

MISH TECH JOURNAL (ミッシュ・テックジャーナル) は、最新の情報をいち早くお届けする技術情報誌です。

MISH TECH JOURNAL

2016 Summer Vol. 9

Powered by



<http://www.mish.co.jp>

CONTENTS

光ファイバ インターフェース ——— P.2

光ファイバの利点
光ケーブルとトランシーバ
光インターフェースプロトコル
VPX 用 光インターフェース (VITA66)
PENTEK 社製
Model 5973 3U VPX FPGA ボード

ADコンバータのサンプリング手法 — P.5

ナイキストの定理
サンプリングの基本
ベースバンドサンプリング
アンダーサンプリング
アナログ無線受信機
ソフトウェア無線受信機
DDC (デジタルダウンコンバータ)
ソフトウェア無線送信機
DUC (デジタルアップコンバータ)
A/D ボードラインナップ (1MHz ~ 10GHz)

VITA49 VITA Radio Transport — P.10

VITA49 (VRT) とは
VRT の特徴
相互運用性
IF データとコンテキストデータ
VITA49 対応 A/D ボード Model 71664

新製品ピックアップ ——— P.14

4DSP 社製 FMC432
X-ES 社製 XPort3300
C²I² 社製
Dual 10 Gigabit Ethernet XMC Adapter
MISH オリジナル製品 SKY-DAQ-AP7000
Alpha Data 社製 ADM-PCIE-8V3

'16夏号特集

HIGH SPEED OPTICAL LINK

光ファイバがデータレートを加速する

企画・編集・発行/株式会社ミッシュインターナショナル
〒190-0004 東京都立川市柏町4-56-1 グローバルビル

TEL : 042-538-7650 FAX : 042-534-1610 Email : sales@mish.co.jp

光ファイバ インターフェース



従来、データ転送の通信路は銅線を利用してきましたが、現在データの帯域幅（バンド幅）は飛躍的に増加しており銅線での転送には限界が見えてきました。この銅線に代わる通信路として光ファイバを使用した通信路があります。ここでは、その光ファイバの通信について説明をします。

光ファイバの利点

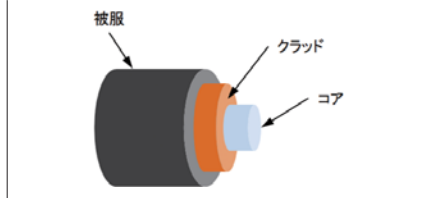
まず、従来の銅線の主な欠点は信号の減衰です。銅線を通る電気信号は距離を延ばすことで次第に振幅が小さくなっていきます。これを減衰と呼びます。

図1 銅線の信号減衰イメージ



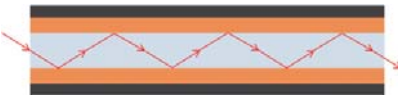
信号が減衰することでデータの信頼性が失われることになりますので、長距離を延ばす場合は途中で増幅器などを使用し、一旦振幅を増幅する必要があります。ギガビットに対応したLANケーブルなどは長くても50m程度までですので、屋外を配線する場合などは途中でスイッチや延長器などを使用して減衰した信号を途中で整形する必要があります。一方、光ファイバは電気信号を光に変換してデータを伝送しますので1km～10km以上の伝送が可能になり飛躍的に伝送距離を延ばすことが可能になります。光ファイバケーブルの内部構造を以下に示します。

図2 光ファイバケーブルの構造



最もシンプルな光ファイバケーブルの構造は、図の様に被服とクラッドとコアで構成されています。光信号は反射を繰り返しながらコア内を通して伝送されます。

図3 光ファイバ内の伝送イメージ



これにより、高速なデータ伝送を長距離で実現することができます。

また、光ファイバケーブルは銅線の様な電磁エネルギーの放射がありませんので、ネットワークケーブル上の盗聴など情報漏洩に対して大きなメリットがあります。同様に銅線の場合は外部の電磁放射（アンテナ、発電機、モータなど）の影響を受けやすくなりますが、光ファイバケーブルは電磁放射の影響を受けません。このため、多くの電子機器を搭載した航空機や船舶の他無人機への利用に大きなメリットがあります。表1に銅線と光ファイバの利点・欠点を示します。

表1 銅線と光ファイバの比較

	銅線	光
トランシーバの価格	低価格	高価
PC用のインターフェースカード	PC又はノートPCに実装されている	通常はオプション
データレート	1GHz	10GHz以上
ケーブル上の損失(100m時)	94%	3%
最大転送距離	100m (Cat6の場合)	300m (マルチモード) 10km (シングルモード)
EMIの影響	あり	なし
EMI放射	あり	なし
情報漏洩・盗聴のリスク	高い	なし
端子の価格	低い	高い
ケーブルコスト	高い	低い
ケーブル質量(1000m時)	60～600kg	6kg
火災の危険性	あり	なし
張力	約10kg	約50～100kg

光ケーブルとトランシーバ

前述したとおり、光ファイバは被服とクラッドとコアで構成されており、マルチモードまたはシングルモードの2種類に分けられます。マルチモードケーブルは複数のモードで光を分散させて伝送します。コア径は50μmまたは62.5μmであり、光の波長は一般的には850nmを使用します。一方シングルモードケーブルはコア径を小さくして単一モードで伝送します。コア径は8～10μmで光の分散が小さいため長距離の伝送に向いています。波長は標準的に1310nmまたは1550nmを使用します。



シングルモードケーブルはマルチモードと比べ10～100倍の距離で信号を伝送することが可能ですが、光トランシーバはマルチモードよりも高価になります。



光トランシーバとは、光ケーブルを介して信号を伝送するため電気信号⇄光信号の変換を行うハードウェアモジュールです。通常、フロー制御及び誤り訂正をサポートするためにそれぞれの光リンクは全二重で動作します。この場合、ケーブルは2本を束ねて送信と受信を各々対応します。トランシーバは全二重動作のため、デジタル変復調を使用して変調された光信号をデジタル論理信号に変換すると同時にデジタル信号を光信号に変調する物理層インターフェースです。最新のトランシーバは100Gbit/sec以上のデータレートをサポートするため、レーザエミッタを使用しており、CFP2やCFP4、QSFP28などがあります。

光ファイバケーブルやコネクタ、トランシーバは現在多種の製品が存在しておりそれがインターネットのトラフィックの増大により屋内、屋外を問わず様々な場所で利用されています。

光インターフェースプロトコル

光インターフェースに使用するプロトコルは、最も一般的なEthernetまたはInfiniBand, Serial RapidIO, Serial FPD, Fibre Channel, PCI Expressなどがあります。これらはどれも標準規格として定義されたものですが、最も軽量でオーバーヘッドの少ないプロトコルの例として、XilinxのAuroraがあります。Auroraは2つのFPGA間でデータをポイント・ツー・ポイント接続で転送する事を意図しており、Xilinx FPGAの高速シリアルトランシーバ“RocketIO”を利用します。シリアル転送に必要な8B/10B又は64B/66B符号化、

単一又は全二重動作をサポートしています。各シリアルレーン12.5Gbit/secでリンクすることができますが、より高いスループットを実現するために複数レーンを単一の論理チャンネルに束ねることが可能です。

