

安全なPTP-BBハイブリッド同期運用方法

LT4670 シンクジェネレータ

LT4448 チェンジオーバーを用いた冗長システム

リーダー電子株式会社

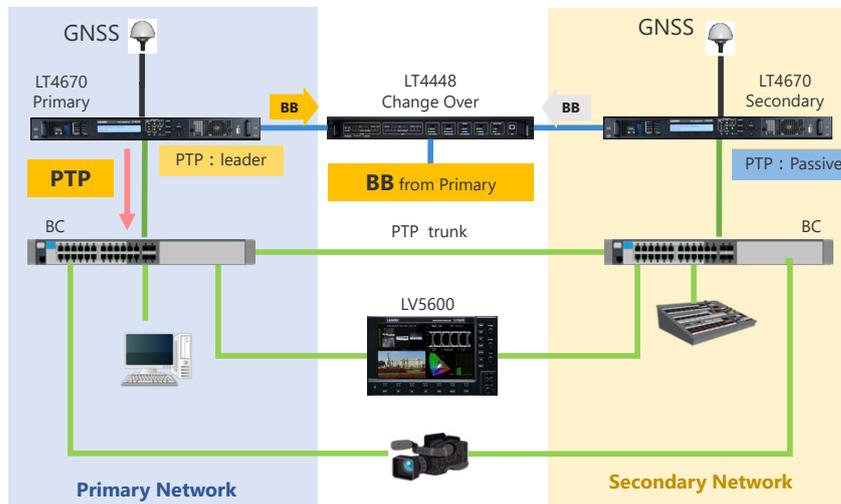
2026年2月 Ver.1

近年放送業界ではSDIシステムからIPシステムへと移行が進められていますが、様々な理由から一度にIPシステムへ切り替えることが難しく、完全にIP化されたシステムに移行するには数年単位の時間がかかるとみられています。その移行期間は、放送局内でSDIシステムとIPシステムが共存・併用されることになり、両システムの相互運用がスムーズに行われる必要があります。

一方で、これまで長い間、局内同期信号として使用されてきているブラックバースト信号と、IPシステムで使用される時刻同期PTP(Precision Time Protocol)は、それぞれ全く異なる概念で作られているため、その相互運用には多くの注意点やノウハウが必要です。

そこで、当社はSDIシステムとIPシステムの共存時代に合わせた、ハイブリッドなTEST and MEASUREMENT製品に力を入れており、ブラックバーストとPTPが共存・併用されるシステムで安全安心なシンクジェネレータとチェンジオーバーを提供しております。本ホワイトペーパーでは、冗長化されたブラックバースト同期と、BMCA(Best Master Clock Algorithm)機能を用いて冗長化されたPTP時刻同期が、併用されているシステムの安全な運用方法を示しております。

