

## 원격측정 다중 스트림 최적 혼합 후처리 기법 연구

김인종<sup>\*,1)</sup> · 이성필<sup>1)</sup> · 장덕진<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 국방과학연구소 제5기술연구본부

### A Study on Optimum Hybrid Post-Processing Method for Multiple Telemetry Streams

In Jong Kim<sup>\*,1)</sup> · Sungpil Lee<sup>1)</sup> · Dukjin Chang<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> The 5th Research and Development Institute, Agency for Defense Development

(Received 25 April 2019 / Revised 5 August 2019 / Accepted 23 August 2019)

#### ABSTRACT

In order to understand flying aircraft, satellite, missile, etc, a telemetry ground system is used to receive, record, and process the transmitted radio signal from vehicles. In some cases, a line-of-sight communication is not possible along to the trajectory of vehicles, and multipath fading result in a shade area of communication. A number of telemetry ground systems are installed to overcome this limitation, and acquire the transmitted signal seamlessly. The telemetry signals received by multiple independent ground systems have independent probability of errors since they experienced their own communication channels. In other words, we can exploit the independent error characteristics of received signals by processing them in a hybrid method. The optimum hybrid post-process method is proposed in this study, and applied to process telemetry signals acquired from flight tests.

Key Words : Telemetry Ground System(원격측정 지상 시스템), Optimum Hybrid Post-Processing(OHPP, 최적 혼합 후처리), Multiple Streams(다중 스트림), Optimum Signal Path(최적 신호경로)

#### 1. 서론

원거리에 위치한 피측정 대상으로부터 송출되는 신호를 수신하고 처리하여 분석하는 무선통신기술을 원격측정(Telemetry)이라 부른다. 비행체에서 생성되는 센서 정보, 항법자료, 각종 제어신호 등은 일반적으로

다중화를 거쳐 프레임 형태로 구성되고 펄스코드변조 방식으로 부호화된 뒤 주파수변조 과정을 거쳐 송출된다. 이 신호는 지상에서 운용되는 원격측정 안테나 시스템인 지상국을 통해 획득되는데, 일반적인 원격측정 지상시스템의 구성도와 프레임 구조, 데이터 처리 기법은 [1]과 같다. 수신신호 상태는 비행체의 기동에 따른 자세와 비행경로, 지상국과의 물리적 역학관계 등에 따라 수시로 변화하고, 신호의 전달매체인 대기의 습도나 구름, 지면 편평도나 해면 상태에 따른 굴

\* Corresponding author, E-mail: ijkim@add.re.kr  
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

절과 산란, 반사파 등으로 인한 다중 경로 페이딩을 겪을 수 있으므로 수신신호에는 손실과 왜곡이 발생하게 된다<sup>[2]</sup>. 통상적으로 원격측정 수신 임무를 정상적으로 수행하기 위해서는 다수개의 지상국을 운용하여 신호를 획득하고 자료처리 한다. 원격측정에서 자료처리 임무를 살펴보면, 수신한 원격측정 스트림으로부터 마이너프레임<sup>[3]</sup> - 간략히 프레임이라 부른다 - 동기를 획득하고 원시채널 데이터를 추출한 뒤 비트 연산과 자료형 변환, 다항 연산 등을 수행한다. 여기서 비행체가 송출하는 원격측정 신호는 무선경로상의 상이한 전파지연을 거쳐 다수개의 지상국에서 수신되고, 유무선 네트워크 전송간에 발생하는 서로 다른 전송지연을 거친 뒤 자료처리 시스템에 전달된다. 이렇게 수신된 다수개의 신호를 처리하기 위해 원격측정 분야에서 지상국은 일반적으로 최적신호선택기(BSS, Best Source Selector)를 활용하여 왔다<sup>[4]</sup>. 그러나 최적신호선택기는 입력신호의 시각동기가 이루어지지 않은 상태에서 입력신호 선택으로 절체되는 경우 출력신호의 Time-jump 및 Drop-lock 문제가 보고되고 있다<sup>[5]</sup>.

이런 문제점을 개선하고자 본 연구에서는 지상국에서 수신한 다수개의 원격측정 스트림을 처리함에 있어 입력되는 신호들 사이에 시각동기와 데이터 동기를 획득하고 혼합하여 최적 처리하는 Optimum Hybrid Post-Processing(OHPP) 기법을 제안한다.

## 2. 수신신호 분석

지상국  $N$  개에서 획득한 원격측정 스트림은  $S_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ 이고 각 스트림에 담긴 모든 프레임 수가  $M_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ 이라 하자. 스트림별로 프레임을 수신 순서에 따라 숫자 매김 하면,  $i$  째 지상국에서 수신한  $j$  째 프레임은  $f_{i,j}$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $j = 1, 2, \dots, M_i$ 이다. 프레임의 경계를 뜻하는 동기패턴을 수신하기 시작한 시간을 그 프레임의 계측시간이라 하면  $f_{i,j}$ 의 계측시간은  $t_{i,j}$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $j = 1, 2, \dots, M_i$ 로 쓸 수 있다. 원시채널 번호는 프레임 동기패턴 이후 순서대로 매겨지는데, 프레임 동기패턴이 EB90이고 원시채널 4개로 구성되는 원격측정 수신 스트림을 예로 들면 Fig. 1처럼 나타낼 수 있다.

