

< 通信プロトコル >

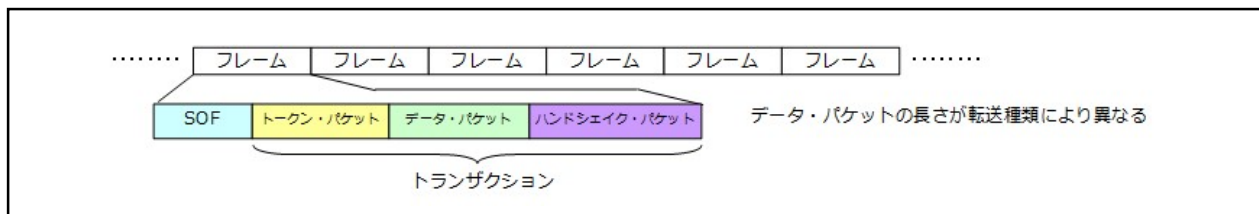
2018.2

USB (Universal Serial Bus) はPC関連機器間の通信を司る中心的な手段であることは、皆さんもご存知と思います。

まず、通信プロトコル(規約) というものは、以下のような階層から成っています。

層 (Layer)	概略内容
物理 (Physical Layer)	RS-232 や 422、光ケーブルのように具体的な電圧やケーブルの寸法、形状などを規定
データリンク (Physical Layer)	イーサネットなどのリッスン/トークンの関係やノード同士の関係などを規定
ネットワーク (Network Layer)	IP (インターネットプロトコル) などで固有のアドレスを生成したり、誤り修正したりする場合の規定
トランスポート (Transport Layer)	TCP (トランスポートコントロールプロトコル) など、通信相手と相互にやり取りする場合の規定
セッション (Session Layer)	TLS (トランスポートレイヤーセキュリティ) など、相手IPの認証や通信暗号化を行う際の規定
プレゼンテーション (Presentation Layer)	SMTP (シンプルメールトランスファープロトコル) や FTP (ファイルトランスファープロトコル) など、アプリケーションからの要求をセッションに伝えるための規定
アプリケーション (Application Layer)	HTTP (ハイパーテキストトランスファープロトコル) など、抽象概念を下層で具体化できるようにする規定

一番物理的な要素の多い層(最下層)が物理層で、順次、人間の操作に近い部分に向けて7つの層に分類されています。要は、人間が使い易い抽象概念を具体的に通信相手に伝え、それを再び理解できる形に整えるまでの段階での「決め事」を示します。



実際のUSBのパケット構造は、SOF (Start of frame) と呼ばれるパケットを先頭として、次に通信の内容にあたるトランザクションパケット列が続きます。

これらのパケット列のひとかたまりをフレームと呼びますが、USB 2.0のハイスピード(480Mbps:切り替わりエッジ幅は約2nsの倍数)の場合にはフレーム長が125us単位になり、このフレームがいくつも繋がって通信を成立させています。

a file transfer protocol of USB

物理層的にはツイストペアの信号線D+とD-の差動信号による通信になります。両方Lレベルがバス・リセット（開放）になります。

上記のようにトランザクションを構成するパケットは、トークン・パケット（PID：パケットID どんなデータなのかを示す）、データ・パケット（情報そのもの）、ハンドシェイク・パケット（ACK：占有の終わりを示す）からなります。

皆さんがお馴染みのUSBでは、通信プロトコルの中の「転送」という作業項目に対し、①Interrupt、②Bulk、③Isochronous、④Controlの4つのモードに分類していて、USBで接続された各装置はこの中から最適な転送方法を選択できるようになっています。

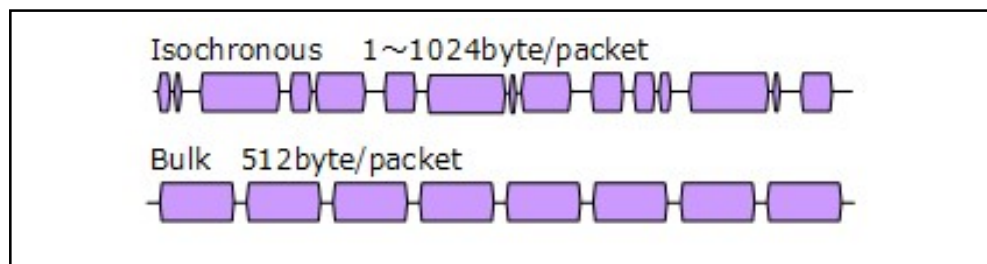
転送データレートは、USB 1.xの場合は12Mbpsと1.5Mbpsの2つを選択できます。USB 2.0では480Mbpsも選択肢に加わりました。

