

# SONY

VIDEO COMMUNICATION SYSTEM-TECHNICAL DOCUMENTATION

## QoSについて

PCS-1	Ver.2.00 or later
PCS-11	Ver.2.00 or later
PCS-G50	All
PCS-G70	All
PCS-TL30	All
PCS-TL33	All
PCS-TL50	All

# IPELA

## はじめに

ベストエフォート型である現在のインターネット環境では、パケットのロス率は平均約2%と言われています。ビデオ会議に代表されるビジュアルコミュニケーションの通信中にパケット損失が発生すると、映像の劣化やフリーズ、音声が乱れるなどの不具合を引き起こします。従って、インターネット環境下で行われるビジュアルコミュニケーションにおいては、このような品質の問題に対し、ビデオやオーディオの品質を高く維持する品質制御 (QoS: Quality of Service) 機能が必須になります。

従来のビデオ会議端末におけるQoSは、エラーを隠ぺいすることを主な目的にしていました。通信される映像データをシャッフルしてエラーを見にくくする技術や、イントラマクロブロックを増やすことでパケットロスエラーが長期間増えないようにする技術がこれに当たります。しかしながらイントラマクロブロックの増加は、一方でビデオフレームを伝播するために多くのビットを消費してしまいフレームレートの低下を招きました。

そこでソニーは、リアルタイムコミュニケーションの質の維持に重点を置き、別の視点からまったく新しいQoS機能を開発しました。すなわちエラーを隠ぺいするのではなく、回復するという機能です。

この機能を搭載したPCS端末を使用すれば、自動で帯域、バッファーサイズおよびアルゴリズムを最適な値に調整するため、ユーザーはネットワーク帯域や品質を意識することなく、高品質なビデオ会議を維持することができます。

ソニーのビデオ会議システム (PCS-1/11/TL50/TL30/TL33/G50/G70) には、上記を実現する2つの機能を搭載しています。

- ・ Real-time ARQ (パケット再送機能 : Automatic Repeat reQuest)
- ・ ARC (自動レート制御機能 : Adaptive Rate Control)

PCS-G50/G70では、加えてFEC (前方誤り訂正機能 : Forward Error Correction)機能も備えています。FECは、データに付加されたパリティーパケットを使用して損失パケットを直接回復する機能です。

## このホワイトペーパーについて

このホワイトペーパーは大きく3項に分かれています。まず初めに、Real-time ARQ、ARC、FEC の3つの機能について説明します。次に、これらの機能のネットワーク条件による適切な配分方法について説明します。最後にIPネットワーク環境下での高品質な映像・音声を実現するためにネットワーク側でサポートしている機能 (ネットワークレベルQoS, IP Precedence, DiffServ) について説明します。

## Real-time ARQ (パケット再送機能：Automatic Repeat reQuest)

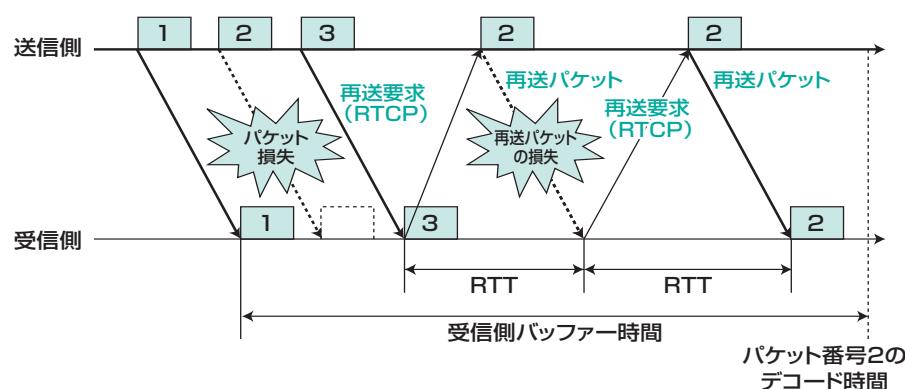
ARQは、受信側が検出した損失パケットを送信側に伝え、送信側がその損失パケットを再送する損失パケット回復技術です。Real-time ARQは、ネットワーク状況と遅延の両方を考慮し、スムーズなリアルタイムコミュニケーションを実現するようにARQを改善したものです。図1にReal-time ARQ の動作を示します。基本的なARQの仕組みは以下の通りです。