Fig. 1에서  $f_{1,1}$ 의 원시채널 1, 2, 그리고 4번 데이터는 각각 01, AA, 그리고 CC이다. 만약 원시채널 1번

데이터가 03인 프레임을 지상국 순서대로 찾아보면  $f_{1,3}$ ,  $f_{2,1}$ , ...,  $f_{N,2}$ 이고, 각 프레임의 계측시간은  $t_{1,3}$ ,  $t_{2,1}$ , ...,  $t_{N,2}$ 가 된다. 여기서 비행체에서 송출한 신호는 지상국에서 볼 때 유일하므로 절대시각 기준으로 지상국이 동기화되어 있다면  $t_{1,3} = t_{2,1} = \dots = t_{N,2}$ 일 것이다. 그러나 시간지연이 스트림마다 다르기 때문에 자료처리 입장에서는  $t_{1,3} \neq t_{2,1} \neq \dots \neq t_{N,2}$ 이다. 다시 말해서, 자료처리 시스템은 시각적으로 비동기인 스트림들을 다루는 것이고, 비록 입력 스트림들을 자료처리 전단에서 각각의 계측시간 기준으로 정렬함으로써 시각동기를 획득하더라도, 데이터 관점에서 동기화로는 이어지지 않을 수 있다는 것이다. 한편 Fig. 1에는 입력 신호들의 비동기성을 표현함과 동시에 오류가 발생한 상황을 나타내고자  $f_{1,3}$  프레임의 원시채널 4번 데이터 블록에만 오류가 발생했다 가정하여 사선으로 표시하였다. 자료처리를 수행하면서 오류가 발생한 것으로 판단되는 프레임이 있다면, 그 오류를 직접 정정하거나  $N-1$ 개 스트림과 동기를 맞춘 뒤 오류가 발생하지 않은 프레임을 선택하여 오류를 회피할 수도 있을 것이다.

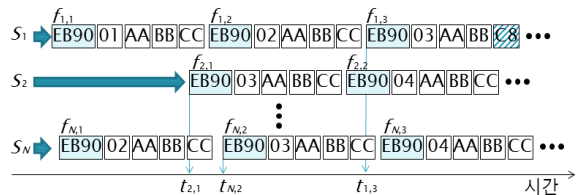


Fig. 1. Multiple telemetry received streams

스트림 사이의 동기를 맞추는 것에 대해 살펴보자. 동기를 맞추기 위해서는 먼저 기준이 되는 수신신호와 기준이 되는 프레임을 선정해야 한다. 예를 들어 오류가 발생한 프레임인  $f_{1,3}$ 을 기준으로 각 신호들의 동기를 획득한다면,  $S_1$ 이 기준신호이고  $f_{1,3}$ 이 기준프레임이다. 기준신호의 기준프레임을 중심으로 다른 수신신호들의 프레임과 동기를 맞추어야 하는데, 비동기인 입력신호들을 다루는 것이므로 계측시간만으로 다른 스트림에서  $f_{1,3}$ 에 상응하는 프레임을 찾는 것은 거의 불가능하다. 이를 해결하기 위해 일종의 단순카운터 값으로 프레임의 고유번호를 담아 송출한다면 그 값을 참조하여 다른 스트림에서 해당 프레임을 쉽게 찾을 수 있을 것이다. 그러나 신호 송출 시간이 길

어짐에 따라 프레임의 고유번호를 표현하는데 필요한 원시채널 길이도 증가해야 한다는 문제가 수반된다. 제한된 길이의 카운터 값으로 프레임 번호를 표현할 수도 있으나 신호 송출 시간이 길어지면 값이 주기적으로 반복되어 프레임의 고유번호로 사용하기에는 적합하지 않게 된다. 그럼에도 불구하고 단순카운터는 일정구간 고유번호로서 의미를 지니게 되므로 통신자원이 제한되는 원격측정에서는 여전히 프레임 구분을 위해 지엽적으로 활용 가능한 정보로 볼 수 있다.

### 3. 최적 혼합 후처리 기법 개발

스트림 하나를 자료처리 하는 절차와<sup>[1]</sup> 달리 다중 스트림에 대한 최적 혼합 후처리 절차를 기능 블록으로 나누어보면 Fig. 2와 같이 나타낼 수 있다. 비동기인 원격측정 스트림들이 혼합 후처리의 입력으로 주어지면, 각 스트림의 이벤트 발생 시각을 검출하는데, 여기서 이벤트 발생 시각은 특정 이벤트가 발생한 프레임의 지상국 로컬 기준시각을 뜻한다. 보통 유도무기, 로켓, 위성과 같이 발사 이벤트가 있는 경우 발사 이벤트 시각을 중심으로 처리하는데, 자료 분석 상황에 따라 임의의 이벤트 기준으로 데이터를 정렬처리하기도 한다. 여기서 스트림별로 검출한 이벤트 시각 사이에는 시차가 존재하는데, 이 시차를 추정하기 위해 임의의 스트림을 기본신호(BS, Base Stream)로 선택하고 이 신호의 이벤트 시각을 기준으로 나머지 신호들의 이벤트 시각과 시차를 계산한다. BS에서 이벤트가 발생한 프레임을  $f_{BS_e}$ 라 하면, 이 프레임의 계측시간은  $t_{BS_e}$ 가 되고 스트림별 계산된 이벤트 시각 차이는  $\Delta Et_{BS_i} = t_{BS_e} - t_{i,e}$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ 이 된다. 각 스트림별 이벤트 시각을 보정하려면  $t_{i,e} + \Delta Et_{BS_i}$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ 과 같이 더하면 되고, 이를 통해 모든 스트림들은  $\Delta Et_{BS_i}$  중심으로 시각 동기화와 데이터 동기화를 동시에 이루게 된다. 이벤트 중심으로 산출한 시차  $\Delta Et_{BS_i}$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ 은 다른 프레임의 계측시간을 보정하기 위해  $t_{i,j} + \Delta Et_{BS_i}$ ,  $i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M$ 와 같이 적용할 수도 있다. 다만, 시간의 흐름에 따라 스트림별 지연시간은 달라질 수 있으므로 지속적으로 동기화 상태라고 말할 수는 없다. 다중 스트림에 대한 혼합 자료처리를 수행함에 있어 이벤트 발생 시각 중심의 일회성 동기화와 최적

