v_k = x_k - d_{1,2}$ である (図 9 参照)。

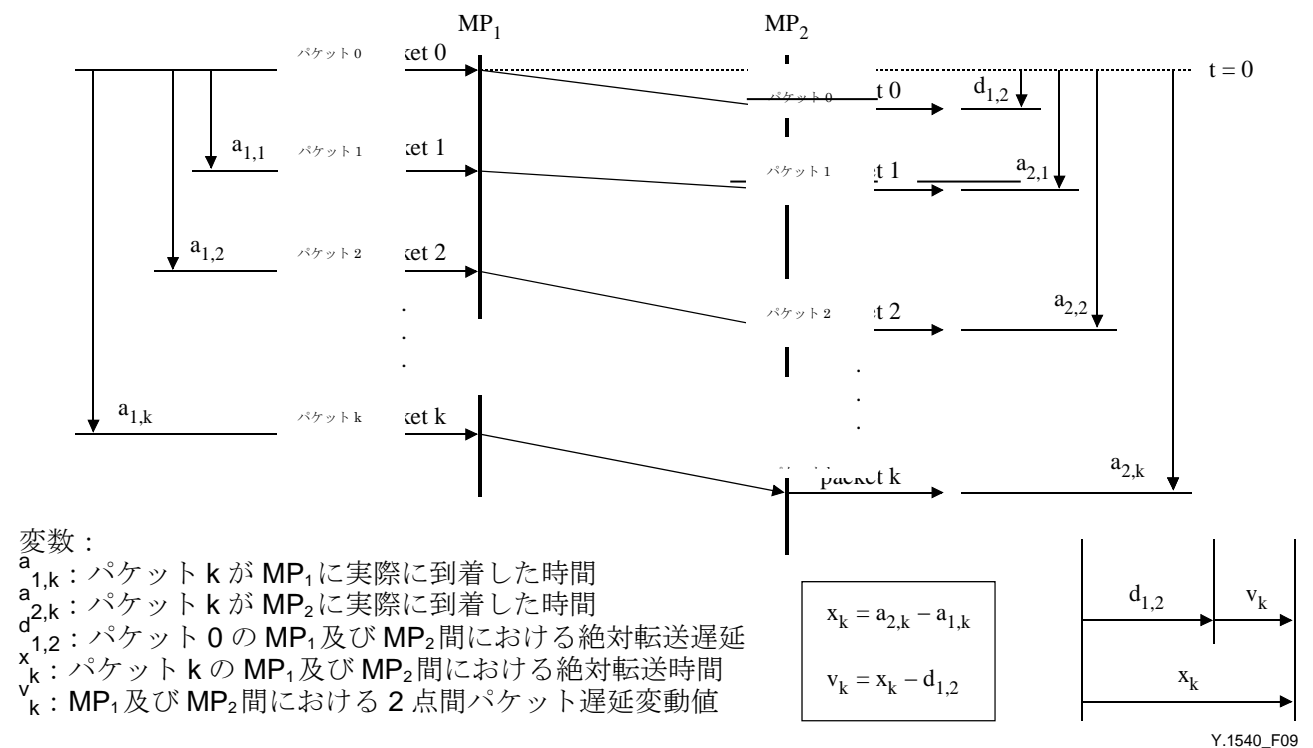


図9/Y.1540 – 2点間IPパケット遅延変動

SRC 及び DST 間の基準 IP パケット転送遅延 $d_{1,2}$ は、それら二つの MP 間の最初の IP パケットにより得られる IP パケット絶対転送遅延である。

2 点間の IPDV が正の値の場合、IP パケット転送遅延は基準 IP パケットにより得られる IP パケット転送遅延よりも大きい。2 点間の IPDV が負の値の場合、IP パケット転送遅延は基準 IP パケットにより得られる IP パケット転送遅延よりも小さい。2 点間の IPDV の分布は、一定値である $d_{1,2}$ 分を差し引いた IP パケット絶対転送遅延の分布と同一である。

3. パケット損失率 (IPLR) : IP 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 IP パケットの合計に対する、損失した IP パケットの合計の比率である。

**b) Counting Rules
Defect Classifications:**

The term "Defect" is relative for this Performance Measure. It is understood that "excessive" delays, delay variations, or packet loss ratios, are indicators of degraded network performance. However, currently there are no agreed upon or standardized performance bounds pointing to unacceptable network performance.