図4 Xilinx FPGAのAuroraインターフェース



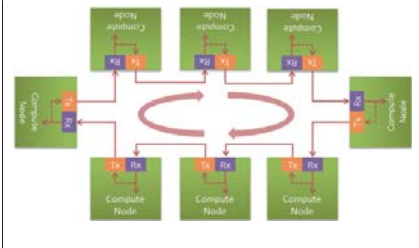
従来のEthernetは広い範囲でコンピュータ、スイッチ、アダプタが使用されており、最も普及しているシリアルインターフェースです。近年は10Gbps, 40Gbpsなどの製品がリリースされていますが、オーバーヘッドが大きく低レイテンシのアプリケーションには不向きです。但し、汎用的にコンピュータのインターフェースとして採用されていることから互換性の面では優位であることも事実です。

InfiniBandは基幹系のサーバーI/O又はHPC（スーパーコンピュータ）系の計算機ノード間を高速で接続するアプリケーションに利用されています。

Serial RapidIOはRapidIOをシリアル化したプロトコルで、コンピュータの内部バスやプロセッサ間を接続して分散処理を実現するためのスイッチング技術です。基地局や一部の防衛機器に利用されています。

Serial FPDはオーバーヘッドが低いことからVMEシステムのフロントパネル間のインターフェースやデータレコーダへのインターフェースとして利用されています。データのオーバーフローを回避するためのフロー制御、またはひとつのノードデータを受信しそれを他のノードに転送する事を可能にしたコピーモードなど組み込みシステ

図5 SerialFPDPのコピー / ループモード



ムのニーズをサポートしています。また、コピー / ループモードは閉じたループ内で複数ノードへのリング接続をサポートしています。

この様にプロトコルはそれぞれの利点を生かした用途に使用されており、光モジュールの高速化とファイバケーブルの技術によりデータレートが飛躍的に向上してきています。

VPX用 光インターフェース(VITA66)

VPXはVITA46及びVITA65(OpenVPX)で定義された、軍事・航空宇宙アプリケーション向け組み込みコンピュータプラットフォームの規格です。VPXはスイッチファブリック技術でボード間のデータ転送能力を従来のVMEバスから劇的に高速化したシリアルファブリックテクノロジーですが、要求はさらに広帯域、高速化を求められており、前述した様に従来の銅線配線では限界があります。これを回避するためにVITA66がVITAにより定義されました。

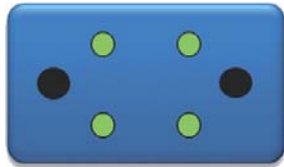
VITA66の基本仕様では、3Uと6U VPXのアプリケーション用に光ファイバ相互接続のための共通の取り付けインターフェース要件を定義しています。これは、実装の規定、位置の規定、勘合の規定などのメカニカルな要件を定義していますが、オプションの仕様で光学モジュールについての要件を定義しています。VITA66では目的に応じて対応できる以下3つのモジュールを定義します。

1. VITA66.1 MTフェール



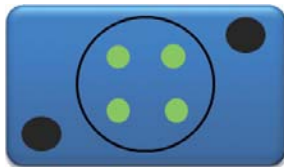
MTフェールは最大24本の光リンクを通すことができる光モジュールです。端面は6.4×2.4mmでマルチモードとシングルモードに対応し高密度の多芯相互接続が可能です。3Uシステムで最大48本のファイバ、6Uシステムで最大240本のファイバを実装することが可能です。MTフェールはスイッチなどの多チャンネルの用途に適しています。

2. VITA66.2 ARINC 801



ARINC801は最大4本の光リンクを実装できる光モジュールです。業界標準の1.25mmセラミックフェルールを使用して接続するため非常に低い挿入損失を実現しています。ARINC801は個々の光ファイバを交換することができます。民間航空機や軍事、航空宇宙、海洋等の用途に適しています。

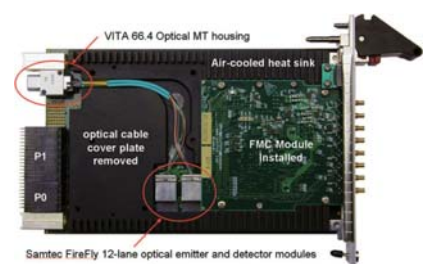
3. VITA66.3 Expanded Beam (EB)



Expanded Beam (EB)は最も堅牢(ラジド)なコネクタであり、MIL規格のボールレンズ技術を使用して光の有効径を拡大して接続することにより端面の埃や汚れの影響を最小限に抑える事ができます。EBは非接触のインターフェースであり、振動・衝撃や繰り返し挿抜による摩耗はありません。軍事用途の耐環境アプリケーションに適しています。

表2に各モジュールの比較を示します。

PENTEK社製 Model 5973 3U VPX FPGAボード



PENTEK社はVITA66に準拠したModel 5973 3U VPX FPGAボードを業界に先駆けてリリースしました。Model 5973はVITA66.4 (66.1のハーフサイズコネクタを採用)に対応した3U VPX FPGAボードです。

表3に概略仕様を示します。

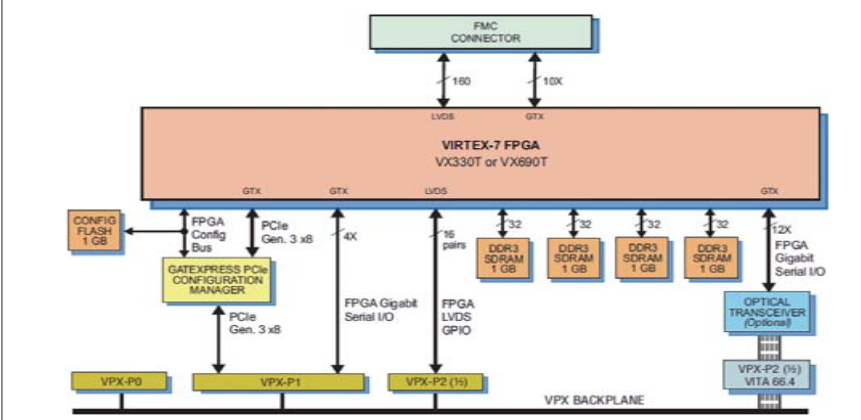
表2 光モジュールの性能比較

VITA 66 光モジュールの性能比較				
		MT フェルール	ARINC 801	Expanded Beam
標準規格		VITA 66.1	VITA 66.2	VITA 66.3
ファイバ本数 (最大)		48	4	4
ファイバ本数 (コネクタ最大)	3U	48	4	4
	6U	240	20	20
耐久性 (挿抜サイクル)		100 回	100 回	3000 回以上
堅牢性		低い	普通	高い
個別ファイバの修理・交換		不可	可能	可能
接触による摩耗		有	有	無
質量		軽い	普通	重い
ファイバタイプ		Single Mode / Multi Mode	Single Mode / Multi Mode	Single Mode / Multi Mode
挿入損失 (dB)	Single Mode	0.25	0.15	0.8
	Multi Mode	0.2	0.1	0.7
リターンロス (dB)	Single Mode	55 以上	50 以上	34 以上
	Multi Mode	20 以上	20 以上	14 以上

表3 Model 5973 概略仕様

Model 5973 概略仕様	
I/O モジュール	VITA-57.1 FMC サイト
FPGA	Xilinx Virtex-7 XC7VX330T (Option: VX690T)
メモリ	4GB DDR3 SDRAM 800MHz (1GB × 4bank)
FPGA I/O (Option)	パラレル
	シリアル
	オプティカル
	VITA 66.4 12x デュプレックス
ホストインターフェース	PCI Express: Gen.1,2,3 サポート
サイズ	100 × 170.6mm 3U VPX
動作環境	エアクール : L1,L2 対応
	コンダクションクール : L3 対応