신호경로 탐색을 위해 연속적인 동기화가 필요하게 되는데, 우리는 전자를 1단계 동기화로 후자를 2단계 동기화로 구분한다. 혼합 후처리 절차상 1단계 동기화를 이룬 상태에서 스트림별 개략분석정보를 산출한다.

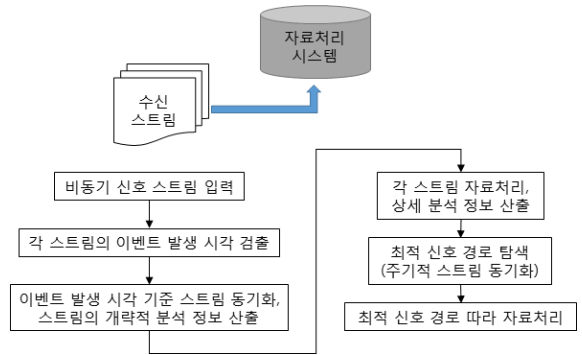


Fig. 2. Functional flow of OHPP method

1단계 동기화 후 각 수신신호들은 독립적으로 처리 되는데, 이것은 혼합 후처리를 위한 전처리 단계로서 혼합 후처리에 필요한 신호분석정보를 획득하는 절차이다. 스트림별로 후처리하는 것은 [1]에서 다른 방식과 유사하다. 다른 점으로는 1단계 동기화를 거쳐 기준신호의 이벤트 발생 시각으로 보정된 각 스트림별 이벤트 시각을 중심으로 후처리한다는 것이다. 더불어 스트림별 후처리하면서 상세분석정보를 산출하고 수집함으로써 이후 단계에서 활용하게 된다는 점도 기존의 후처리 방식과 다른 점이다. 스트림별 상세분석 정보에는 프레임 계측시간, 동기패턴 점검 결과, 프레임별 원시채널 수, 특정 파라미터 환산값, 파일 정보 등 프레임 단위로 분석한 결과가 포함되어 있다. Fig. 2로 돌아가서, 각 스트림에 대한 자료처리가 완료되면 스트림별 상세분석정보를 바탕으로 최적 신호경로를 탐색하게 된다. 최적 신호경로는 절대시간을 축으로  $N$  개 수신 스트림들에 대하여 매 순간 어떤 스트림을 처리해야 최적의 자료를 얻을 수 있는지에 대한 정보를 모아놓은 것이다. 최적 신호경로를 탐색할 때에는 스트림 사이의 동기화 여부를 확인할 수 없기 때문에 동기가 획득되어있는지를 먼저 판단하고 필요한 경우 동기를 재획득하는 2단계 동기화를 수행한다. 2단계 동기화에서는 1단계 동기화에서 산출한 시차나 이전의 2차 동기화 단계에서 산출한 시차를 적용하여 대략적인 동기화 구간을 먼저 추정한 뒤, 단순카운터와 같은 보조 데이터를 이용하여 세밀하게 동기

화를 수행하게 된다. 동기를 획득하는 경우 스트림 사이의 시차를 다시 산출하는데 이 값은 이후의 2단계 동기화에서 대략적인 동기화 구간 추정에 참조되게 된다. 한편 상세분석정보에는 보정된 시각 정보를 기준으로 신호 품질을 판단할 수 있는 정보들도 포함되어 있으므로, 이를 참조하여 2단계 동기화를 이룬 뒤 각 프레임의 오류 가중치 정보를 활용하여 신호의 품질을 판단함으로써 더 양호한 신호를 선택하게 된다. 자료처리의 입력 스트림들 사이에 시각적 동기화 데이터 동기를 모두 획득한 상태이고 지속적으로 동기 상태가 유지된다고 가정할 수 있다면, 이후에는 상세 분석정보를 바탕으로 프레임의 오류 여부를 판단하고 양호한 프레임을 순차적으로 선택한 후 프레임 데이터 처리에 필요한 분석정보를 모음으로써 최적 신호 경로를 산출할 수 있게 된다. 여기서 프레임의 오류 여부를 판단하는 방법은 다양하다. 예를 들어, 매 프레임의 동기패턴에 오류가 있는지를 분석하여 간단히 판단할 수 있다. 또는 다수결 방식(majority rule)을 사용하여 다중 스트림 가운데 다수인 프레임 데이터를 선별할 수도 있을 것이다. 다만 입력 스트림 수가 충분히 많지 않거나 서로 다른 데이터의 수가 동등인 경우에는 별도의 판단 기준이 필요할 수 있다. 이 외에 패리티 검사(even/odd parity check)와 순환중복검사(CRC, Cyclic Redundancy Checksum) 방식도 있다. 어떤 방식의 오류 판단 기준을 적용하든지 특정 프레임의 오류 발생 여부에 대한 판단이 이루어지면 반대로 오류가 발생하지 않은 프레임을 선별할 수 있다. 이 과정을 반복함으로써 오류가 발생하지 않은 프레임의 데이터 블록들만 선택적으로 처리할 수 있는 최적 신호 경로를 도출할 수 있고 그 경로를 따라 비동기인 입력 스트림들을 선택적으로 처리함으로써 최적의 혼합 후처리 결과를 얻을 수 있게 된다.