すべてのパケットには、RTP(Real-time Transport Protocol)によって順序を示すシーケンス番号と映像・音声の再生タイミングを示すタイムスタンプが付与されています。まず、受信側が受信したパケットのシーケンス番号を見てパケットの損失を検出し（図1のパケット番号2）、送信側にRTCP(RTP Control Protocol)を用いて再送要求を送ります。送信側は、送信済みパケットを送信バッファーに保存しており、再送要求に応じて要求パケットを再送します。受信側は、受信バッファーで再送パケットを含むすべてのパケットを正しい順序に並べ替え、デコード時刻までにデコーダーに送ります。

Real-time ARQは、リアルタイム性を保持しながらARQの回復性能を最適化しています。受信側は図1のように、再送要求を送ってからRTT経った後に、再送パケットを受けることができますが、再送パケットはデコード時刻までに到着しなければデコードされません。そこでReal-time ARQは、端末間のRTTを測定し、N回目（N=1,2,...）に要求した再送パケットがデコード時刻までに到着する場合のみ再送要求を行います。こうしてReal-time ARQは、回復能力を高め、かつ無駄な再送を防ぐことができます。

一般的に、Real-time ARQはRTTが短いときに高い回復能力を発揮します。それは受信側と送信側で、デコード時刻までに複数回、再送パケットの送信ができるためです。しかしながら、反対にRTTが長い場合、ARQは適していません。例えばRTTが150ms、バッファー時間が100msのときは、デコード時刻までに再送パケットは届きません。言い換えると、Real-time ARQは、必要な回復能力を満足する限り、RTT、PLRの測定値に合わせて受信側でのバッファー時間を短く、すなわちリアルタイム性を高くすることができます。

図1 Real-time ARQ再送の仕組み  
(再送要求 N=2の場合)



### 最適パケットバッファーリング利用による待ち時間の最小化

一般的に、パケットの再送にはパケット並べ替えのための受信バッファーが必要ですが、一方でシステム待ち時間を増大させます。ソニーのPCS端末は、RTPヘッダーのシーケンス番号順にパケットを並べ替え可能な可変長リオーダーバッファーを備えています。リオーダーバッファーのサイズは測定されたRTTおよびPLRによって最適化されます。パケットロスのない環境では、リオーダーバッファーは最小になるので、通信待ち時間への影響も小さくなります。

### 最適なアルゴリズムへの切り換え

バッファーサイズに加えて、RTTおよびPLRに応じて再送アルゴリズムを適宜切り換えます。例えば、ネットワーク待ち時間がとても大きい場合は、パケット再送を行わない代わりに、会話が途切れないように音声二重化通信を選択します。

### MCUおよびプレゼンテーションデータ

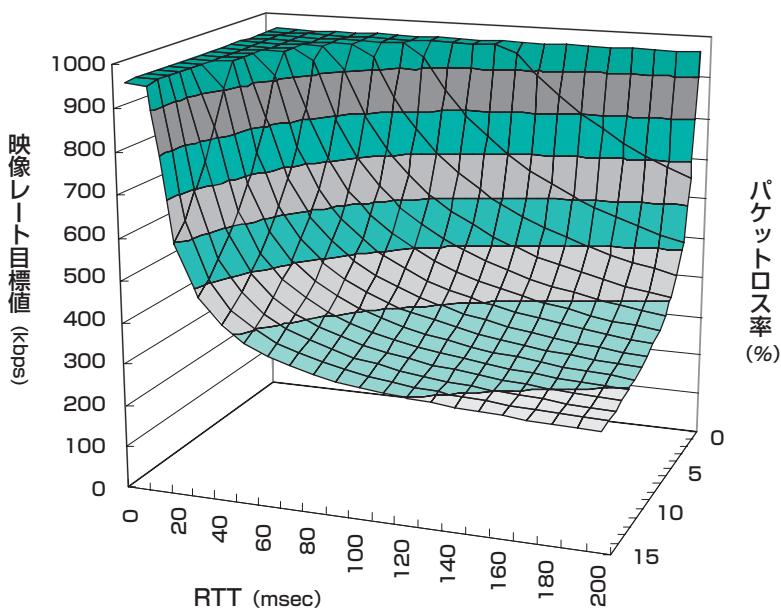
Real-time ARQは、内部MCU機能でも使用できます。MCU機能が使われるとき、各相手端末とMCU機能付きPCS端末間の各リンクは、パケットロスを回復するためにARQを用います。加えて、プレゼンテーションデータにもARQは機能します。