図6 Model 5973 ブロックダイアグラム



Model 5973にはFMCサイトがあり、FMCのI/Oボード(A/D、D/Aボード等)を搭載して使用することができます。FPGAは標準でXC7VX330Tが搭載されていますが、オプションでXC7VX690Tを選択することも可能です。バックプレーンの光モジュールはVITA66.1の半分のサイズに対応したVITA66.4のMTフェルールを採用しており、12ペアの光リンクを実装しています。

図6にブロック図を示します。

光インターフェースにはFPGAのGTX(12x)シリアルトランシーバからSamtec社製FireFly Micro Flyover Systemを使用して電気信号を光に変換してファイバケーブルでバックプレーン側のMTハウジングに接続しています。FireFlyトランシーバは、現在14Gbit/secに対応していますが、間もなく28Gbit/secバージョンがリリースされる予定です。

A/Dコンバータのサンプリング手法



ソフトウェア無線やレーダ/ソナーなどの無線信号に限らず、自然界に於けるアナログ信号をA/Dコンバータを使用して取得しデジタル信号に変換する場合は、正しい方法で必要な帯域の信号を取得する必要があります。ここではその基本的な理論と手法を解説します。

ナイキストの定理

A/Dサンプリングを行うときに最も重要なのが「ナイキストの定理」です。これは標本化定理またはサンプリング定理と呼ぶこともあります。

ナイキストの定理とは、

「原信号(アナログ信号)に含まれる最大周波数成分の2倍以上の周波数 F_s でサンプリングした信号は、デジタル化したデータから原信号(アナログ信号)を正確に復元することができる。」

ということを示す定理です。

以下にこの定理をわかりやすく説明します。

図7 ナイキストゾーン

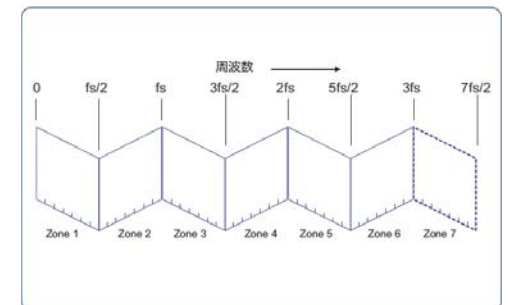


図8 スペクトルのプロットイメージ

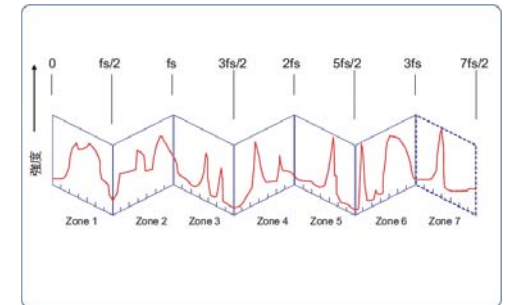
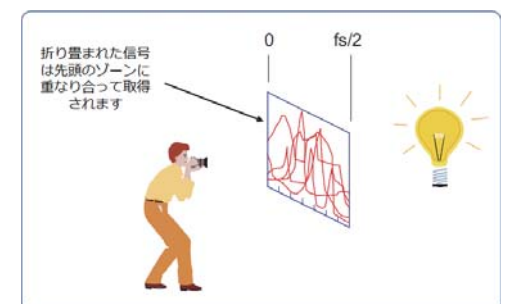


図9 ファンフォールド紙を折り畳んだイメージ



サンプリングの基本

図7はサンプリング定理を可視化するために、透明なファンフォールドコンピュータ用紙をイメージしたものです。横軸に周波数を設定し、サンプリング周波数 f_s の1/2の位置で折り目を付けていきます。この折り目で分けられたシートはそれぞれ「ナイキストゾーン」と呼ぶことにします。

このファンフォールド紙にアナログ信号のスペクトルをプロットしたものを図8に示します。このファンフォールド紙を折り畳むと図9の様になります。

このとき、全てのゾーンに含まれるスペクトルがZone 1に重なり合って取得されることになります。この場合、エリアシング(折り返し雑音)によりサンプリングされたデジタルデータは全ての信号が混ざって取得されているため必要な信号(Zone 1の信号)のみを再現することは困難です。

この後、必要な信号を取得する方法を説明します。

ベースバンドサンプリング

Zone 1にあるアナログ信号を正しく取得するには、 $f_s/2$ 以上の信号をローパスフィルタで除去してからサンプリングします。これ

を「ベースバンドサンプリング」と呼ぶことにします。例えば、中心周波数=70MHz、帯域幅=10MHzのアナログ信号を取得する場合、アナログ(IF)信号は65～75MHzに存在しますのでこのベースバンドサンプリングのルールによって、サンプリング周波数は75MHzの2倍以上(=150MHz以上)にする必要があります。こ

れが、ナイキストの定理です。

しかし、この場合アンダーサンプリングという手法を使うことでサンプリングレートを下げることができます。

アンダーサンプリング

アンダーサンプリングは、前述したナイキストの定理に従ってエリアシングを利用して目的の信号を取得することができるサンプリング手法です。図11はZone 4に65MHz～75MHzの目的のアナログ信号があることを示したものです。このとき、 $f_s=40\text{MHz}$ とするとZone 4は60MHz～80MHzとなりこのシート内に目的の信号が含まれていることがわかります。但し、このときその他のZoneには信号エネルギーが存在しないことが重要です。

図12の様にファンフォールド紙を折り畳むと、Zone 4のみの信号がZone 1に現れ、 $f_s = 40\text{MHz}$ でサンプリングしたデジタル信号は目的の信号のみを含んだものとなります。但し、この場合偶数ゾーンに存在する信号は折り畳むことによって周波数が反転することになりますので、これは後段のデジタル処理で対応します。

アンダーサンプリングを実施する場合は、目的の信号が1つのナイキストゾーンに完全に収まるようにしてその他のゾーンの信号をバンドパスフィルタで除去する事が重要です。このようにアンダーサンプリング手法を使用すれば、「信号帯域幅の2倍以上」のサンプリングレートで取得する事が可能です。

また、実際にサンプリング周波数を検討する場合は折り返し歪み等を考慮して

$$\text{帯域幅} = 0.8 * f_s/2$$

とすることで必要な信号をより確実に取得することができます。

アナログ無線受信機

図13に従来のヘテロダイン無線受信機の例を示します。ここではアナログ受信機の構造を復習して、デジタル受信機との比較をしてみます。

まず、アンテナで受信したRF信号は目的の周波数をチューニングして増幅されます。この増幅されたRF信号はアナログミキサーに供給されます。ミキサーへはローカルオシレータからの周波数が入力され目的の入力信号をIF（中間周波数）に変換します。IF AMPは特定の帯域のみを通過するフィルタと増幅器を含んでいます。DEMODULATOR（復調器）はAMやFMなどの変調された信号を復調するためのものです。最後に復調された信号はスピーカを駆動するオーディオアンプに入力され音となってスピーカから出力されます。

アナログミキサーは2つの入力をアナログ乗算し、異なる周波数信号を生成します。ローカルオシレータの周波数は目的の入力信号（受信したい無線局）とローカルオシレータの周波数との差がIFと等しくなるように設定します。例えば、FM東京(80.0MHz)を受信したい場合、IFが10MHzならローカルオシレータのチューニング周波数は $80 - 10 = 70\text{MHz}$ となります。これは高周波の信号を低周波にシフトダウンするため、一般的に「ダウンコンバート」と呼ばれます。