이해를 위해 앞선 Fig. 1과 같이 수신한 스트림을 혼합 자료처리 해보자.  $S_1$ 에서 프레임별 원시채널 1번 데이터를 보면 01, 02, 그리고 03으로 1씩 증가하고 있고,  $S_2$ 에서는 03과 04, 그리고  $S_N$ 에서는 02, 03, 그리고 04로 1씩 증가하고 있다. 다시 말해서, 원시채널 1번 데이터는 현재 관측 구간에서 볼 때 1씩 증가하는 단순카운터이고 프레임별로 고유한 값을 지니고 있으므로 데이터 동기화의 보조 정보로 활용될 수 있다. 그림에서는  $f_{1,3}$ 의 원시채널 4번 데이터에 오류가 발생한 상황이므로 이 프레임을 기준으로 동기화 절

차를 수행하면 Fig. 3과 같은 결과를 얻을 수 있다. 한편,  $f_{1,3}$ 을 기준으로 동기화 절차를 수행하였다는 것을 최적 신호경로 탐색 관점에서 본다면, 최적 신호 경로를 도출하기 위해  $S_1$ 의 상세분석정보를 탐색 중이었음을 뜻하고 바로 이전 프레임인  $f_{1,2}$ 가 그 시점에 최적 신호임을 뜻한다고 볼 수 있다. 실제로  $f_{1,2}$ 는 오류가 없으므로 최적 신호경로에 포함되지만,  $f_{1,3}$ 에는 오류가 있으므로 최적인 다른 스트림을 찾아야 한다. 우리는 이미  $f_{1,3}$ 에 대해 동기화를 이루었으므로 오류가 없는  $f_{2,1}$ 을 선택할 수 있고, 이 프레임 정보는 최적 신호경로에 포함되게 된다. 이 절차를 연속적으로 반복하여 도출한 최적 신호경로를 도시하면 Fig. 4와 같다. 최적 신호경로를 오른 화살표로 표시하였는데,  $f_{1,2}$  프레임을 처리한 뒤에는 최적 스트림 선택을 통해  $f_{2,1}$  프레임으로 분기하고 이후  $f_{2,2}$  프레임은 오류가 없는 신호이기 때문에 계속해서  $S_2$  신호를 처리하도록 신호경로를 생성하게 된다. 생성된 최적 신호경로를 따라 그 순간에 최적인 스트림의 프레임을 선택적으로 자료처리하게 되므로,  $f_{1,3}$ 의 원시채널 4번에서 발생한 오류는 쉽게 회피될 수 있다. 반복적으로 2단계 동기화와 최적 신호경로를 탐색하면  $f_{i,j}$ ,  $i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M_i$ 에 대해 동일한 결과를 얻을 수 있게 된다.