1. 通常運用時

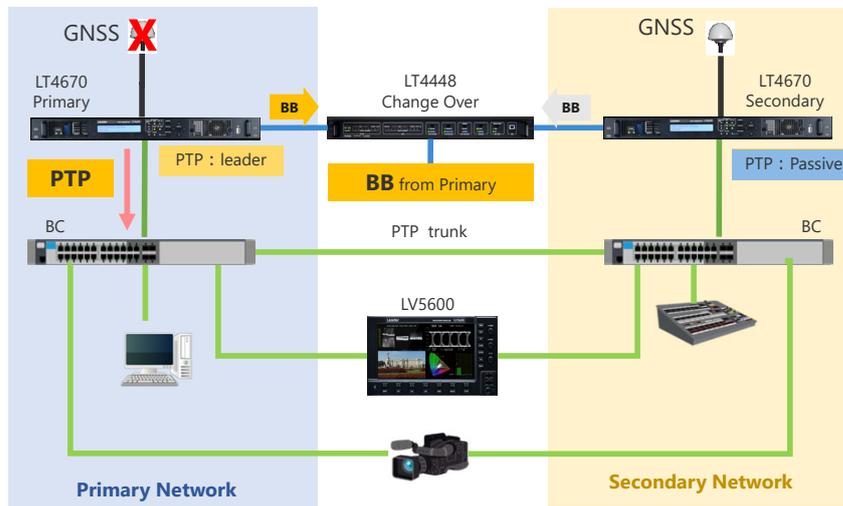


BBとPTPが混在するシステムでは、上位に当社のLT4670のようなBBとPTPの両方を出力できるグランドマスターを設置し、各セクションへ同期を分配しています。LT4670は、SMPTE ST 2059規格に則り、BBとPTPを完全に位相同期させて出力します。ですので、後段の機器は受け取っている信号がBBであれPTPであれ、システム全体としては同期が取れた状態で運用ができます。

グランドマスターは、非常時に備えてPrimaryとSecondaryの冗長構成を組むのが一般的です。通常運用時は、BBもPTPもPrimaryの出力信号に従ってシステムが動作します。

ここでPrimary、Secondaryともにシンクジェネレータの同期源はGNSSからそれぞれ取得するシステムを考えます。

2. PrimaryのGNSSが異常時

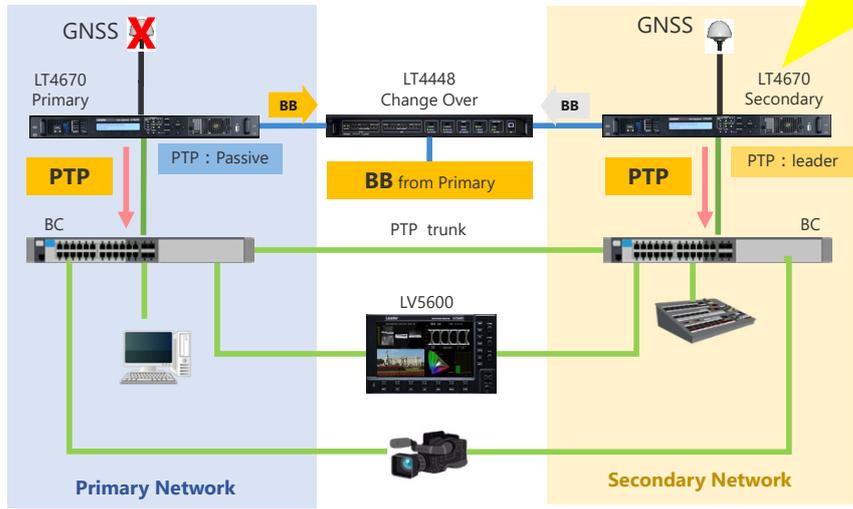


Primaryに接続されたGNSSアンテナに通信障害が起きたケースを考えます。PTPでは、BMCA (Best Master Clock Algorithm) に基づいて、PrimaryとSecondaryが互いのPTPの「優先度・信頼度」を常に評価しています。

