

实时遥测原始数据对接方法的研究与应用

舒传华, 王竞克, 崔俊峰
(太原卫星发射中心技术部 太原 030013)

摘要: 实时遥测数据处理系统借鉴了事后处理中多站原始数据对接设计思路, 实现了实时遥测原始数据对接。实时对接数据处理具备了实时处理的速度和事后处理的质量, 提供了一种全程连续的结果, 并能克服部分设备数据散乱造成的参数误解问题, 更好地满足了任务需求。实时对接技术是实时遥测数据处理系统中的亮点和难点, 本文提出并实现了以遥测数据帧为粒度的实时多站遥测原始数据对接方法, 分析了实时对接中面临的现实问题和困难, 给出了方法实现的关键步骤、核心算法和具体流程, 并指出了与事后对接的相同点和不同点及难点。最后, 对方法的应用效果分别同单站设备结果、事后对接结果进行了对比分析, 对比结果表明了该方法的可靠性、有效性和鲁棒性。该方法已多次应用于实时任务中, 效果良好。

关键词: 实时数据处理; 预处理数据; 遥测副帧; 实时对接; 事后对接

中图分类号: V557+3; TN919.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-1000(2023)04-0056-07

DOI: 10.12347/j.ycyk.20221206001

引用格式: 舒传华, 王竞克, 崔俊峰. 实时遥测原始数据对接方法的研究与应用[J]. 遥测遥控, 2023, 44(4): 56-62.

Research and application of the real-time telemetry original data connecting method

SHU Chuanhua, WANG Jingke, CUI Junfeng

(The Technology Department of Taiyuan Satellite Launch Center, Taiyuan 030013, China)

Abstract: The real-time telemetry data processing system has realized the real-time origin data connecting based on design idea of post-mission data connecting. The real-time connected data processing has the speed of real-time data processing and the quality of post-mission data processing, and offers the whole course result, and can resolve parameters wrongly due to scattered data, so it can better satisfy the task demands. Owing to the real-time data connecting method which is brilliant and difficult in the real-time processing, the paper puts forward and carries out the real-time telemetry original data connecting method for many devices, and analyzes the realistic problems and difficult in the connecting course, and offers the key steps, core algorithm and the concrete flow of the method, and points out the difference and difficulty with the post-mission data connecting method. At last, its application effect has been compared with the post-mission connected data result and single device data result, and compared results show the reliability, efficiency and robustness of the real-time telemetry original data connecting method, which has been used in data processing in many tasks and has received perfect effect.

Keywords: Real-time data processing; Pretreatment data; Telemetry subframe; Real-time data connecting; Post-mission data connecting

Citation: SHU Chuanhua, WANG Jingke, CUI Junfeng. Research and application of the real-time telemetry original data connecting method[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2023, 44(4): 56-62.

引 言

在卫星发射等任务中, 实时遥测数据处理系统^[1-7]负责运载火箭和卫星遥测参数的实时处理。近年来, 实时遥测数据处理瞄准任务多样化需

求, 以准确、快速、全面地为飞行指挥决策、飞行态势感知、任务结果快速评定、问题分析、故障定位等提供数据信息服务为目标, 积极围绕提高实时遥测数据处理结果质量^[8-13]开展了研究工作。针对以往的实时遥测数据处理系统只包括各

单站遥测设备数据处理和各单站处理结果,本质上处理结果为单站结果在各个时段的拼接,参数结果质量容易受单站数据散乱影响且结果在各单站切换时易出现重点或漏点现象。通过分析总结事后结果质量更好的原因,发现基于单帧质量最优的遥测多站数据自动对接方法^[14]是提高事后结果质量的关键举措。因此,通过借鉴使用事后多站原始数据对接方法实时化的处理理念,提出和实现了以遥测数据帧为粒度的实时对接方法。

在实时任务中,对接处理流程为:实时接收、预处理^[14]、缓存、对接、处理参数、发送结果,相比单站数据处理流程多了一步对接。单站处理在系统中断信号到来时(中断周期信号由系统统一设定),处理中断间缓存的对应设备预处理数据;而对接处理在中断信号到来时,先对接各单站缓存的预处理数据,即先利用各单站设备数据进行对接处理,产生虚拟设备数据(称对接数据,下同),后续参数处理等同单站设备一样。另外,由于实时传输网络时延^[15,16]通常在 XX ms以内,即同一时刻接收到的各站数据时差在 XX ms以内,结合多站对接的意义,即充分利用多站数据冗余优势,使对接数据质量达到最好,因此,在每次中断对接时,受各站实时数据传输时延不确定性和数据质量不确定性等影响,支队接到当前时的前 XX ms处,即对接数据结果比单站结果延迟 XX ms。因为需要考虑对接数据每帧质量的最优性,所以对接结果的延迟无法避免,但可以随着硬件性能升级不断缩小,且这种时延除了对个别对时延要求特别小的应用有影响以外,并不影响其他应用。因此,实时对接数据处理利用了多站设备数据冗余优势,消除了单站设备散乱数据的影响,产生了一种全程连续的基于单帧质量最优的原始数据,从而提高了实时数据处理结果的质量,为指挥决策、态势感知、快速评定、问题分析、故障定位等提供了更可靠、更好的数据支撑。