ITU-T Recommendation Y.1541 provides guidance for Transfer Delay performance objectives for a wide range of services and applications.

Network performance parameter	Nature of network performance objective	QoS Classes					
		Class 0	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5 Unspecified
IPTD	Upper bound on the mean IPTD (Note 1)	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U
IPDV	Upper bound on the $1 - 10^{-3}$ quantile of IPTD minus the minimum IPTD (Note 2)	50 ms (Note 3)	50 ms (Note 3)	U	U	U	U
IPLR	Upper bound on the packet loss probability	1×10^{-3} (Note 4)	1×10^{-3} (Note 4)	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	U
IPER	Upper bound	1×10^{-4} (Note 5)					U

General Notes:

The objectives apply to public IP Networks. The objectives are believed to be achievable on common IP network implementations. The network providers' commitment to the user is to attempt to deliver packets in a way that achieves each of the applicable objectives. The vast majority of IP paths advertising conformance with ITU-T Rec. Y.1541 should meet those objectives. For some parameters, performance on shorter and/or less complex paths may be significantly better.

An evaluation interval of 1 minute is suggested for IPTD, IPDV, and IPLR and, in all cases, the interval must be recorded with the observed value. Any minute observed should meet these objectives.

Individual network providers may choose to offer performance commitments better than these objectives.

"U" means "unspecified" or "unbounded". When the performance relative to a particular parameter is identified as being "U" the ITU-T establishes no objective for this parameter and any default Y.1541 objective can be ignored. When the objective for a parameter is set to "U", performance with respect to that parameter may, at times, be arbitrarily poor.

NOTE 1 – Very long propagation times will prevent low end-to-end delay objectives from being met. In these and some other circumstances, the IPTD objectives in Classes 0 and 2 will not always be achievable. Every network provider will encounter these circumstances and the range of IPTD objectives in Table 1 provides achievable QoS classes as alternatives. The delay objectives of a class do not preclude a network provider from offering services with shorter delay commitments. According to the definition of IPTD in ITU-T Rec. Y.1540, packet insertion time is included in the IPTD objective. This Recommendation suggests a maximum packet information field of 1500 bytes for evaluating these objectives.

NOTE 2 – The definition of the IPDV objective (specified in ITU-T Rec. Y.1540) is the 2-point IP Packet Delay Variation. See ITU-T Rec. Y.1540 and Appendix II for more details on the nature of this objective. For planning purposes, the bound on the mean IPTD may be taken as an upper bound on the minimum IPTD and, therefore, the bound on the $1 - 10^{-3}$ quantile may be obtained by adding the mean IPTD and the IPDV value (e.g., 150 ms in Class 0).

Notice: This is an informational document, downloaded from a QuEST Forum website.
QuEST Forum is not responsible for revisions after download.

b) 計数ルール

欠陥分類:

“欠陥”という用語は、このパフォーマンス測定と関連がある。“大幅な”遅延、遅延変動、又はパケット損失率は、低下したネットワークパフォーマンスを示す指標であると考えられる。しかし、現在のところ、許容できないネットワークパフォーマンスを提示する合意済みの標準化されたパフォーマンス限界値は存在しない。