PTPとBBが混在時の懸案

PTP :
BMCAに従って、PrimaryのPTPが不安定になった時点でSecondaryに切り替わる

2. PrimaryのGNSSが異常時

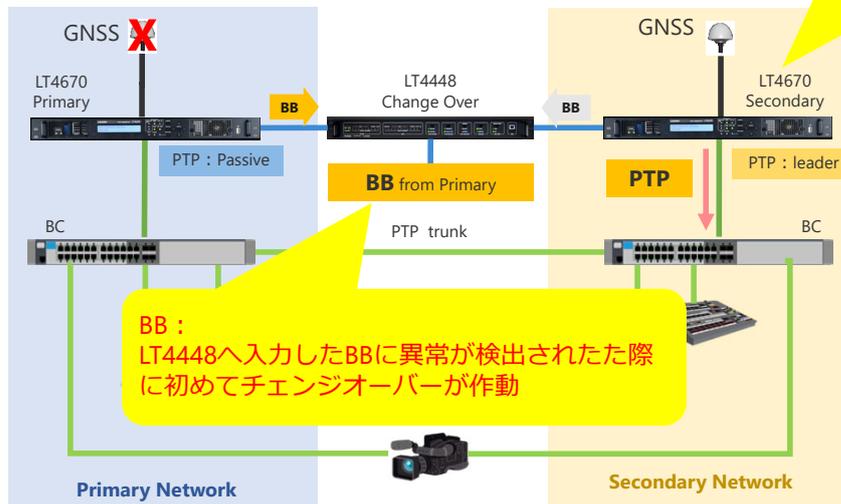


① PTPはBMCAにより、SecondaryのLT4670がleaderとなります。

その結果、Primaryの評価が下がれば、PTP LEADERの地位は自動的にSecondary側へ移譲されます。ここまではPTPの仕組みとして自動的に実行されます。問題は、この切り替えがPTP側だけで先行して起こったとき、BB側はどのように振る舞うか、という点です。

PTP :
BMCAに従って、PrimaryのPTPが不安定になった時点でSecondaryに切り替わる

2. PrimaryのGNSSが異常時



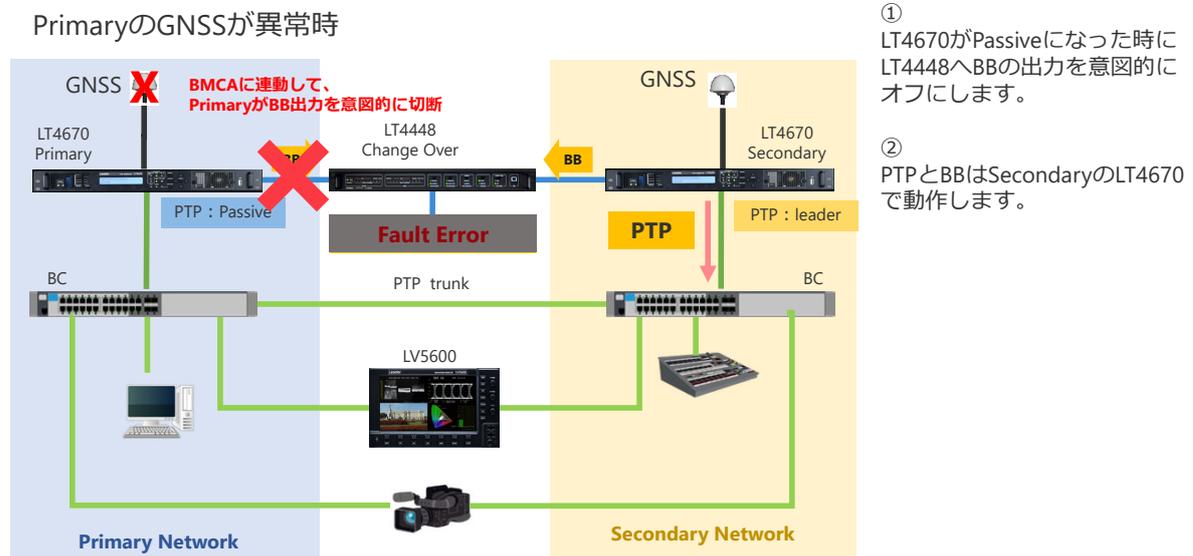
- ① PTPはBMCAにより、SecondaryのLT4670がleaderとなります。
- ② PrimaryのBBは停止しないため、Change Overは切り替わらずにPrimaryのBBを出力し続けます。
- ③ PTPはSecondary、BBはPrimaryという状態となり、時間経過とともに、PTP由来の機器とBB由来の機器で位相がずれていきます。

BBは、PrimaryとSecondaryの両出力をチェンジオーバーに入力し、通常はPrimaryを分配しています。チェンジオーバーはPrimaryから入力された信号に異常を検知したとき、リレースイッチを用いてBBをSecondaryへ切り替えます。

