

TimeCode_Emitter/Receiver の遅延測定レポート

井上拓, 山口直, 杉本樹信, 中谷創平

1 目的

ASTRO-H の一次噛み合わせ試験において SMU の時刻配信精度を測定する際、TimeCode を受信したときにトリガを出す装置 (TimeCode_Emitter/Receiver) を使用し、1pps 信号とこのトリガとの時間差を測定する (図 1)。このとき測定される遅延は SMU の遅延とこの装置の遅延の足し合わせとなるため、TimeCode_E/R の遅延を引いてキャリブレーションを行う必要がある。

この実験の目的はキャリブレーション用のデータを得るために TimeCode_E/R の遅延を測定することである。

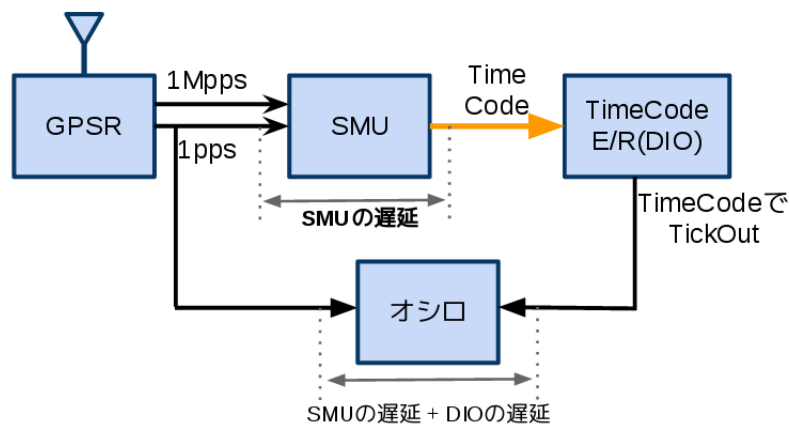


図 1 SMU の時刻配信精度の測定案

2 測定方法

2.1 使用機材

TimeCode_E/R

SMU の時刻配信精度を測定する際に使う装置である。これにはシマフジ電気株式会社の DIO ボードの FPGA に湯浅さん作のコードを書き込んだものを使用する。この装置には TimeCode を送信する機能と TimeCode を受信して TickOut を出力する機能があるが、今回の実験では受信の機能のみ使用し、そのタイムラグを測定する。

GPSBOX

TimeCode_E/R の遅延を測定するには、TimeCode を配信しそれに同期した TickOut 信号を出力する装置が必要である。その機能を提供する装置として GPSBox を用いた。GPSBOX は内部に GPS 受信機と DIO ボードが搭載されており、GPS 信号を元に DIO ボードから TimeCode を生成・配信することができる。また DIO の VHDL コードを改良し、TimeCode 送信開始と同時に TickOut を出すようにした。SpaceWire のリンクレートは SMU のリンクレートである 50MHz に設定してある。

オシロスコープ

遅延の測定には横河メータ&インスツルメンツ株式会社製の DL1620 を用いた。このオシロスコープのサンプルレートは 200 MS/s である。

2.2 セットアップ

測定のセットアップを図 2 に示す。SpaceWire で GPSBOX と TimeCode_E/R を接続し、GPSBOX から配信される TimeCode を TimeCode_E/R で受信させる。GPSBOX が TimeCode を送信したことを示す TickOut 信号 (Trig_GPS) をオシロスコープの ch1 に、TimeCode_E/R が TimeCode を受信したことを示す TickOut 信号 (Trig_DIO) を ch2 に入力した。また、GPSBOX は TimeCode=0 ~ 63 まですべて配信するので、オシロスコープのトリガに GPSBOX から出力される 1pps 信号を使うことで、TimeCode=0 の時の TickOut のみを測定するようにした。

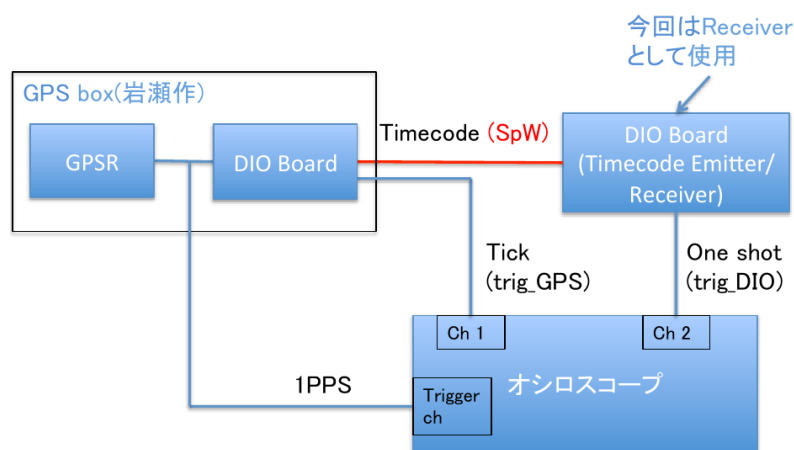


図 2 測定セットアップ

3 結果

Trig_G と Trig_D の時間差を 25169 回測定したヒストグラムを図 4 に示す。遅延は最短で 375ns、最長で 400ns、平均値は 387ns となった。標準偏差は 6.4ns である。