図10 ローパスフィルタ適用時のイメージ

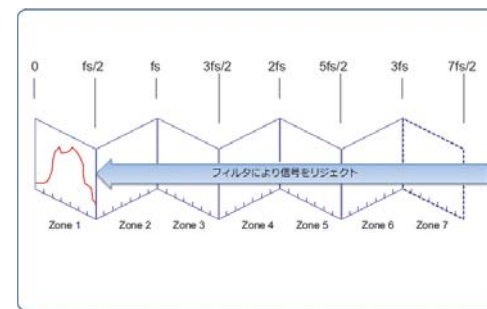


図11 バンドパスフィルタ適用時のイメージ

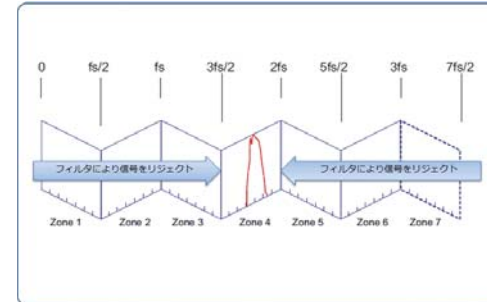


図12 バンドパス後のファンフォールド紙を折り畳んだイメージ

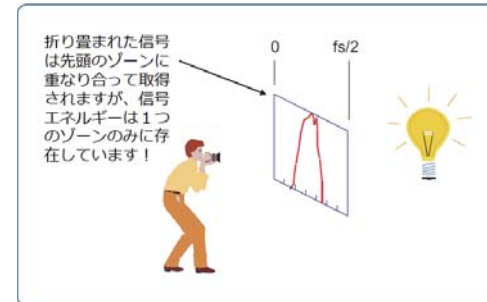


図13 アナログ無線受信機の例

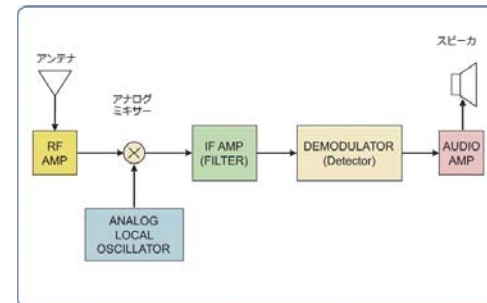
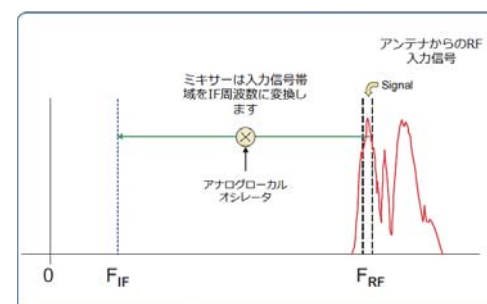
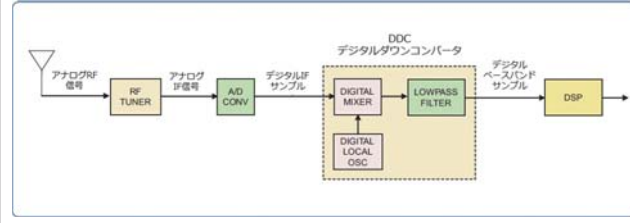


図14 アナログ無線受信機のダウンコンバートイメージ



ソフトウェア無線受信機

図15 ソフトウェア無線受信機の例



現在のソフトウェア無線受信機は、アナログRF信号をRFチューナでアナログIF信号にダウンコンバートします。その後、A/Dコンバータでサンプリングし、デジタル化します。デジタル化したIF信号はさらにデジタルダウンコンバータ（DDC）でベースバンドに変換され信号処理プロセッサ等に渡します。

デジタルダウンコンバータ（DDC）ではローカルオシレータの周波数と同じ周波数にシフトされたIとQ成分のDCに変換されます。ソフトウェア無線の場合はIとQに分離することで後段の信号処理が可能になります。

DDC（デジタルダウンコンバータ）

デジタルダウンコンバータ（DDC）は図17の通り、デジタルミキサーとローカルオシレータ、ローパスフィルタで構成されています。A/Dコンバータから出力されたIFサンプルをデジタルミキサーとローカルオシレータで90°位相をずらしたI信号Q信号を生成します。デジタルミキサーは位相を維持したまま周波数を切り替えることができ、過渡期間無くFSK信号やスweep信号に対応する事ができます。これは、基本的にサンプリング周波数に同期しており、周波数精度及び安定度はサンプリングクロックに依存します。

ローパスフィルタはFIRフィルタでA/Dサンプルデータを1/N倍にデシメーションします。FIRフィルタ後の出力信号は帯域制限（ローパス）されておりサンプリングレートを1/N倍に低減します。この処理はデシメーション（間引き）と呼ばれ、N個の信号サンプルのうち1つを保持する事を意味します。デシメーション後の出力サンプルレートが帯域幅の2倍以上に保持されていれば信号の情報は失われません。このデシメーション処理によりデータレートを低くする事が可能で、メモリ容量も少なくて済みます。結果的にシステムのトータルコストを低減することが可能です。

図20にデジタルダウンコンバータにより実行される2段階の処理を示します。IFからベースバンドへの周波数変換はミキサーとローカルオシレータによって行われ、ローカルオシレータの周波数はチューニング周波数をユーザーがプログラムする事で所望の信号を取得します。後段のローパスフィルタで必要な帯域幅を考慮し、間引き率：Nを決定します。

$$\text{ベースバンド周波数： } F_b = F_s/N$$

$$\text{ベースバンド帯域幅： } 0.8 * F_b$$

通常、ベースバンド帯域幅はフィルタの通過帯域特性を考慮して80%を設定します。

図16 ソフトウェア無線受信機のダウンコンバートイメージ

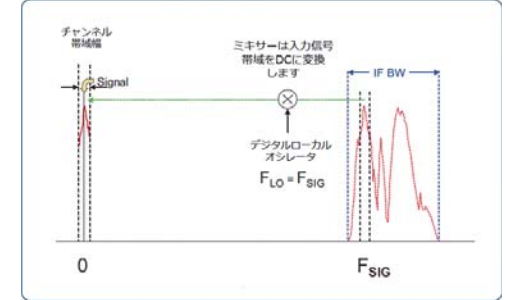


図17 デジタルダウンコンバータのブロック図

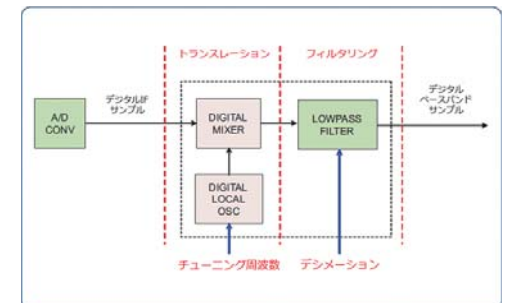


図18 I/Q位相と周波数切り替え

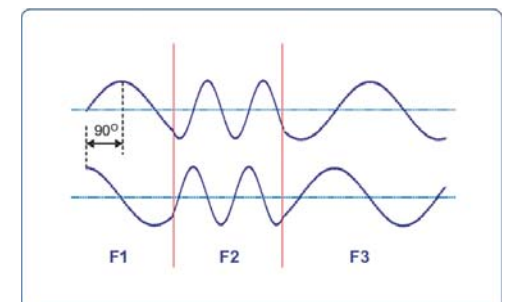


図19 FIRフィルタデシメーション

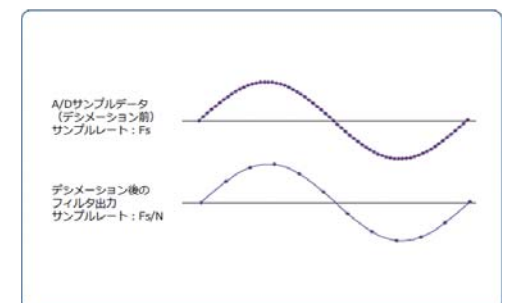
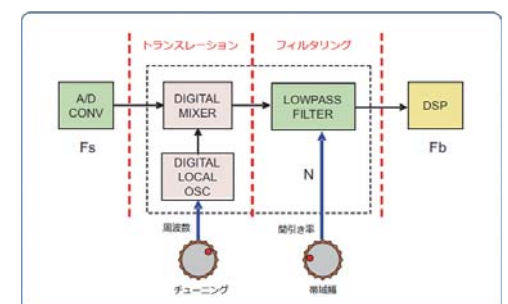