PrimaryのGNSS不調を受けてPTPが先に切り替わっても、BBの出力に異常がない限り、チェンジオーバーはBBをSecondaryに切り替えることはありません。結果として、BBはPrimaryからの出力、PTPはSecondaryからの出力、という“同期源の分裂”が発生します。

もっとも、PrimaryはGNSSを失っても直前の同期を保持する「STAY IN SYNC」モードに移行するため、直ちに大きな位相差が出るわけではありません。ただし、時間とともに位相ズレは少しずつ拡大し、後段の機器に影響を及ぼしていきます。

PTPとBBが混在時のLT4670標準動作



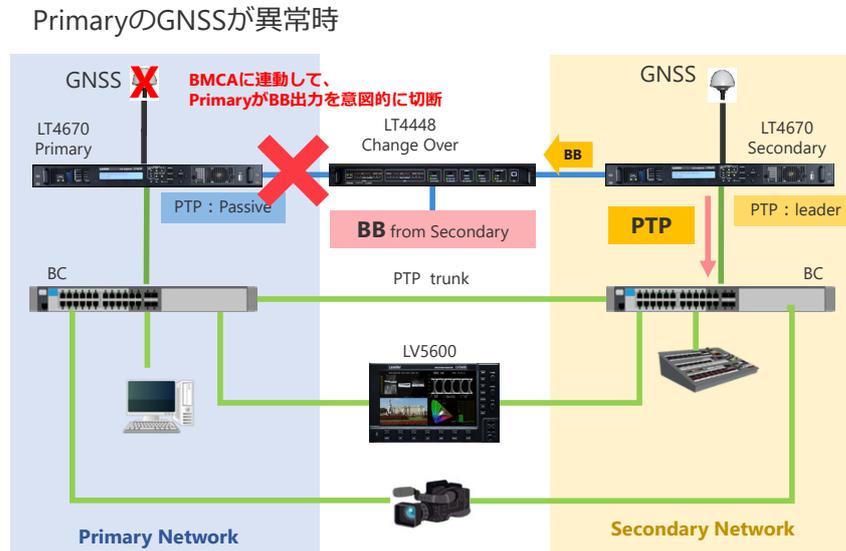
この問題への対策として、LT4670では二つの方法があります。一つ目は、PTP側のBMCAの結果に合わせてBBを切り替えるモードで、二つ目は専用ケーブルを用いて相互監視するモードです。

PTP側のBMCAの結果に合わせてBBを切り替えるモードでは、Primary側のGNSSに不調が出て、BMCAの判断でSecondaryがPTP LEADERに切り替わった際、そのタイミングでPrimaryは自分が予備機になったことを認識して、パッシブモードになりBB出力を自ら停止します。チェンジオーバはPrimary側のBB信号停止を検出してFAULTエラーと認識し、BB信号源をSecondary側に切り替えます。この動作の結果、PTPもBBもSecondary由来にそろふこととなりますので、同期源の分裂は起こりません。

この機能には特別な機材は必要なく、LT4670のBB出力設定から「LINKED TO PTP BMCA」機能をイネーブルにするだけで実現できます。

一方でこのシステムにも3つの課題が考えられます。

PTPとBBが混在時のLT4670標準動作



① LT4670がPassiveになった時にLT4448へBBの出力を意図的にオフにします。

② PTPとBBはSecondaryのLT4670で動作します。

課題 . . .