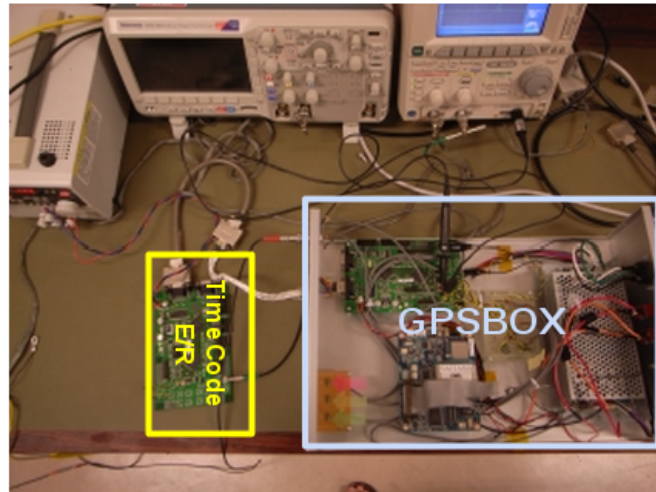


図3 測定セットアップ (写真)

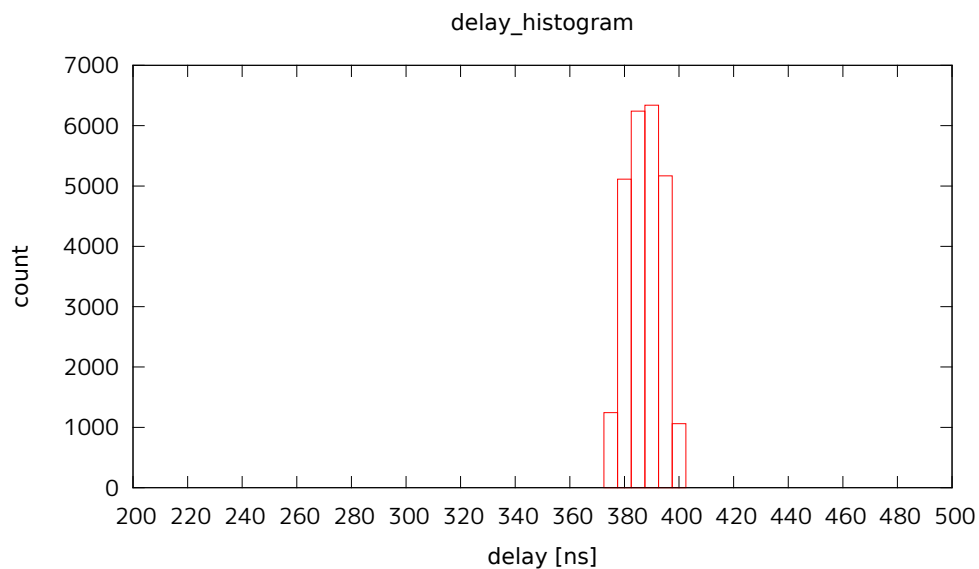


図4 遅延のヒストグラム

4 考察

4.1 ゆらぎについて

今回測定した遅延のゆらぎは 25ns であった。ゆらぎの主な原因は TimeCode_E/R 内部の FPGA クロックによるラッチタイミングの丸めと考えられる。TimeCode_E/R が TimeCode を受信してから Trig_DIO を出力するまでに 3 回内部クロックによるラッチがあり、それぞれのクロックは 166MHz, 100MHz, 48MHz である。したがってクロックの違いによりラッチタイミングのゆらぎが発生し、最終的なゆらぎは $1 \text{ clk} / 48 \text{ MHz} \approx 21 \text{ ns}$ となる。実測値はこれよりも大きい。GPSBOX からの Trig_GPS 出力や Trig_DIO 出力の際のゆらぎも含まれているためだと考えられる。

4.2 遅延について

測定した遅延には TimeCode_E/R 由来の遅延だけではなく、GPSBOX の TimeCode 送信タイミングと Trig_GPS 出力タイミングとの時間差も含まれている。これらは同時に出力されるようにしてあるが、測定結果に支障がない程度であることを確認するために ISE のシミュレータを使って値を推定した。GPSBOX 内部の DIO ボードの信号タイミングをシミュレートした結果を図 5 に示す。GPSBOX の TimeCode 送信と Trig_GPS との時間差は 1ns 程度であり、全体の遅延に比べて十分小さく無視できる程度であることがわかった。したがって TimeCode_E/R の遅延は測定値と同じ 387ns とする。



図 5 タイミングのシミュレーション

5 まとめ

リンクレート 50MHz において、上位ノードからの TimeCode 送信開始から TimeCode_E/R での TickOut 送信までの遅延を測定した。測定の結果、遅延時間の平均値は 387ns、標準偏差が 6.4ns となった。