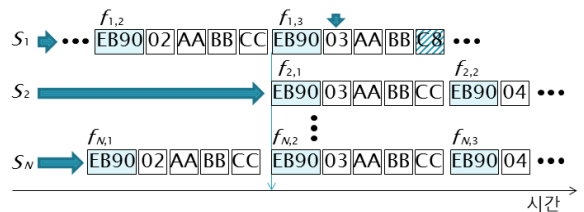


Fig. 3. Time synchronization

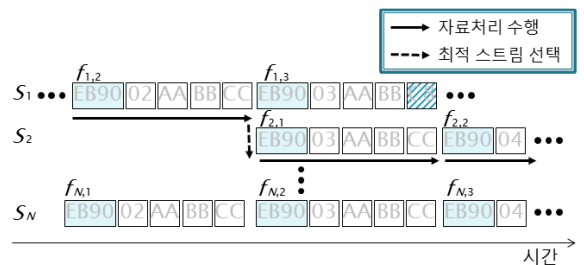


Fig. 4. Optimum signal path to process

3.1 프레임 오류 가중치 방법

프레임의 오류 여부에 대한 판단 결과에 따라 선택되는 스트림이 달라지기 때문에 최종 자료처리 결과는 프레임 오류 판단으로부터 기인된 것으로 볼 수 있다. 프레임의 오류를 판단하는 최적의 기준은 신호 특성에 따라 달라질 수 있으므로, 우리는 몇 가지 오류 판단 기법들에 가중치를 주고 프레임의 오류 점수를 산출하는 복합 방식을 적용하였다. 패리티 검사나 CRC와 같은 오류 검출 기능 적용 여부와 제한된 구간에서 활용 가능한 단순카운터, 그리고 프레임 동기 패턴 정보 등을 활용하였는데,  $f_{i,j}$  프레임에 대한 오류 가중치 기법 흐름도는 Fig. 5와 같다.  $f_{i,j}$ 에 대한 체크 결과에 따라 a부터 e까지 가중치를 다르게 적용한 결과와 이전 프레임인  $f_{i,j-1}$ 의 오류 점수를 조합하여 최종  $f_{i,j}$ 의 오류점수를 산출한다. 이 오류점수는 상세분석정보로 저장되게 된다. CRC와 같은 오류 체크 기능이 활성화 되어 있다면, 비교적 프레임의 오류 상태를 파악하기 쉽다. 그러나 오류 체크 기능이 없는 경우에는 오류 여부를 직관적으로 판단하기가 매우 어렵기 때문에 보조 정보인 단순카운터 값의 연속성을 확인하여 판단하게 된다. 이 카운터 값의 연속성이 유지되고 있다면 가중치는 c로 할당하지만, 카운터 값의 연속성이 유지되지 않았다면 프레임 동기패턴의 양호함을 점검하여 가중치를 결정하게 된다.

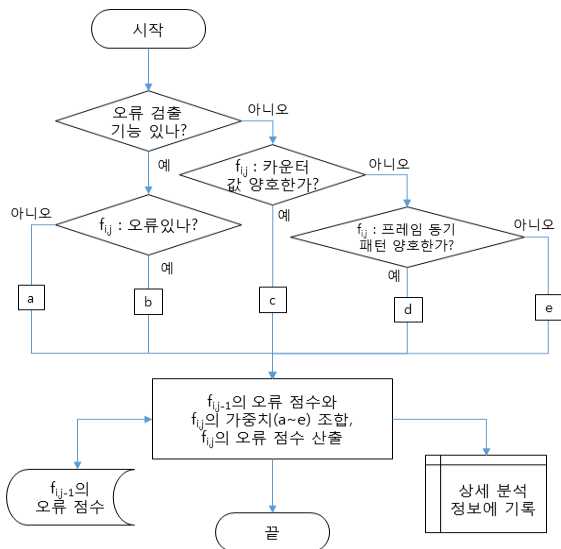


Fig. 5. Flow chart for frame error scoring with weighted of OHP method

3.2 최적 신호경로 탐색 및 2단계 동기화

최적 신호경로 탐색순서는 개략적으로 Fig. 6과 같다. 현재 탐색중인 스트림을 기준스트림(RS, Reference Stream), 그리고 RS 대비 동기화 접점을 찾게 되는 스트림을 테스트스트림(TS, Test Stream)이라 부르자. RS는 현 시점에 데이터 품질이 가장 우수한 신호이고, 신호경로를 탐색함에 따라 바뀔 수 있다.  $f_{i,j}$  프레임의 오류점수를 참조하여 최적 여부를 판단하는데, 프레임 오류점수와 문턱값을 견주어 양호한 프레임으로 판단되면 최적 신호경로에 저장하게 된다. 만약 최적 이 아니거나 이전 동기화 후 일정시간이 경과하였다면 2단계 동기화를 수행한다. 그 결과 처리하던 RS의  $f_{i,j}$  프레임과 동기화 된 상태로 오류점수가 가장 양호한 연속적인 프레임이 있다면, 그 스트림이 새로운 RS로 선택된다. RS가 새로 선택되면 최적 신호경로 탐색 시작부터 반복하게 된다.

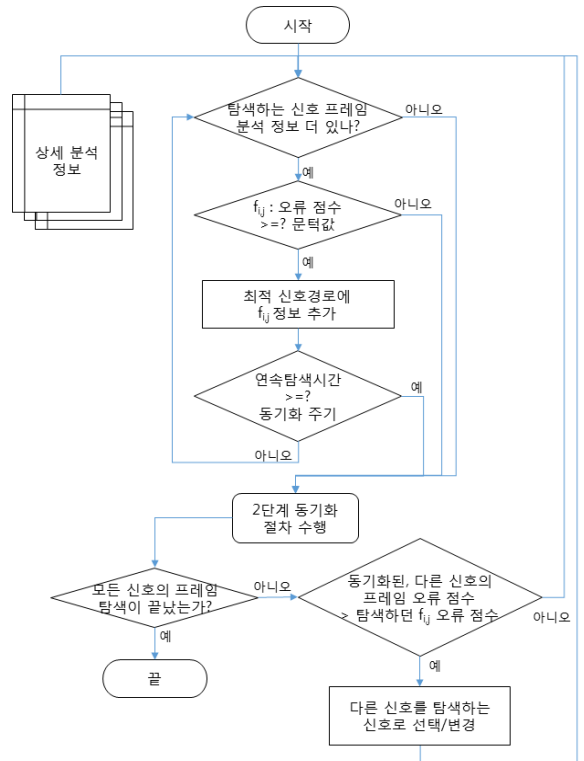


Fig. 6. Flow chart of optimum signal path searching

Fig. 6에서 2단계 동기화는 RS의  $f_{i,j}$  프레임 정보를 기준으로 예비 신호인 나머지 TS들에 대해 연속적인

프레임이 있는지를 확인하는 절차이고, 그 순서도는 Fig. 7과 같다.