## ARC (自動レート制御機能 : Adaptive Rate Control)

ARCは、映像ストリームを伝送するため、ネットワーク状況に応じて通信レートを制御する技術です。一般的にARCはネットワーク帯域に余裕があれば通信レートを高め、混雑している場合は通信レートを低くします。ソニービデオ会議システムでは、FTPなど他のTCPトラフィックとの調整を考慮し、自身がレートコントロール機能を持つまったく新しいレート制御アルゴリズムTFRC(TCP-friendly rate control)を採用しています。TFRCは、インターネット環境で動作するユニキャストフローに適合するように設計されており、その性能はTCPトラフィックに匹敵します。

IETF RFC3448におけるTCPスループット方程式は、パケットロス率の関数であり、RTTが、TRFCでの使用に適していると言えます。図2はこの方式で算出された映像ビットレート目標値の例です。

図2 自動レート制御機能（最大ビデオレート960kbpsの例）



## FEC (前方誤り訂正機能 : Forward Error Correction) (PCS-G50/G70のみ)

FECは、冗長符号化を用いた損失パケット回復技術です。送信側は、オリジナルデータパケットからパリティー（冗長）パケットを符号化し、受信側は、受信したオリジナルデータパケットとパリティーパケットとを用いて復号することで、損失パケットを回復することができます。

PCS-G50/G70では、FECコーデックとしてReed-Solomon (RS) 符号を採用しています。ここでRS ( $n, k$ )とは、 $k$ 個のオリジナルデータパケットに対し、RS 符号によって  $(n-k)$  個のパリティーパケットを生成することを示します。この $n$ 個のパケットを1つの単位とみなすFEC ブロックと呼んでいます。RSコードのサイズはバイト単位でのアクセスに便利なように8バイトに設定されています。図3は、RS (6, 4)のFEC回復手順を示します。最初の4パケット（1から4）はオリジナルデータパケットで、後ろの2つ(F1, F2)は、パリティーパケットです。これらで1つのFECブロックを構成します。このFECブロックの場合、パリティーパケット数に等しい2個以下の任意の損失パケットを回復することができます。例えば、図3におけるパケット2が損失した場合は、同一FECブロック内の他の4パケット（例えば1, 3, 4とF1）からパケット2を回復することができます。

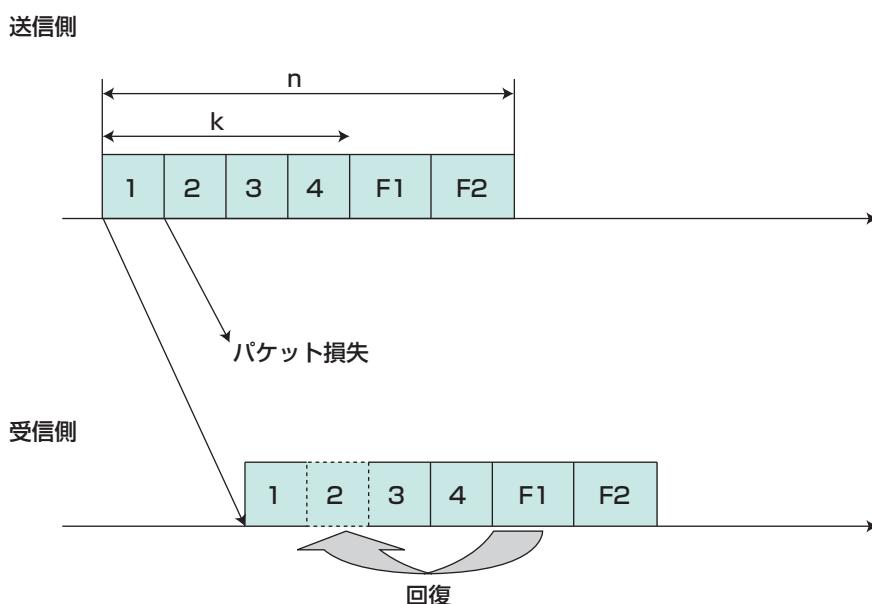
一般的に、FECの回復能力はRTTの大小の影響を受けないため、RTTが長い場合にFEC機能を使うことは、ARQを使うよりも適切かつ有効です。