① 意図的にBB出力を停止するため、BB切り替え時にショックが発生。

② BMCAにより再度Primary側にPTP Leaderが移っても、BBは連動しません。

③ BBだけが切り替わった場合、PTPを連動させる手段がない

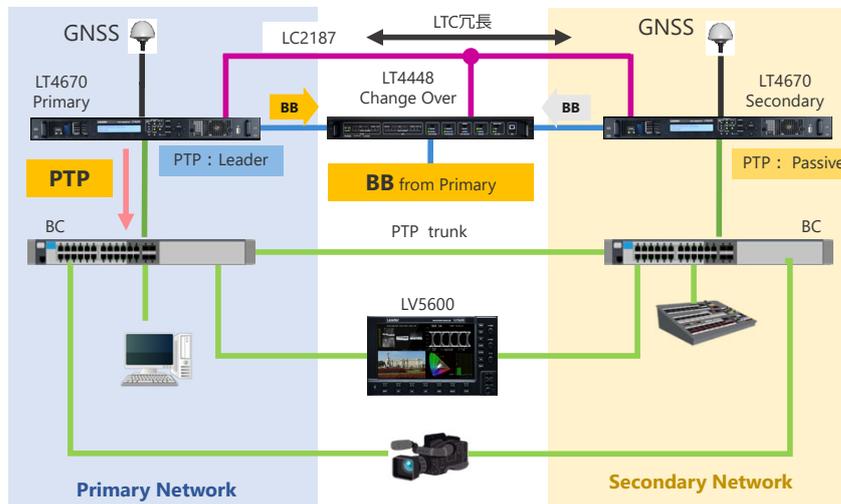
まず一つ目は、切り替えをきっかけとしてPrimary側のBBの出力をいったん止める必要がある点です。チェンジオーバーが検知してSecondaryに切り替えるまでの間、後段には無信号の状態が発生し、BB同期している機器にショックが起こるおそれがあります。

二つ目はPrimaryへの復帰動作に非対応であることです。BMCAの仕様上、PTPは正常化したPrimaryをLEADERに復帰させることが可能です。しかしチェンジオーバーの自動動作はPrimaryからSecondaryへの一方通行なので、このPTPの復帰動作には連動しません。その結果、PTPとBBでまた同期源が分裂することになります。

三つ目は、BBだけに障害が出たときの扱いです。BMCAはPTPの状態だけを見ています。たとえば、BNCの断線などでPrimaryのBB出力だけが止まる事態が起きても、PTPの方に問題がない限りは切替が起きません。そのため、BB側のトラブルが取りこぼされる余地が残っていました。

こうした課題に対して、LT4670ではPTPとBBを双方向に監視し合い、整合性を保ったまま切替・復帰できる機能も搭載しています。

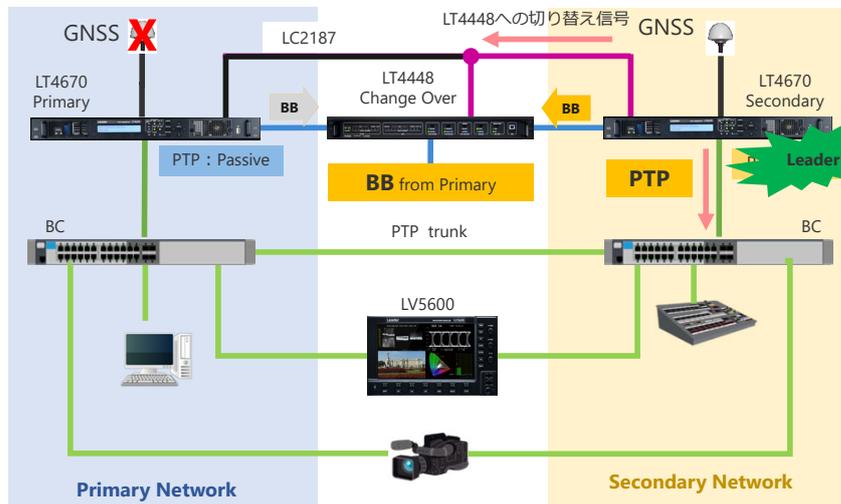
1. 通常運用時



- LT4670とLT4448のリモート端子同士を専用ケーブル(LC2187)で接続します。
- 平常時、同ケーブルはLTCの冗長用として活用されます。

この機能では、専用ケーブル(LC2187)を用いてBBとPTPの状態を相互監視して、最適な状態へ自動連動切り替える「LINK TO CHANGEOVER」モードを使用します。専用ケーブルは3分岐で、LT4670 2台と、チェンジオーバーLT4448の各LTC端子へ接続します。通常時、このケーブルはLTCの冗長として機能しますが、切替時には制御信号の伝達路としても働きます。