ITU-T 勧告 Y.1541 は、広範囲のサービス及びアプリケーションに対する転送遅延パフォーマンス目標のガイダンスを提供する。

ネットワークパフォーマンスパラメータ	ネットワークパフォーマンス目標の性質	サービス品質クラス					
		クラス 0	クラス 1	クラス 2	クラス 3	クラス 4	クラス 5 未規定
IPTD (IPパケット転送遅延)	IPTD の平均に対する上限値 (注記 1)	100 ミリ秒	400 ミリ秒	100 ミリ秒	400 ミリ秒	1 秒	U
IPDV (IPパケット遅延変動)	(IPTDの $1 - 10^{-3}$ 分位点-IPTDの最小値)に対する上限値 (注記 2)	50 ミリ秒 (注記 3)	50 ミリ秒 (注記 3)	U	U	U	U
IPLR (IPパケット損失率)	パケット損失率に対する上限値	1×10^{-3} (注記 4)	1×10^{-3} (注記 4)	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	U
IPER (IPパケットエラー率)	パケットエラー率に対する上限値	1×10^{-4} (注記5)					U

一般注記:

目標値は、公衆IPネットワークに適用される。目標値は通常のIPネットワーク実装で達成できると考えられる。ユーザに対するネットワークプロバイダの義務は、適用される各目標値を達成する方法で、パケットを送信しようと努力をすることである。ITU-T勧告Y.1541への適合を公表している大多数のIPパスは、これらの目標値を満たしていることが望ましい。パラメータによっては、より短い及び/又は単純なパスでのパフォーマンスが著しく良いことがある。

IPTD、IPDV、及びIPLRについては、1分間隔での評価が推奨され、すべての場合において、測定間隔は測定値とともに記録されなければならない。測定するたびにこれらの目標値を達成することが望ましい。個々のネットワークプロバイダは、これらの目標値ではなくパフォーマンスに対する誓約の提示を選択することもできる。

“U”は、“未規定”又は“限界値のない”を意味する。特定のパラメータに関するパフォーマンスが“U”であると識別された場合、ITU-Tにはこのパラメータに対する目標値の設定がなく、Y.1541の目標値のデフォルト値はすべて無視できる。パラメータに対する目標値が“U”に設定されている場合、そのパラメータに関するパフォーマンスは、時に、恣意的な判断ではあるが、低いことが多い。

注記1—伝搬時間が非常に長い場合、低いクラスのエンド・エンド遅延目標値が達成できないことがある。このような状況及び他の状況においても、クラス0及び2のIPTD目標値は必ずしも達成可能ではない。すべてのネットワークプロバイダがこのような状況に遭遇したため、表1では、IPTDの目標値の範囲を達成可能なサービス品質クラスに変えている。クラスの遅延目標値は、ネットワークプロバイダによるより短い遅延誓約を妨げるものではない。ITU-T勧告Y.1540のIPTD定義によると、パケット挿入時間はIPTD目標値に含まれている。この勧告では、これらの目標値を評価するために推奨される最大パケット情報フィールドサイズを1500バイトとしている。

注記2—IPDV目標値の定義は、2点間のIPパケット遅延変動である (ITU-T勧告Y.1540で規定)。この目標値の性質に関する詳細は、ITU-T勧告Y.1540及び付録IIを参照。計画目標では、平均IPTDの限界値を最小IPTDの上限値とすることができ、そのため平均IPTD値とIPDV値を加算する (例: クラス0では、150 ms) ことで、 $1 - 10^{-3}$ 分位点の限界値が得られる。

注意: この文書は情報提供用であり、クエストフォーラムのウェブサイトからダウンロードできる。
クエストフォーラムは、ダウンロード後の改版に対して責任を負わない。

NOTE 3 – This value is dependent on the capacity of inter-network links. Smaller variations are possible when all capacities are higher than primary rate (T1 or E1), or when competing packet information fields are smaller than 1500 bytes (see Appendix IV).

NOTE 4 – The Class 0 and 1 objectives for IPLR are partly based on studies showing that high quality voice applications and voice codecs will be essentially unaffected by a 10^{-3} IPLR.

NOTE 5 – This value ensures that packet loss is the dominant source of defects presented to upper layers, and is feasible with IP transport on ATM.