『Control』は全ての機器で運用され、『Isochronous』はIEEE 1394などでも使われていましたがリアルタイム性の要求される音声や画像伝送に主に使われ、『Interrupt』はマウスやジョイスティックなど順次作業に伴うものに、『Bulk』はHDDやCD-ROM機器、ネットワークプリンターなど確定した情報の定型転送処理に使われます。

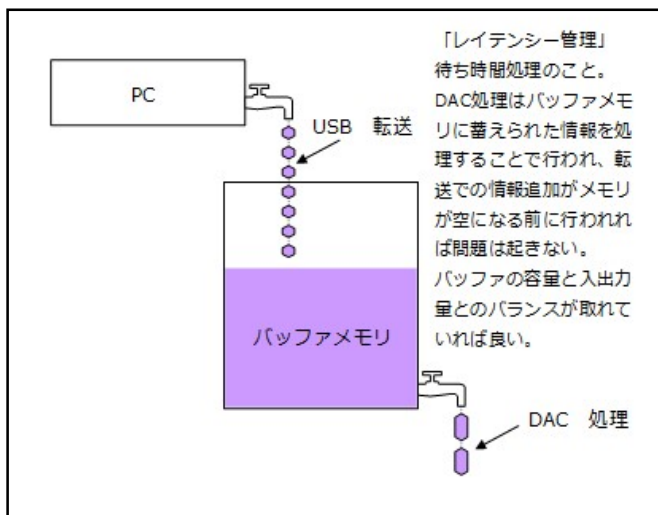
USB 2.0では、優先順位が一番高いIsochronousに対して伝送経路（トラフィック）の混み具合を勘案してパケット寸法を1~1024byte/packetでレートを変動させられるようになっていますが、優先順位の低いBulkの場合には512byte/packet固定レートになります。（パケット通信は定間隔で行われる）

パケットIDによって転送モードを示してからパケット列を通信しますが、BulkとIsochronousの違いは1フレームに含まれるデータ・パケットの構成byte数の違いだけです。Bulkが512byte固定に対し、Isochronousが1~1024byte可変というだけの違いです。

PC（ホスト）からすれば、トラフィックを占有する時間の長い機器（ゲスト）の優先順位を下げるというのはタイムシェアリングから考えれば当たり前です。以下にイメージ図を記載します。



最近、話題になっている『Bulk Pet』というプロトコルは、Bulkの優先順位を上げることで、PCからUSB DAC等の機器へのトラフィックを占有するものと思われる。



これ自体は一定レートのシンプルな動作（垂れ流し）になりますが、通信結果に伴うバッファメモリのレイテンシー（処理待ち時間）管理は別の問題で、どのモードを使おうがホスト（PC）とゲスト（各機器）との間で取り決めるべき作業になります。

少なくともUSB 2.0の480Mbpsであれば、Isochronousであっても、同時にビデオ信号などを転送しない限り、レイテンシー管理が適切であればデータ転送量がDAC処理に間

に合わないことはありません。

そう考えると、Bulkに固定するメリットはどこにあるのでしょうか？

それでも評論家は音が変わると記しているわけで、無理矢理考えてみると、USBケーブルを流れる情報の周波数スペクトラムが変わるので、結果的に不要輻射のスペクトラムも変わりますから、それが可聴帯域に変調して重畳されるのでしょうか？

このように記述すると、あたかもパケット単位の節目があるように感じてしまいますが、BulkとIsochronousの違いはフレーム長の縛りだけで、**実際のデータ列は1と0のランダムな連続で固定パターンは生じません。**

ということは、どちらのモードを使っても、不要輻射に固定周波数のピークは生じません。

したがって、Bulkを使うメリットは見えてきません。

「IsochronousではCPUの管理時間が煩雑うんぬん」という説明がまことしやかに記述されていますが、人間がやれば煩雑というだけで、CPUにしてみれば数ステップの作業（＝処理時間は数クロック～十数クロック相当）ということで、片手間でさえ無い作業です。それに最近はCPUマルチチップ化やローカルロジック管理化していて、並列処理や別処理が可能なので、なおさら負担などかからないはずなのです。