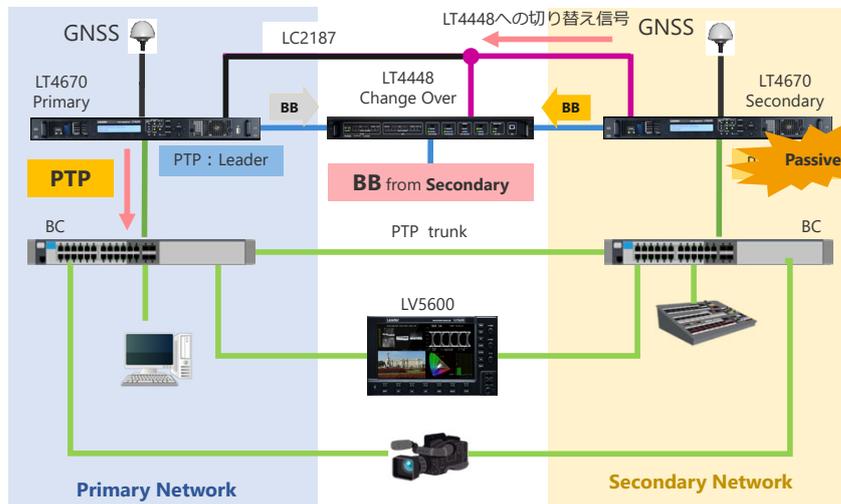
2. PrimaryのGNSSが異常時



- BMCAに従ってSecondaryのLT4670がLeaderになった時に同LT4670からLT4448へBBの切り替え信号を発報します。
- PTPとBBはSecondaryのLT4670で動作します。

まず一つ目のパターンです。Primary側のGNSSに不調が出た場合、BMCAの判断でSecondaryがPTP LEADERになります。Secondaryは“自分がLEADERになった”ことを検知すると、連動ケーブル経由でLT4448にBB切替の指示を出します。LT4448はその指示に合わせて、電子スイッチでBBを切り替えます。このとき、切り替えは同期部分以外のタイミングを狙って動作するので、基本的に切替時のショックは発生しません。その結果、PTPもBBもSecondary由来にそろい、同期源の分裂を避けることができます。

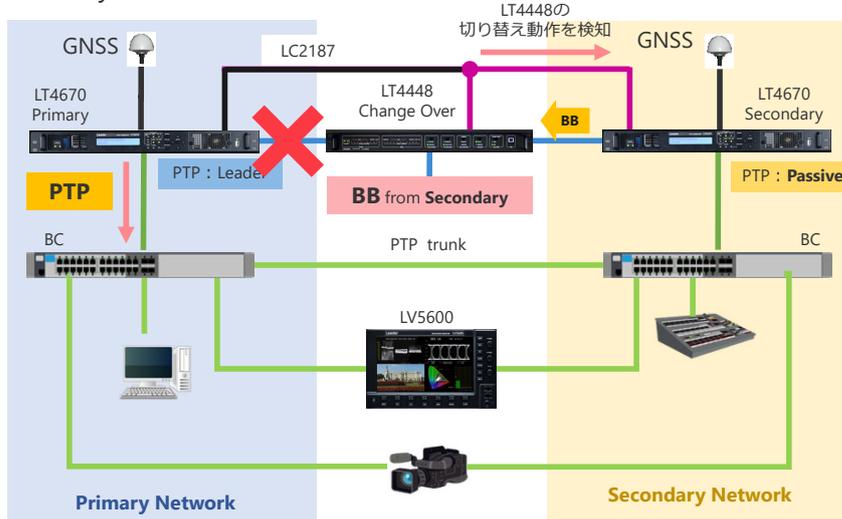
3. PrimaryのGNSSが復旧時 ※設定で無効化可能



- SecondaryのLT4670が再度Passiveになった時にLT4448へBBの切り替え信号を発報します。
- PTPとBBはPrimaryのLT4670で動作します。