図20 DDCの処理イメージ



ソフトウェア無線送信機

ソフトウェア無線機の送信側は図21の様に受信機と対症的な処理となります。DSP等で信号処理したベースバンド信号をDUC(デジタルアップコンバータ)でIF周波数に変換します。DUCから出力されたIF信号はD/Aコンバータでアナログ信号に変換され、RFアップコンバータでRF周波数に変換されます。最後にパワーアンプを通してアンテナへの信号エネルギーを昇圧します。

DUC(デジタルアップコンバータ)

図23にデジタルアップコンバータのブロック図を示します。入力されたベースバンド信号はインターポレーション(補間)フィルタにより補間されサンプルレートを上げます。その後、ミキサーとローカルオシレータでIF周波数に変換します。ミキサー出力のサンプルレートはD/Aサンプルレート F_s と等しくなければいけません。

インターポレーションフィルタは F_s/N のベースバンド入力サンプルを N 倍に補間してサンプルレートを上げます。(図24参照)

ベースバンド信号の入力サンプル間に追加のサンプルを挿入し補間することで元のサンプルレートに戻します。つまり、インターポレーションフィルタの処理は前項で説明したデシメーションフィルタの逆を実施することになります。

図25にデジタルアップコンバータにより実行される2段階の処理を示します。ベースバンド信号はインターポレーションフィルタで N 倍に補間されます。その後、IFへの周波数変換はミキサーとローカルオシレータによって行われ、ローカルオシレータの周波数はチューニング周波数をユーザーがプログラムする事で所望の信号を出力します。ベースバンド帯域幅と出力サンプル周波数は以下の式で決定します。

ベースバンド帯域幅: $0.8 \cdot F_b$

出力サンプル周波数: $F_s = F_b \cdot N$

この場合も、ベースバンド帯域幅は80%のフィルタを想定しています。

この様に、ソフトウェア無線の実装に於いてはDDC/DUCが重要な役目を果たします。ベースバンドの帯域幅をできる限り低く抑えることで信号処理プロセッサ(CPU, DSP等)の負荷を低減します。これは処理の負荷だけでなく、保存メディアの容量やデータ転送の負荷・時間を大幅に軽減する事ができます。

図21 ソフトウェア無線送信機の例

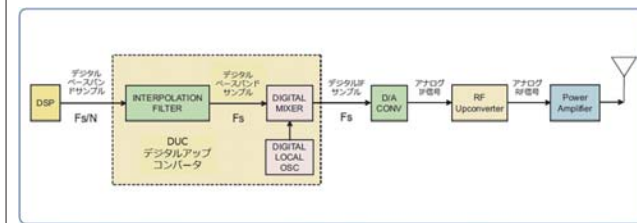


図22 ソフトウェア無線機送信機のアップコンバートイメージ

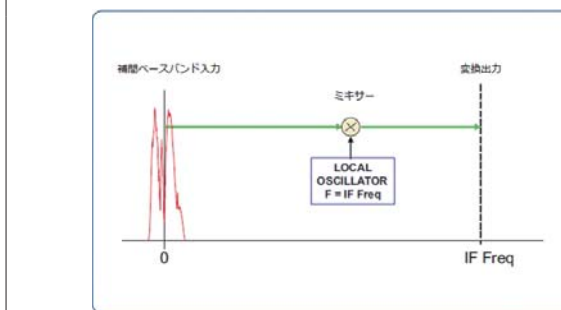


図23 デジタルアップコンバータのブロック図

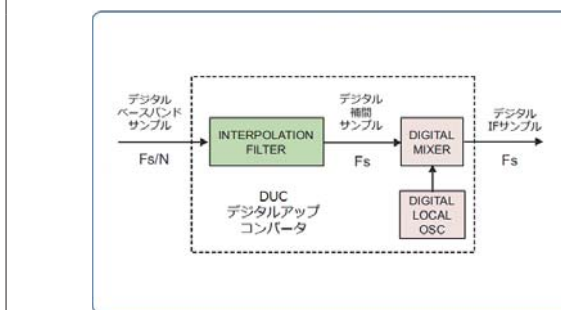


図24 インターポレーションフィルタ

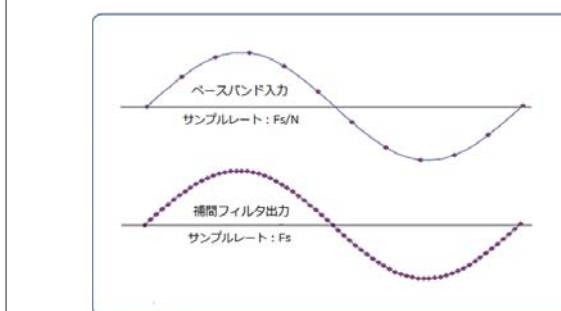
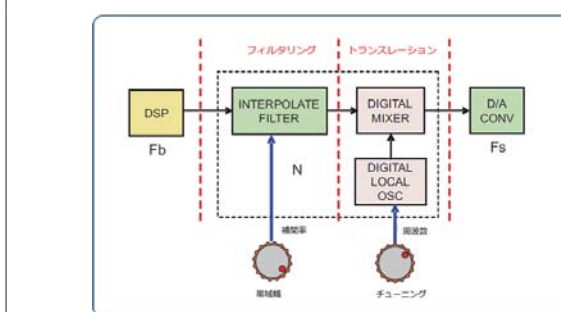


図25 DUCの処理イメージ



A/Dボードラインナップ(1MHz ~ 10GHz)