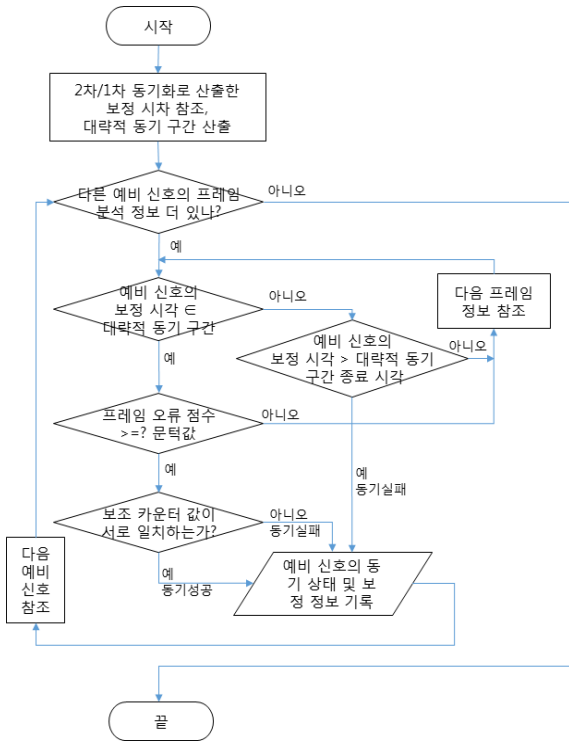


Fig. 7. Flow chart of the 2<sup>nd</sup> synchronization

2단계 동기화를 시작하면, 앞선 2단계 동기화로 보정한 시차 정보 또는 1단계 동기화로 보정한 시차 정보와 탐색중이던 신호의 프레임 시각을 조합하여 예비 신호인 TS에서 예상되는 대략적인 동기화 시각 구간을 산출한다. 여기서 특정한 순간의 시각 정보를 산출하지 않고 구간 시각 정보를 산출하는 것은 다양한 요인에 의해 신호 자체의 기준시각정보가 변할 수 있기 때문에 이로 인한 오류를 제거하기 위함이다. 모든 예비 신호들에 대해 반복적으로 수행되는 2단계 동기화는 분석할 프레임 정보가 더 있는지를 확인하는 것으로 시작한다. 이번 반복 루프에서 선택된 예비 신호의 보정 시각이 탐색하던 신호의 대략적 동기 구간에 포함되면, 예비 신호의 프레임 오류점수가 문턱값 이상인지 체크한다. 여기서 프레임 상태가 양호한 경우에만 보조 카운터 값이 유효하다고 볼 수 있으므로 프레임 오류 상태를 확인한 뒤 보조 카운터 값을 확인하게 된다. RS의  $f_{i,j}$  프레임에 담긴 보조 카운터

값과 일치하는 경우에는 동기를 획득한 것으로 판단한다. 선택된 예비 신호의 프레임 시각이 대략적 동기 구간을 지나치지 않은 경우에는 계속해서 예비 신호의 프레임 정보 기반의 시각 보정 및 비교를 반복하지만, 대략적 동기 구간을 지나친 경우에는 선택된 예비 신호에 대한 동기 획득에 실패한 것으로 판단하게 된다. 동기 획득 성공 또는 실패로 판단되는 경우에는 다음 TS를 예비 신호로 선택하여 2차 동기화를 수행한다. 2차 동기화 절차를 종료하면 Fig. 6의 흐름에 따라 동기화된 예비 신호들 가운데 탐색하던 RS 신호의  $f_{i,j}$  프레임 오류점수보다 나은 것을 선택하여 최적 신호경로 탐색을 지속하게 된다.

#### 4. 최적 혼합 후처리 기법 적용

##### 4.1 기존기술의 문제점 개선 확인

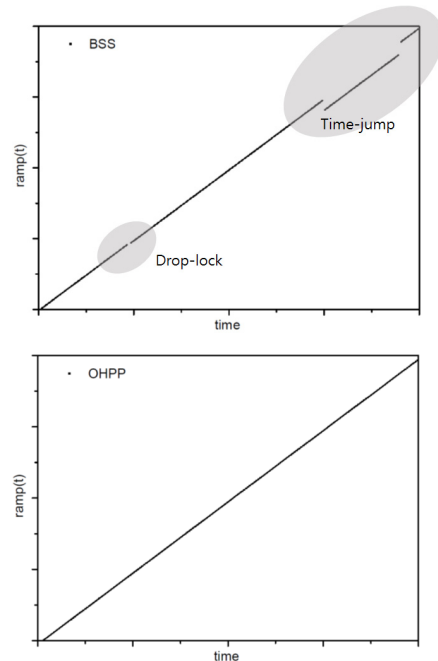


Fig. 8. Improvement of the Time-jump and Drop-lock problems

먼저, 제안한 최적혼합 후처리 기법을 적용하는 경우 기존의 최적신호선택기(BSS) 운용시 발생하는 문제점인 Time-jump와 Drop-lock 현상이 개선되는지를



확인하였다. 이를 위해 비행시험에서 일곱 식의 원격 측정 지상국을 운용하여 획득한 신호를 최적신호선택기에 입력하여 얻은 BSS와 OHPP 기법을 적용한 신호처리 결과중 동일한 시간대의 ramp 데이터를 비교하였다. Fig. 8 상단을 보면, BSS 신호에는 Time-jump와 Drop-lock이 발생하고 있으나 하단의 OHPP 결과에서는 두 현상이 모두 개선되었음을 확인할 수 있다.