これがFECの特長の1つであり、RTTが長い環境下での使用を可能にする理由です。

PCS-G50/G70では、FECブロックのショートパケットマトリクスと、独自の高速計算を可能にするRSアルゴリズムを構築することにより、FECのデコードのスピードを高めて、FECのリアルタイムコミュニケーション用途への使用を可能にしました。

FECは常にパリティーパケットを送っているので、送信レートのオーバーヘッドは、Real-time ARQより大きくなります。

図3 FEC回復の仕組み



## QoSモードの選択

### PCS-G50/G70

PCS-G50/G70では、下記4つのモードがサポートされており、ユーザー側でQoSのメニュー設定にて選択可能です。FECは映像データにのみ対応します。

モード	説明
ARQ	ARQのみアクティブ
FEC	FECのみアクティブ
FEC & ARQ	FECとARQ両方がアクティブ
Hybrid	RTTの値によって自動で上記3モードのうち1つが選択される

#### ARQモード

映像データ用ARQは2つのステータス（スタンバイ、アクティブ）があります。また音声データ用ARQは3つのステータス（スタンバイ、アクティブ、音声二重化通信）があります。音声二重化通信モードでは、再送パケットによる遅延の増加を防ぐため、ネットワークを通して、音声データは2回間隔をあけて送信されます。ARQがONのときARCも自動でONになります。

#### FECモード

FECモードは、送信側と受信側が共にFECモードのとき使用可能です。FECモード時ARCは自動でONになります。オリジナルパケット数とパリティーパケット数の割合は変わりません。

#### FEC & ARQモード

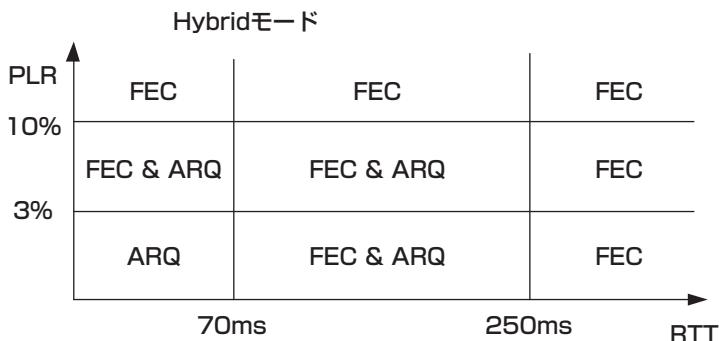
ミックスモードでは、パケットロスをFECで回復できない場合にARQを使って回復します。このモードはFECとARQが共にONのときアクティブになります。1つのFECブロック内のオリジナルパケット数とパリティーパケット数は、FEC内で変わらないので、パケットロスが回復されたかどうかはブロック内のパケット数を見るだけで容易に識別することができます。受信オリジナルパケットをS\_ORG、オリジナルパケットをORG、受信パリティーパケットをS\_PARとすると、下記方程式が真の場合、パケットロスを回復することができません。

$$S_{PAR} - (ORG - S_{ORG}) < 0$$

パケットロスが回復できない場合は、再送要求が発行されます。

### Hybridモード

Hybridモードをアクティブにするには、送信側、受信側ともHybridモードONにする必要があります。Hybridモードがアクティブになると、下図に示すように自動でモードを選択します。受信側がHybridモードOFFの場合、自分側がどのモードになるかは、FEC、ARQの（受信、送信双方）の能力によって決まります。



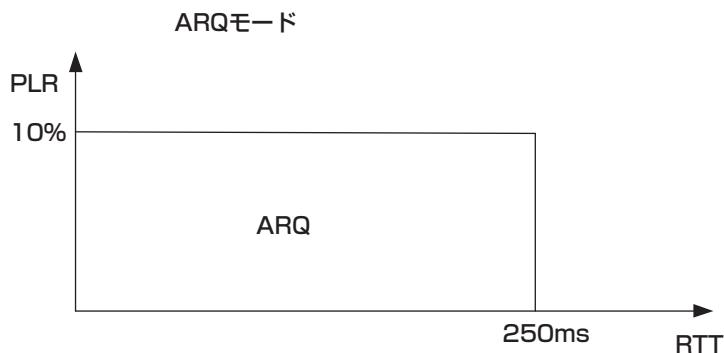
※しきい値は、将来のバージョンでは変更になる場合があります。

### PCS-1／11／TL30／TL33／TL50

PCS-1／11／TL30／TL33／TL50では、QoSの設定に従いARQを設定することができます。

### ARQモード

映像データ用ARQは2つのステータス（スタンバイ、アクティブ）があります。また音声データ用ARQは3つのステータス（スタンバイ、アクティブ、音声二重化通信）があります。音声二重化通信モードでは、再送パケットによる遅延の増加を防ぐため、ネットワークを通して、音声データは2回間隔をあけて送信されます。ARQがONのときARCも自動でONになります。