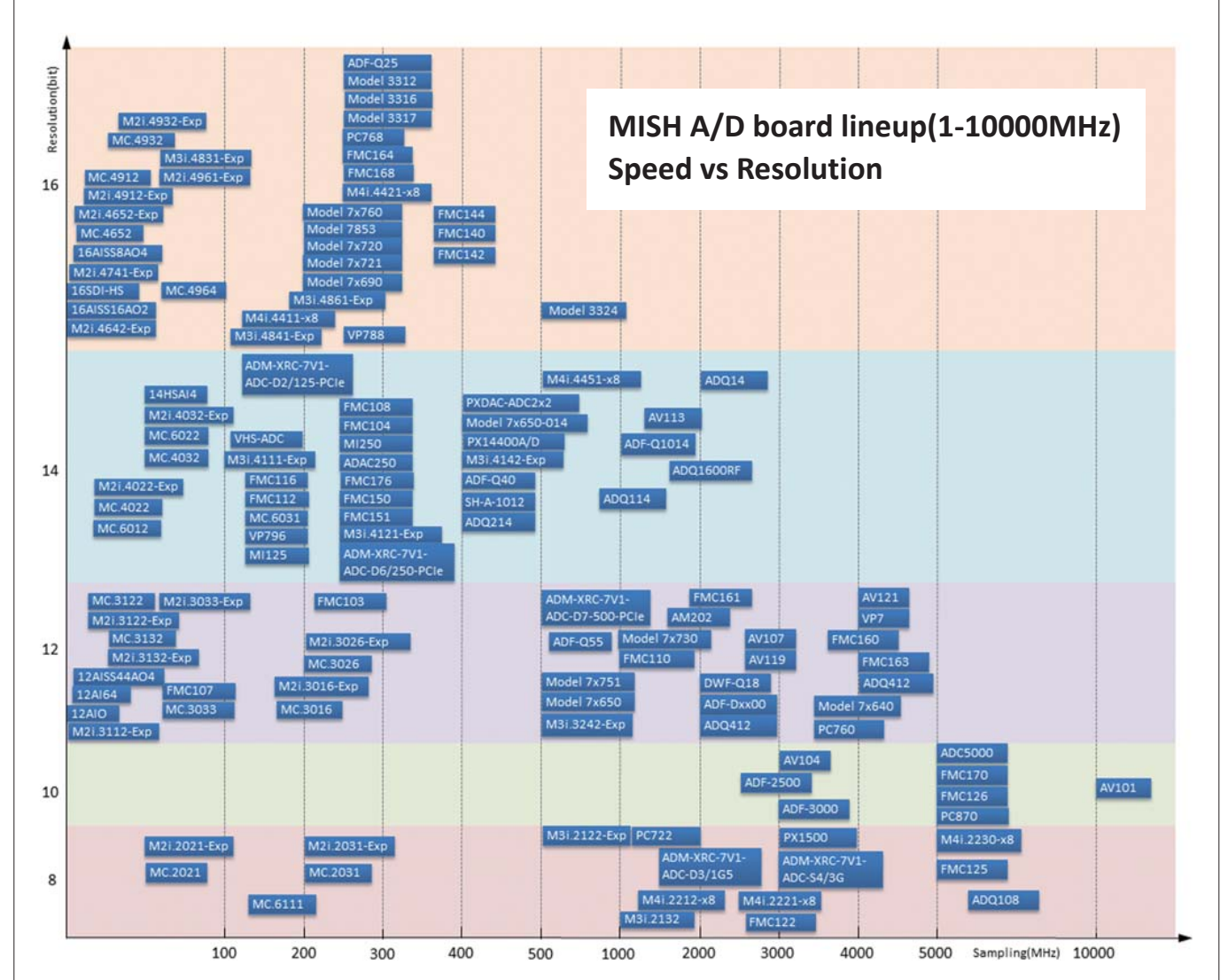
下図はMISHで取り扱いをしているA/Dボード(1MHz ~ 10GHz)のラインナップを横軸: サンプル周波数、縦軸: 分解能にプロットした分布図です。最も高速な製品は10GHzでサンプリングするAV101です。(2016.3月現在)

サンプリングレートと分解能は年々高速化・高分解能化しており、5GHzを超える製品は8製品リリースされており、16bitの製品でも250MHzを超える製品が11製品リリースされています。注目していただきたいのは14bitで2GHzのサンプリングレートを実現しているADQ14です。これは、インターリーブ技術を使用して複数のADコンバータを組み合わせる事により高速・高分解能を実現しているものです。

前述の通り、ナイキストの定理から取得したい帯域の2倍以上のサンプリングレートでサンプリングすることで元の信号を再現することができますが、サンプリングレートの高速化で取得できる帯域幅が増え、また選択肢が増えることでお客様の用途に適した製品を選択することができます。

今後も高速・高分解能な新しい製品を紹介していきます。

図26 A/Dボードラインナップ分布図(1MHz ~ 10GHz)



VITA49

VITA Radio Transport



旧来、アナログ RF 受信部とデジタル信号処理部との情報のやり取りは、システムインテグレータが独自の手法でインターフェース、データフォーマットを決め、ハードウェアに実装してきました。この場合、メーカー毎に固有であるため異なるメーカーの機器間でのデータの互換性はありません。これを共通化しようとして開発された規格が VITA49 です。ここではその概要を説明します。

VITA49 (VRT) とは

VITA49 は RF 受信機と信号処理装置間の相互運用性を高めるために開発された、トランスポートプロトコルです。

図27の様に、RF 受信機と信号処理装置間のインターフェースはメーカー毎に独自であり、通常は公開されていない為異なるメーカー機器間でのデータのやり取りは不可能でした。これを相互運用できるようにインターフェースを共通化しようと VITA が規格化しました。

図28は VITA49 (VRT) の相互運用イメージを図式化したものです。3式の VRT に対応した RF 受信機から出力された共通フォーマットは3式の信号処理装置でそれぞれ処理することが可能になります。

VRT の特徴

VRT 標準規格は、幅広い用途で使うことができる信号データパケット及びコンテキストパケットを共通化しソフトウェア無線アプリケーション間の相互運用性を劇的に改善します。

特徴：

1. スループットを最適化するために信号データとコンテキスト情報のパケットを分離
2. 方向探知 (Direction Finding)、TDOA (Time Difference of

図27 従来のRF受信機と信号処理装置間のインターフェース

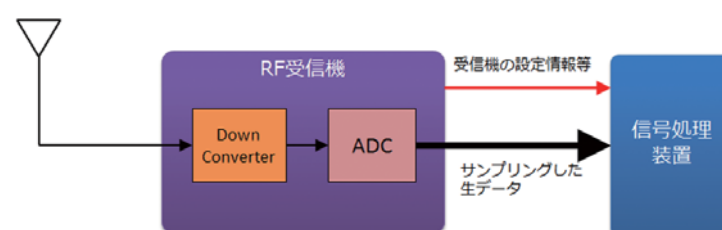


図28 VITA49 VITA Radio Transport (VRT) の相互運用イメージ

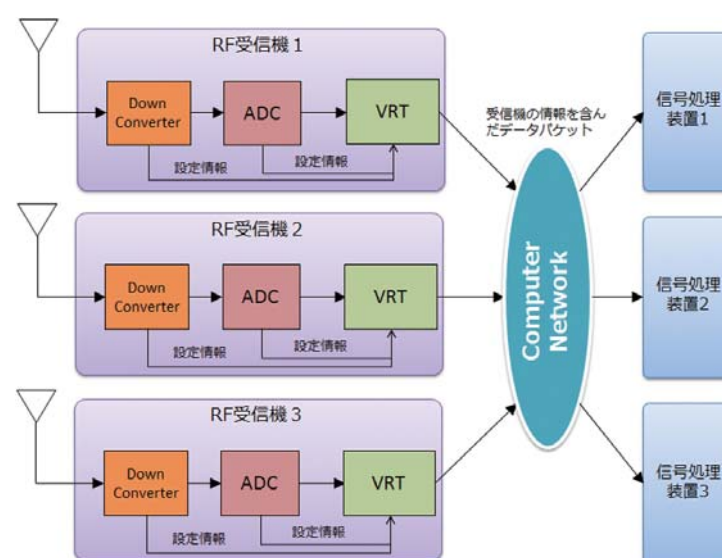
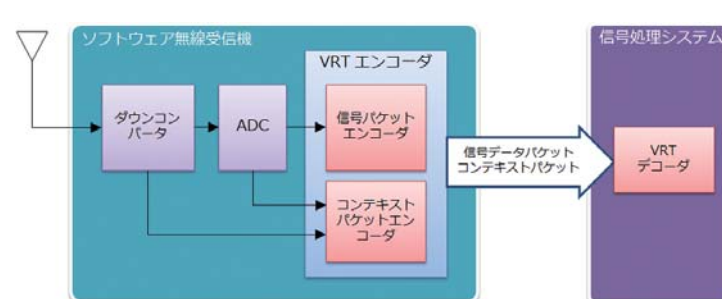