Table 1/Y.1541 – IP network QoS class definitions and network performance objectives

QoS class	Applications (examples)	Node mechanisms	Network techniques
0	Real-time, jitter sensitive, high interaction (VoIP, VTC)	Separate queue with preferential servicing, traffic grooming	Constrained routing and distance
1	Real-time, jitter sensitive, interactive (VoIP, VTC).		Less constrained routing and distances
2	Transaction data, highly interactive (Signalling)	Separate queue, drop priority	Constrained routing and distance
3	Transaction data, interactive		Less constrained routing and distances
4	Low loss only (short transactions, bulk data, video streaming)	Long queue, drop priority	Any route/path
5	Traditional applications of default IP networks	Separate queue (lowest priority)	Any route/path

NOTE – Any example application listed in Table 2 could also be used in Class 5 with unspecified performance objectives, as long as the users are willing to accept the level of performance prevalent during their session.

Table 2/Y.1541 – Guidance for IP QoS classes

A network operator can thus determine whether performance measures for the type of services offered fall within the acceptable ranges that underline the Y.1541 performance class that best fits the service in question.

c) Exclusions

None

d) Calculations and Formulas

Mean IP Packet Transfer Delay: Mean IP packet transfer delay is the arithmetic average of IP packet transfer delays for a population of interest [Y.1540]

Delay Variation as defined above

Packet Loss Ratio as defined above

1.5 Sources of Data

Organizations shall collect all data necessary to support this measurement.

Notice: This is an informational document, downloaded from a QuEST Forum website. QuEST Forum is not responsible for revisions after download.

注記3—この値は、ネットワーク間のリンク容量に依存する。すべての容量が初期の値 (T1 又は E1 (訳注: Y.1541 3.2 Conventions 参照)) よりも大きい場合、又は競合するパケット情報フィールドサイズが 1500 バイトよりも小さい場合、より小さい変動値が可能である (付録IV参照)。

注記4—IPLRのクラス0及び1の目標値は、高品質の音声アプリケーション及び音声符号化は、基本的に 10^{-3} の IPLRによる影響を受けないことを示す調査の一部に基づいている。

注記5—この値は、パケット損失が上位レイヤに与える性能劣化の主な原因であることを確実にしており、ATM (非同期転送モード) でのIP伝送により実現可能である。

表 1/Y.1541 – IP ネットワークのサービス品質クラス定義及びネットワークパフォーマンス目標

サービス品質クラス	アプリケーション (例)	ノードメカニズム	ネットワーク技術
0	リアルタイム、ジッタに敏感、高双方向性 (VoIP, VTC (ビデオ会議))	優先処理機能を持つ分離キュー、多重分離機能	ルーチング及び距離の制限
1	リアルタイム、ジッタに敏感、双方向性 (VoIP, VTC (ビデオ会議))		ルーチング及び距離の緩い制限
2	トランザクションデータ、高双方向性 (シグナリング)	分離キュー、廃棄優先度	ルーチング及び距離の制限
3	トランザクションデータ、双方向性		ルーチング及び距離の緩い制限
4	低損失のみ (短いトランザクション、大量データ、ビデオストリーミング)	長いキュー、廃棄優先度	任意のルート/パス
5	従来の既定のIPネットワークアプリケーション	分離キュー (最低優先度)	任意のルート/パス

注記—表2でリストされたアプリケーション例は、ユーザがセッション中のパフォーマンスを一般的なレベルで許容するならば、パフォーマンス目標の規定がないクラス5でも使用できる。

表 2/Y.1541 – IP サービス品質クラスのガイダンス

c) 除外

なし

d) 計算式

平均 IP パケット転送遅延: 平均 IP パケット転送遅延は、対象となる母集団に対する IP パケット転送遅延の算術平均である [Y.1540]。

遅延変動は、上記で定義。

パケット損失率は、上記で定義。

1.5 データ発生源

組織は、この測定を支援するために必要なすべてのデータを収集しなければならない。

注意: この文書は情報提供用であり、クエストフォーラムのウェブサイトからダウンロードできる。クエストフォーラムは、ダウンロード後の改版に対して責任を負わない。