## ネットワークレベルQoS

ソニーのビデオ会議システムでは、IP Precedence、TOS(Type of Service)およびDiffServ (Differentiated Service)の設定が可能です。IPヘッダーのTOSフィールドは、IP PrecedenceとTOS、またはDiffserv用のDSCP (Differentiated Services Code Point)ビットのいずれかを定義するために使用されます。これらのサービスに対するフィールドの使用方法は、ネットワークサービス管理者が決めることができます。

### ● IP Precedence とTOS (Type of Service)

0	1	2	3	4	5	6	7
Precedence	遅延	スルーブット	信頼性	コスト	CU		

CU : 現時点未使用

IP Precedence とTOSの値は、セットアップメニューで設定することができます。

IP Precedence ビット : IP Precedenceビットは、パケットが扱われる優先度を決めます。

- 1 1 1 : Network control
- 1 1 0 : Internetwork control
- 1 0 1 : Critical
- 1 0 0 : Flash override
- 0 1 1 : Immediate
- 0 1 0 : Priority
- 0 0 1 : Routine

遅延ビット: 送信元のPCS端末から相手先のPCS端末、またはホストへのデータ送信時間を(待ち時間)を重視したいとき使用します。このビットがONのとき、遅延がもっとも少ない経路を選択するようネットワークプロバイダーに要求します。

スルーブットビット: ある期間において送信するデータ容量を重視したいとき使用します。このビットがONのとき、最大スルーブットが得られる経路を選択するようネットワークプロバイダーに要求します。

信頼性ビット: 送信要求をしなくても、データが相手先に確実に到着することを重視したいとき使用します。このビットがONのとき、一番信頼性のある経路を選択するようネットワークプロバイダーに要求します。

コストビット: データ送信のコストを重視したいとき使用します。このビットがONのとき、一番低コストのルートでデータを送るようにネットワークプロバイダーに要求します。

管理者がこのフィールドの値を設定しなければ、デフォルト値は常に”0”になります。

## DiffServ (Differentiated Services)

DiffServアーキテクチャーは、完全なAS(自立システム：Autonomous System)またはドメイン全体に導入されているネットワークモデルに基づいています。このドメインが管理下にあるとき、ドメインに適合するネットワーク上でトラフィックの出入りについて明確で一貫性のあるルールを確立するような対策をとることが可能です。DiffServは、下記に示す6バイトからなるDSCP (Differentiated Services Code Point)と呼ばれるIPヘッダー内のフィールドを定義します。

### ● Diffserv (Differentiated Services)

0	1	2	3	4	5	6	7
DS5	DS4	DS3	DS2	DS1	DS0	CU	CU

CU : 現時点未使用

IPヘッダーのサービスフィールドのタイプは、DSCPを定義するのに使用されます。DiffServをサポートしているネットワーク上のホストは、パケットごとにDSCP値を設定します。DiffServネットワーク内のルーターは、トラフィックをDSCP値に応じたサービスクラスに振り分けます。このようにルーターは、flow-by-flowベースではなく、DSCPマーキングに基づいたトラフィッククラスによりパケットを制御します。ルーターはフローを識別するためにいかなる複雑なステータス情報でも維持する必要がないため、大量のフローを扱うことができるのです。PHB (Per Hop Behavior)は、DSCPマーキングに基づいたトラフィッククラスに従って定義されます。例えば、ルーターがEF(完全優先転送：Expedited forwarding)を意味するDSCP = 101110のパケットを受信したとすると、そのルーターは、低遅延、低損失でパケットを転送するように要求されたことになります。また、三段階の廃棄優先度を定義するAF(相対的優先転送：Assured Forwarding)も定義されており、最低帯域を保証したいとき使用されます。

このフィールドをDiffServとして使用するときのフィールドのデフォルト値は、単にベストエフォート形のサービスの供給を意味する“000000”となります。

\* 「PCS-G70」は、PCS-G70SおよびPCS-G70Nの総称です。

\* Real-time ARQは、ソニーの商標です。

**SONY**