図29 従来のRF受信機と信号処理装置間のインターフェース



Arrival)、ビームフォーミング、その他測位アプリケーションのための厳密なタイムスタンプ

3. 幅広いデジタルファイルフォーマットをサポート：1 ～ 32bit、実数、複素数、固定小数点、浮動小数点
4. 受信機属性情報を伝えるコンテキストパケット：周波数、帯域幅、ゲイン、遅延、サンプルレート、位置、慣性航法パラメータ
5. ストリーム識別子 (SID)：信号源の関連付け、信号データとコンテキストの関連付け、受信機の親子関係の特定

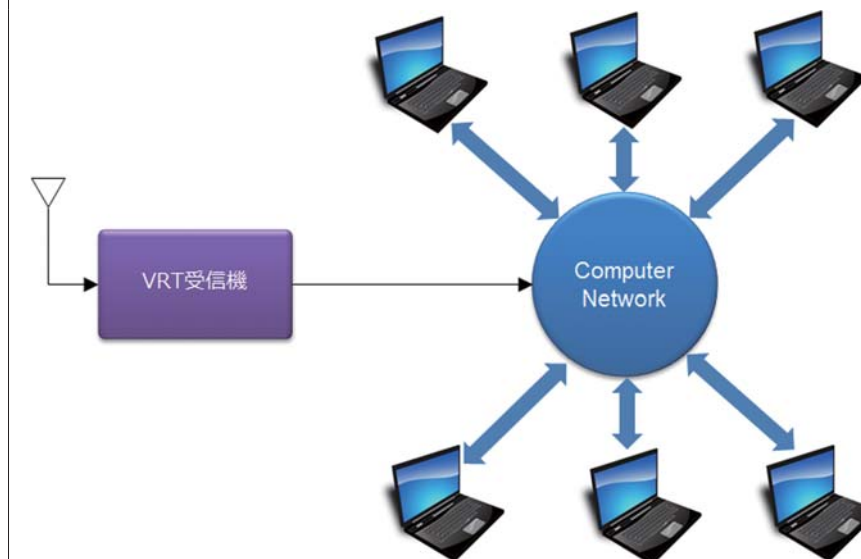
VRTにより転送パケットを標準化することで、ソフトウェア無線アーキテクチャに大きなメリットをもたらします。この規格に対応した装置は効率的にデータ信号を転送する事が可能になり、異なる機能をサポートする固有のデータストリームを同時に出力する多機能なソフトウェア無線受信機を実現します。これは、通信、レーダ、電子戦 (EW) などを含む広範囲の用途に利用することができます。従来カスタム設計していた多機能なアプリケーションを、COTS 品 (VRT 対応品) を利用して実現することが可能になります。

相互運用性

VRTを使用することで、異なるベンダー機器間の相互運用が可能になります。但し、VRTは転送フォーマットを定義するものであり、物理層、データリンク層などを定義するものではありません。ハード的に完全な互換性を持たせるには各機器間のインターフェースを一致させる必要があります。例えば、TCP/IP、UDP/IP、Serial RapidIO、Aurora、SerialFPDP、PCI Express、等一般的なインターフェースを使用して運用することができます。

図30の様にVRT 受信機データをコンピュータネットワーク上で共有すれば、複数の異なる場所にあるコンピュータでVRT データを利用することが可能になります。

図30 VRTの相互運用イメージ



IFデータとコンテキストデータ

VRTプロトコルはシリアルリンク又はネットワークを介して標準フォーマットでデジタル化されたIF、又はベースバンド信号を伝達することができます。IFデータの種類はリアル・複素数、固定・浮動小数点など広い範囲のフォーマットをサポートしています。また、カスタマイズ可能な拡張パケットも準備されています。

VRTプロトコルにはIFデータ以外にコンテキストデータを伝達することができます。以下にコンテキストデータの例を示します。

- ・ RF 周波数
- ・ 帯域幅
- ・ ADC サンプルレート
- ・ ゲイン
- ・ タイムスタンプ
- ・ 遅延 (レイテンシ)
- ・ GPS 情報 / ジオロケーション

VRTのデータストリームは表4の通りIFデータとコンテキストに分類され、それぞれに標準フォーマットとカスタム（拡張）フォーマットが定義されています。

IFデータパケットストリームはデジタル化したIFデータを伝送するパケットです。

表4 VRTパケットストリームのカテゴリ表

	標準フォーマット	カスタムフォーマット
IF データ	IF データパケットストリーム デジタル IF 信号 (IF データ) を伝える ・ リアル / 複素データ ・ 固定 / 浮動小数点フォーマット ・ 柔軟なパッキングスキーム	拡張データパケットストリーム 信号に由来する任意の信号・データを伝える ・ 任意のタイプのデータ ・ カスタムパケットフォーマット
コンテキスト	コンテキストパケットストリーム IF データの共通コンテキストを伝える ・ 周波数 ・ 強度 ・ タイミング ・ 地理的位置 ・ その他	拡張コンテキストパケットストリーム IF データの追加コンテキスト又は拡張データを伝える ・ 任意の種類のコンテキスト ・ カスタムパケットフォーマット

Bit	コンテキスト識別フィールド
31	コンテキストフィールド変更表示
30	参照ポイント識別子
29	帯域幅
28	IF リファレンス周波数
27	RF リファレンス周波数
26	RF リファレンス周波数オフセット
25	IF バンドオフセット
24	リファレンスレベル
23	ゲイン
22	オーバーレンジカウンタ
21	サンプリングレート
20	タイムスタンプ調整
19	タイムスタンプキャリブレーション時間
18	気温
17	デバイス識別子
16	ステータス、イベント表示
15	データパケットペイロードフォーマット
14	GPS (Global Positioning System) 位置
13	INS (Inertial Navigation System) 位置
12	ECEF (Earth-Centered, Earth-Fixed) 座標系エフェメリス
11	関連エフェメリス
10	エフェメリスリファレンス識別子
9	GPS ASCII
8	コンテキスト関連リスト
7..0	予備

A wide-angle photograph showing a line of F-35 fighter jets on a runway. The jets are parked in a row, facing forward. The background features a dense line of green trees under a clear blue sky. The runway surface is visible in the foreground.

The diagram illustrates the internal architecture of a Virtex-6 FPGA, showing four parallel dataflow channels (AID Ch 1 to AID Ch 4) connected to a central Input Multiplexer. Each channel contains a DDC (DEC 2 TO AS506) block, which includes a Power Meter & Threshold Detect, a DDC Core, and a Data Packing & Flow Control block. The channels are interconnected via Memory Control blocks and MUXes to a central AID Acquisition IP Module. The diagram also shows the connection to the Aurora Gbit Serial Interface and the PCIE Interface.

