

# 16APSK-OFDM 3.2Gbps RF 信号ダイレクト変復調装置の衛星搭載化検討

## Consideration for Loading 16APSK-OFDM 3.2Gbps RF Signal Direct-Processing Transmitter and Receiver on Satellite

鈴木健治<sup>†</sup> 矢羽田将友<sup>‡</sup>, 渡辺哲也<sup>‡</sup>, 奥居民生<sup>‡</sup>, 山口雄一<sup>†‡</sup>, 米田誠良<sup>†‡</sup>, 豊嶋守生<sup>†</sup>  
 Kenji SUZUKI, Masatomo YAHATA, Tetsuya WATANABE, Tamio OKUI, Yuichi YAMAGUCHI, Masayoshi YONEDA, Morio TOYOSHIMA

<sup>†</sup>情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター

<sup>†</sup>Wireless Networks Research Center, National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

<sup>‡</sup>日本電気株式会社宇宙システム事業部

<sup>‡</sup>Space System Division, NEC Corporation

<sup>†‡</sup>NECスペーステクノロジー株式会社

<sup>†‡</sup>NEC Space Technologies

### 1. まえがき

国立研究開発法人 情報通信研究機構では、16APSK-OFDM 3.2Gbps の多値変調周波数多重による RF 信号ダイレクト変復調装置を開発し、Ka 帯の WINDS 衛星回線に通すことに成功している [1][2][3]。今回、本方式を衛星に搭載する場合の実現性の検討を行ったのでその結果について報告する。

### 2. 衛星搭載用 FPGA での検討

16APSK-OFDM 3.2Gbps の多値変調周波数多重による RF 信号ダイレクト変復調装置の FPGA は、地上品を用いて構成されている。これを現在衛星搭載用デバイスとしてリリースされている FPGA (Xilinx 社製 Virtex シリーズ) で衛星搭載化を考えた場合の機器ブロック構成図を図 1 に示す。衛星搭載可能な最速 D/A コンバータを用いて、D/A 入力速度を低く抑えるためデータをパラレル入力構成としても、1.6Gbps を処理するのが限界である。ここで FPGA に与えるクロック周波数が FPGA 内の専用乗算器の動作速度限界となっている。

外部から入力されたデータは I/F 受信部を通過してデジタル信号処理部 (FPGA) に入力される。FPGA では 16APSK 変調波のマッピング、デジタル直交変調処理を行いパラレルインタフェースで D/A 変換器にデータを渡す。信号は LPF で主信号帯域を切り出し、2GHz 以上の周波数帯にアップコンバートされ BPF で抽出の後、増幅して RF 出力される。

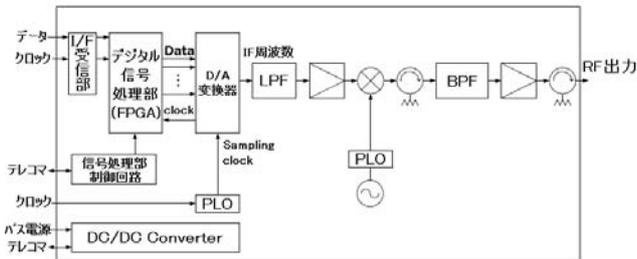


図 1 機器ブロック構成図

検討の結果想定される衛星搭載機器は重量が 2.5kg、消費電力 28W 以下、多段スタック構造としてフットプリント 182mm×172mm で高さ 144mm 以下となった。また、SEU 対策としては、Anti-Fuse 型 FPGA によって SRAM 型 FPGA のコンフィギュレーションメモリ部の SEU 発生の監視を行い、SEU 発生時には ROM から上書き訂正するスクラビング処理 (上書き訂正回路を実装) で実現する。

### 3. 次世代高速処理 FPGA による検討

今後衛星搭載品としてリリースされる予定の FPGA は動作速度及び、FPGA に与えるクロック周波数が倍にできるため、3.2Gbps のデータレートが実現可能となるがシンボルレートに対して十分高いサンプリングレートで動作する D/A コンバータが必要となる。そこで、図 2 のとおり信号を 2 周波に分けて生成し合成することによって 3.2Gbps (2.0Gbps+1.2Gbps) を実現すれば D/A コンバータの動作周波数を抑えることが可能となる。

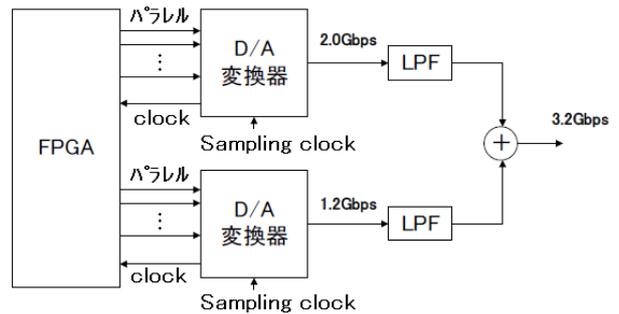


図 2 信号分離処理ブロック構成図

### 4. おわりに

今後は次期衛星等で十分な帯域を確保できれば次世代高速処理 FPGA を用いることによって、3.2Gbps の伝送が実現可能であることが分かったため、フィードリンク回線等に活用することを検討していく。

#### 参考文献

[1]鈴木健治, 矢羽田将友, 加藤緑, 渡辺哲也, 奥居民生, 吉川志郎, 米田誠良, 荒川佳樹, 浅井敏男, 高橋卓, 豊嶋守生, “再構成通信機における 16APSK-OFDM 3.2Gbps RF 信号ダイレクト変復調装置を用いた WINDS 衛星通信実験”, 信学会 2014 年総合大会, B-3-38, p337, 2014-03.  
 [2]矢羽田将友, 渡辺哲也, 星健一, 吉川志郎, 奥居民生, 加藤緑, 米田誠良, 鈴木健治, 荒川佳樹, 浅井敏男, 高橋卓, 鈴木龍太郎, 豊嶋守生, “【奨励講演】再構成通信機における 16APSK-OFDM 3.2Gbps RF 信号ダイレクト変復調装置を用いた「きずな」(WINDS)衛星非圧縮 4K 超高精細映像通信実証実験～16APSK-OFDM, 16QAM-OFDM 変調方式の比較～”, 信学技報, Vol.115, No.180, SAT2015-24(2015-08), pp77-81, 2015-08.  
 [3]K. SUZUKI, M. YAHATA, M. KATO, T. WATANABE, K. HOSHI, T. OKUI, S. YOSHIKAWA, M. YONEDA, Y. ARAKAWA, T. ASAI, T. TAKAHASHI, M. TOYOSHIMA, “16APSK/16QAM-OFDM 3.2Gbps RF Signal Direct-Processing Transmitter and Receiver Communication Experiments Using WINDS Satellite”, 信学技報, Vol.115, No.241, SAT2015-40(2015-10), pp137-140, 2015-10