4.2 최적 혼합 후처리 기법 적용 및 결과 분석

다음으로 일곱 식의 원격측정 지상국에서 획득한 신호들과 OHPP 기법을 적용한 신호의 프레임 동기 상태를 견주어보았다. 전 비행구간에서 획득한 신호의 프레임 동기 획득 상태를 발사 이벤트 시간( $t_0$ )을 기준으로 정렬하면 Fig. 9와 같다. 각각의 결과에서 상위 레벨은 프레임 동기를 획득하였음을 뜻하고, 하위 레벨은 프레임 동기를 획득하지 못한 상태를 뜻한다. Ant.1, Ant.3과 Ant.7은  $t_0$  이전부터 신호를 획득한 반면 다른 지상국은 그렇지 않다. 이것은 입력된 스트림에 발사 이벤트가 포함되었는지를 확인할 수 없고 이벤트 기준 동기화 실패로 이어질 수 있음을 뜻한다. 마찬가지로 탄착에 해당하는  $t_2$  부근을 보면 Ant.1과 Ant.7은 신호 수신이 종료되었지만 다른 지상국에서는 여전히 신호를 획득하고 있다. 결국, 신호 획득 구간이 서로 다른 지상국에서 획득한 스트림들의 동기를 맞추는 것이 매우 중요함을 확인할 수 있다. 여기서 각각의 지상국에서 신호 획득을 시작하여 종료한 순간까지의 전체 수신 프레임 수 대비 동기상태가 양호한 프레임 수의 비율을 계산하면 Table 1과 같다.

Table 1. Rates of frame sync. in lock

지상국	수치결과(%)	지상국	수치결과(%)
Ant.1	98.852721	Ant.2	88.207107
Ant.3	86.135318	Ant.4	98.595773
Ant.5	91.337131	Ant.6	57.958138
Ant.7	95.929125	OHPP	99.943094

이제, Fig. 9에서 발사 순간인  $t_0$  구간을 확대해보면 Fig. 10과 같은데, 혼합 후처리 관점에서 자료처리에 실제로 기여하는 지상국은 Ant.1, Ant.2, Ant.3, 그리고 Ant.7로 볼 수 있다. 모든 스트림에서 동시에 프레임 동기를 놓치는 경우가 발생하지 않았으므로, OHPP 기법을 적용하여 최적의 결과를 얻을 수 있었다. 이제 원격측정 신호 수신 임무가 종료되는  $t_2$  구간을 보면 Fig. 11과 같다.  $t_0$  구간과 달리 Ant.4부터 Ant.6까지의 신호들은 상당히 양호한 프레임 동기 획득 상태를 보이고 있다. 이에 반해 Ant.1과 Ant.7에서는 이미 신호 획득신호 송출이 종료되는 구간에는 지형적 제약이나 유도무기의 기동상태 등 다양한 원인으로 인해 수신 신호 상태가 급변하게 되어 매 순간 신호 상태가 양호한 지상국은 수시로 바뀌게 된다. 이러한 상황에서도 스트림들 사이에 시각동기와 데이터 동기를 모두 유지하고 있을 때에만 신호를 혼합 처리하는 것이 가능해지는데, 그래프에서 OHPP 결과를 볼 때 최적 혼합 처리 기법이 적용되어 최적의 자료처리 결과물을 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