新製品

- ここでは今年の新製品をピックアップして紹介します。
- 4DSP社製 FMC432
 - X-ES社製 XPort3300
 - C²I²社製 Dual 10 Gigabit Ethernet XMC Adapter
 - MISHオリジナル製品 SKY-DAQ-AP7000
 - Alpha Data社製 ADM-PCIE-8V3



4DSP社製 FMC432



FMC432は10 Gigabit Ethernet PHY トランシーバを2ポート搭載した、FMCカードです。I/OコネクタはRJ45となっていますのでCAT6A又はCAT7のケーブルを利用することができます。FMCはHPC (High

表9 FMC432 概略仕様

FMC432 概略仕様	
I/O トランシーバ	10GBASE-T × 2 ポート
I/O コネクタ	RJ45
フォームファクタ	FMC カード (ANSI/VITA 57.1-2010 互換)
FMC ピンカウント	HPC 400pin
動作温度	0℃～ +55℃
耐環境仕様オプション	ANSI/VITA 47 対応 エアクール、コンダクションクール、コンフォーマルコーティング

Pin Count)に対応しており10Gigbitの高速転送が可能です。4DSP社製のPCIeカードやVPXボード上に搭載して使用する

ことができます。レーダ/ソナー、イーサネットデータ通信などのアプリケーションに最適です。耐環境仕様あり。

X-ES社製 XPort3300



Xport3300は10 Gigabit Ethernetを2ポート搭載したXMCカードです。フロントI/OスロットにSFP+光モジュールを実装することで10GBASE-SR又は10GBASE-LRとして使用することが可能です。ドライ

表10 XPort3300 概略仕様

XPort3300 概略仕様	
I/O	SFP+ ソケット× 2
インターフェース	10GBASE-SR 又は 10GBASE-LR (オプション)
フォームファクタ	XMC
ホストインターフェース	PCI Express Gen.2 x8 (VITA 42.3)
OS	Windows, Linux, VxWorks
動作温度	0℃～ +55℃ (温度拡張仕様あり)
耐環境仕様オプション	コンダクションクール (* フロントパネル I/O 非対応)

バはWindows, Linux, VxWorksを準備していますので、X-ES社製CPUボードに搭載して利用することができます。耐環境オ

プションもありますので防衛向けのアプリケーションに最適です。表10に概略仕様を示します。

C²I²社製 Dual 10 Gigabit Ethernet XMC Adapter



Dual 10 Gigabit Ethernet XMC Adapterは10 Gigabit Ethernetを2ポート搭載したXMCカードです。フロントI/OスロットにSFP+光モジュールを実装しており、10GBASE-SR又は10GBASE-LRとして使用することが可能です。オプション

表11 Dual 10 Gigabit Ethernet XMC Adapter 概略仕様

Dual 10 Gigabit Ethernet XMC Adapter 概略仕様	
I/O トランシーバ	10GBASE-SR (or LR) × 2 ポート オプション: カッパー (Twinax ケーブル)
I/O コネクタ	SFP+
フォームファクタ	XMC (ANSI/VITA 42.3-2006)
ホストインターフェース	PCI Express 2.0 x8
OS	Linux, Windows, VxWorks
動作温度	0℃～ +55℃ (コマーシャル) -15℃～ +75℃ (インダストリアル) -40℃～ +85℃ (ラガダイズ)

でカッパーにも対応しています。ドライバはLinuxを準備していますが、Windows、VxWorksも対応可能です。耐環境オプシ

ョンもありますので防衛向けのアプリケーションに最適です。表11に概略仕様を示します。

MISHオリジナル製品 SKY-DAQ-AP7000



SKY-DAQ-AP7000はポータブルタイプのRF信号記録&再生システムです。

25MHz～6GHzの任意の周波数をチューニングして最大56MHzの帯域幅で信号を取得し、記録する事ができます。取得した信号は内部のSSDに最大1時間記録することができ、また記録したデータを25MHz～6GHzの任意の周波数で再生(出力)する事が可能です。バッテリーを搭載していますので、フィールドで取得した信号をラボに持ち帰って解析することができます。無線通信信号解析、SIGINTなどのアプリケーションに最適です。

表12 SKY-DAQ-AP7000 概略仕様

SKY-DAQ-AP7000 概略仕様	
RF 周波数	25MHz～6GHz
帯域幅	56MHz (最大)
ADC 分解能	12bit
入出力コネクタ	N-J コネクタ
アッテネータ	0～60dB
記録メディア	SSD
記録時間	最大1時間 (リングバッファ)
バンドパスフィルタ	30MHz～60MHz, 50MHz～130MHz, 120MHz～250MHz, 240MHz～480MHz, 470MHz～750MHz, 690MHz～860MHz, 800MHz～1000MHz, 960MHz～1300MHz
トリガ	プリトリガ / ポストトリガ
外形寸法	W370 × D290 × H90mm (突起物を除く)
重量	6kg
消費電力	60W
電源	バッテリー駆動又は100VAC

Alpha Data社製 ADM-PCIE-8V3



ADM-PCIE-8V3 は Xilinx 製 FPGA Virtex Ultrascaleを搭載したハイパフォーマンスなPCIe I/Oカードです。フロントパネルI/OにQSFP28ソケットを2ポート実装しており、それぞれが100Gb×1又は

25Gb×4の高速光インターフェースとして利用することができます。また、オプションのSamtec FireFly®を追加することで100Gb×4ポートのネットワークカードとして利用することも可能です。BSPオプションパッケージにはFPGAサンプルコードやAPI、ドライバが含まれていますので、Windows又はLinux環境で開発を行うことができます。データセンターやHPC (High Performance Computing)、高速データ処理などのアプリケーションに最適です。表13に概略仕様を示します。

表13 ADM-PCIE-8V3 概略仕様

ADM-PCIE-8V3 概略仕様	
フロントI/O	QSFP28 ソケット×2 (25/10Gbps)
オプションI/O	FireFly® (内部接続又はオプションフェイスプレートによるフロントI/O)
FPGA	Xilinx Virtex-Ultrascale XCVU095-2
JTAG	USB 経由
オンボードメモリ	8GB × 2 バンク DDR4-2400
ホストインターフェース	PCI Express Gen3 x8 Dual
OS	Windows, Linux
動作温度	0℃～ +55℃

地球温暖化を考える

豊かな時代を生きてきた私たちにとって、地球の温暖化は今最優先で取り組むべき課題となっています。今こうしている間も確実に温室効果ガスを排出しており、地球の温暖化は進んでいる事を一人一人が認識しなければいけません。温暖化が進めば気温は上昇し、氷河が解けて海面が上昇することになります。この結果、ホッキョクグマは絶滅し南太平洋の小さな島は水没します。同時に地球上の気候が変動することで異常気象が発生し、各地で洪水や干ばつなどの災害が起きます。昨年のCOP21で決定したパリ協定にて、今世紀末までに温室効果ガスの排出を実質ゼロにすることが決められました。これは、社会の仕組みを変えることはもちろん、私たちの生活そのものを変えていく必要があると考えます。節電やゴミを減らすなどできることは実施していきましょう。

受託開発

弊社ではここで紹介した製品を組み合わせた受託開発も承っております。ソフトウェア開発及びハードウェアの設計開発も可能ですのでお気軽にご相談ください。

展示会情報

2016年5月

組込みシステム開発技術展
(東京ビッグサイト)
<http://www.esec.jp/>

おわりに

テックジャーナルでは、これからも出来る限りお客様に有効となる情報を提供してきたいと思います。今後ともどうぞよろしくお願いいたします。

(^o^)/

Your Best Choice for SIGINT



FEI-Elcom 社は、1995 年にアメリカ・ニュージャージーに設立された高性能 RF チューナ、ダウンコンバータ、アップコンバータの製造メーカーです。高度な RF 設計技術を持っており、ボーイング、ロッキードマーチン、ノースロップグラマンなどのミリタリ向け航空機製造メーカーに採用されています。

HF 帯からマイクロ波までの幅広い周波数帯域をカバーしていますので、通信傍受やレーダ信号解析など、SIGINT/ELINT/COMINT アプリケーションに最適なソリューションを提供します。



FEI-Elcom Tech



株式会社ミツシュインターナショナル

〒190-0004 東京都立川市柏町 4-56-1 TEL : 042-538-7650 FAX : 042-534-1610
e-mail : sales@mish.co.jp URL : <http://www.mish.co.jp>