次に二つ目、Primaryが復活してPTPのリーダーをPrimaryへ戻すケースです。BMCAの評価でPrimaryがリーダーに復帰すると、SecondaryはPASSIVEに切り替わったことを検知して、もう一度連動ケーブル経由でLT4448に再度BBを切り替えるよう指示を出します。LT4448は先ほどと同じ手順で、BBをSecondaryからPrimaryへ切り替えます。これで、PTPの復帰にBBも連動するので、復帰時も同期源は統一されます。

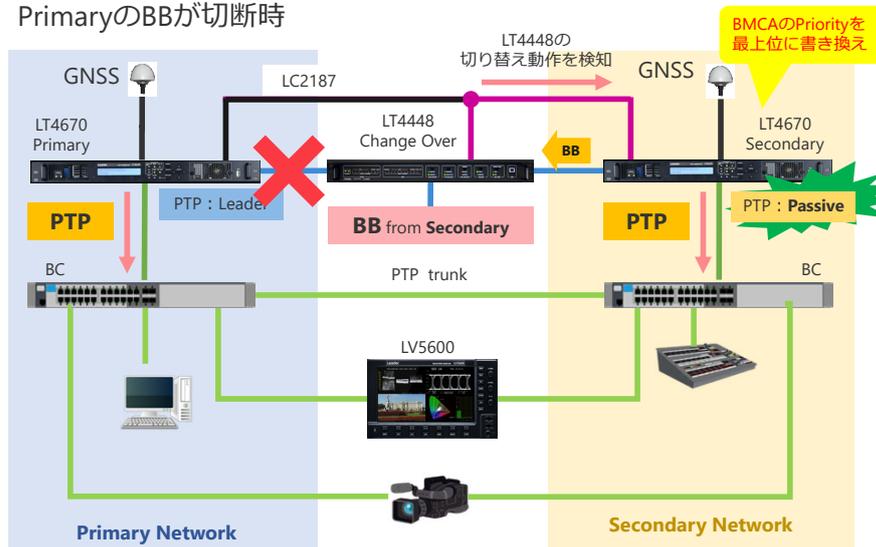
4. PrimaryのBBが切断時



- ChangeOverが作動し、SecondaryのLT4670にBB源が移ったとき、SecondaryのLT4670がその切り替え動作を検知します。

最後に三つ目、BBだけが止まってしまったケースです。BNCの断線などでPrimaryのBB入力が消えた場合、LT4448は従来どおり自動でSecondaryのBBへ切り替わります。

4. PrimaryのBBが切断時



• Change Overが作動し、SecondaryのLT4670にBB源が移ったとき、SecondaryのLT4670がその切り替え動作を検知します。

• SecondaryのPriorityを強制的に上位に書き換えることで、SecondaryがPTP Leaderとして動作します。

※再度Primary側をLeaderに復旧させる場合はマニュアル操作となります。

同時に、Secondary側のLT4670はこのLT4448の切替動作を連動ケーブルを通じて検知し、BMCAのPriorityを強制的に上げて、自分がPTP LEADERの地位を獲得します。この動作により、もしBB側だけの障害が発生してもPTP側がそれに追従し、ここでも同期源の統一を維持できます。

なお、この場合チェンジオーバーが自動でPrimaryに戻ることはないので、PTP側もPrimaryへ自動復帰しない設定 PTP LEADER「Enable Only Once」機能を有効にしておきます。

このようにLT4670とLT4448ではBBとPTPのハイブリッドシステムに安全で安心な同期源を提供しております。

さらに波形モニターLV5600WやラスタライザーLV7600Wを組み合わせることで、BBとSDI映像の同期関係だけでなく、PTP時刻と映像の同期関係や遅延時間の監視など安定的なハイブリッドシステムの監視が実現できます。