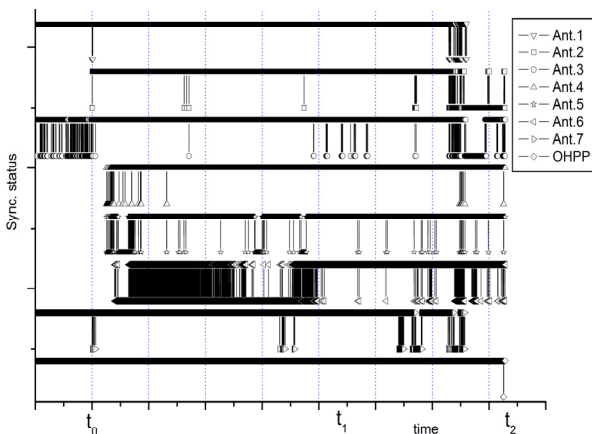


Fig. 9. Overall view of OHPP result

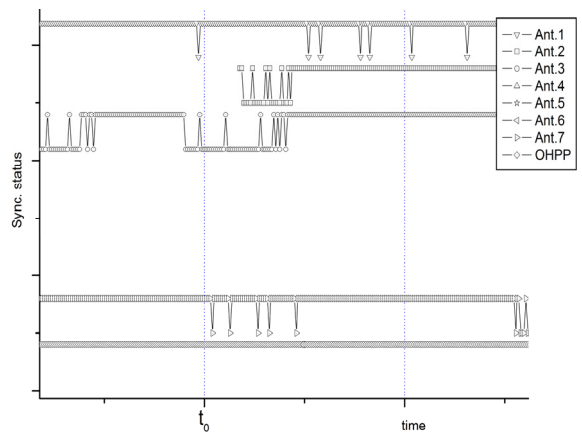


Fig. 10.  $t_0$  zone of OHPP result

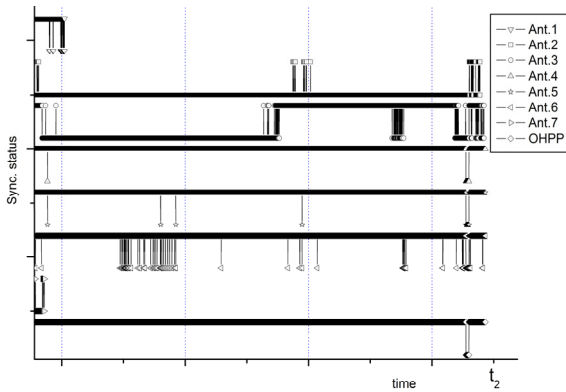


Fig. 11.  $t_2$  zone of OHPP result

여기서 한 가지 주지해야 할 것은 특정 지상국에서 획득한 신호가 매순간 최적의 신호는 아니라는 점이다. Fig. 9에서  $t_1$  구간을 확대하면 Fig. 12와 같고, Ant.3과 Ant.6의 신호를 견주어보자. Table 1에서 확인한 바와 같이 두 신호의 전체 동기상태 결과는 각각 86.135318 %와 57.958138 %로 Ant.3 신호가 월등하게 좋다. 그러나 Fig. 12에서 확인할 수 있듯이 비록 Ant.3의 전체적인 신호 품질은 상대적으로 더 좋지만  $t_1$  구간에서는 Ant.6 신호가 더 좋으므로, 이 구간에서는 Ant.6의 신호를 처리해야 더 양호한 최종 데이터를 얻을 수 있게 된다.

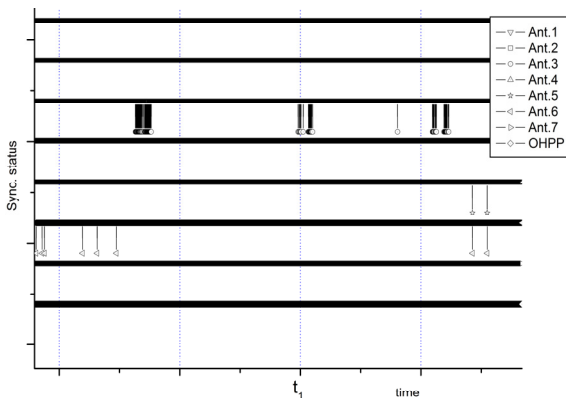


Fig. 12.  $t_1$  zone of OHPP result

## 5. 결론

지금까지 비행체로부터 송출되는 원격측정 신호를

획득하여 그 신호들을 혼합 처리하는 기법에 대해 알아보았다. 독립적으로 운용되는 다수 개의 지상국으로 획득한 신호들은 서로 다른 무선통신채널과 신호경로를 겪게 되고, 서로 다른 특성을 띄게 된다. 본 연구에서는 여러 스트림들을 혼합하여 처리하는 기법에 대해 다루었다. 스트림을 전처리하며 분석정보를 수집하고, 수집한 상세정보들을 기반으로 최적 신호경로를 탐색하는 알고리즘에 대해 알아보았다. 그 과정에서 서로 비동기인 스트림들의 동기를 맞추고, 동기화 상태를 유지하며 처리함으로써 최적의 원격측정 데이터를 획득하는 기법도 제안하였다. 수신 스트림의 특성을 분석하고, 오류 가중치 점수 기법을 적용하여 최적인 신호를 판단하여 선택적으로 처리함으로써 최적 품질의 데이터 결과물을 얻을 수 있었다. 그리고 이 기법을 비행시험 신호에 적용함으로써 데이터 품질이 급격하게 개선됨을 확인할 수 있었다.

## 6. 고찰

본 연구에서 제안한 혼합 후처리 기법은 원격측정 신호 후처리 분야에서 널리 활용될 것으로 기대된다. 그러나 몇 가지 부분에서는 향후 개선 연구가 필요하다. 예를 들어, 프레임의 오류 가중치 점수 기법은 무선통신 상황과 수신신호 특성에 따라 최적일 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 자료처리를 수행하면서 신호 특성에 맞게 프레임 오류 가중치를 되먹임 할 수 있다면 더 양호한 데이터를 산출할 수 있을 것이다. 또한 비트 수준으로 데이터를 비교하고 판단한다면 처리시간은 증가하겠지만, 데이터 품질 향상을 기대할 수 있을 것이다. 그리고 최적 신호경로를 탐색할 때 하나 이상의 경로를 도출하여 경합 과정을 거친다면 더 나은 신호경로를 탐색할 수도 있을 것이다.

## References

- [1] In Jong Kim and Sungpil Lee, "Development of Telemetry Data Processing Program," IEEE 2013 International Conference on Information and Communication Technology Convergence(Jeju), pp. 468-473, 2013.



- [2] Manisha Bhatt, Gopal Patel, and Mukesh Pathela, "Fade Mitigation for Air-to-Ground Communication in Aeronautical Telemetry," *International Journal of Computer Applications*, Vol. 56, No. 6, pp. 0975-8887, Oct. 2012.
- [3] Range Commanders Council Telemetry Group, "IRIG Standard 106-17 Telemetry Standards(Part 1) Chapter 4," July 2017.
- [4] Kwon Soon-ho, et. al., "The Current Situation and Development of Ground Telemetry Station in NARO Space Center for KSLV-II," *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace Vol14-1*, p. 148, 2016.
- [5] Stephen Nicolo, "History and Advantages of Best Source Selection for Today's Modern Telemetry Applications Along With the Benefits of Different Approaches," *The European Test and Telemetry Conference 2018*, p. 49, 2018.