综上所述,实时对接处理是当前实时遥测数据处理系统的重要组成部分,其中的多站原始数据实时对接方法是实时对接处理的核心。因此,本文在充分分析实时对接面临问题的基础上,详细介绍了该方法的实现过程及其中包含的核心算法,并对方法的应用效果进行了对比分析。

1 实时对接面临的问题

在任务中,实时接收、实时预处理各单站设备测量的原始数据。在每个中断开始时刻,利用中断间缓存的各站预处理数据和上次对接余下的预处理数据再进行对接。实时对接不同于已收到完整数据前提下的事后全程对接,实时分包接收和分时段(中断信号间隔时段,下同)对接是整个对接的鲜明特点,这给实时对接带来了一系列新的现实问题和困难。在对接过程中,必须深刻认识这些问题,找到合适的方法进行解决才能确保对接质量。这些新的现实问题和困难主要表现为:

① 实时不确定性。实时对接时要考虑各站设备数据实时传输的不确定性,即是否一定能收到某站设备传输的数据是不确定的,且接收时会不会丢部分数据,丢什么时刻数据或具体可能会丢多少数据也是不可确定的,对接时必须考虑这些不确定性。

② 实时不同步性。当实时接收、预处理并缓存至中断信号到来进行数据对接时,在该对接时段,接收到的各站最后几帧数据由于网络时延等因素,很可能不是同一数据,具体表现在数据时间上或内容上是不同步的;针对不同步性,必须提出解决办法,使每段对接数据的每帧质量都达到最优,才能实现对接的意义。

③ 实时不连续性。由于不同传输方式网络时延^[6,7]相差明显,当某站数据传输平面突然改变时,很可能导致该站数据的前后不连续性。针对这种情况,很可能出现该站的前几帧数据在上一对接时段已经对接输出过的现象,因此本段数据对接时不应再考虑这几帧数据的对接,否则对接数据中将会出现重帧现象,或出现时间倒流现象。所以,针对这种现象,实时对接应考虑各站各段参与对接数据各帧与上一段对接数据的关系,以免出现重帧或时间倒流等现象。

2 实时对接方法

在事后对接中,通常采用基于单帧质量最优的遥测多站数据自动对接方法^[14],而在实时对接中,在每个中断开始时刻,利用中断间缓存的各站预处理数据和上次对接余下的预处理数据进行对接。每段对接过程中,除了要实现事后对接方法中的关键步骤外(如散乱数据的自动判别、原始

帧计数质量统计、多站数据帧计数统一修正和对接数据时间统一修正等), 还需要着重解决段与段之间数据的衔接性、多站数据的同步性等关键性问题和难题; 另外, 在实现对接的某些关键步骤时, 其具体方法相对事后对接, 还需要做针对性改进和完善等。

实时对接方法的关键步骤主要有:

① 对接开始的判定即原始帧计数统一修正基准的确立。

② 原始帧计数统一修正。

③ 原始帧计数质量统计。

④ 段段衔接处理。

⑤ 多站数据对接。

2.1 对接开始的判定

对接开始的判定就是找到原始帧计数统一修正基准, 基准一旦确定, 实时对接就开始, 数据实时处理也就开始。

所谓原始帧计数统一修正基准, 是指遥测数据处理应用程序启动后, 在每个中断时段内, 在各站预处理数据缓存中按各站排序依次搜索哪站数据首先满足原始帧计数统一修正基准条件, 即该站这段预处理数据中存在连续 P 帧帧头时间与帧计数逻辑关系正确 (P 通常取大于 3 的常值), 即连续 P 帧中, 帧头时间每增加一个帧周期, 对应帧的帧计数加 1, 那么就认为这连续 P 帧数据是可信的, 它们的帧头时间与帧计数都是正确的。因此, 这 P 帧数据的帧头时间与帧计数就成为整个对接过程中帧计数统一修正的基准, 这站设备称为对接基准站。

对接基准站确定后, 若连续 P 帧不是出现在该段预处理数据的段头, 去掉连续 P 帧出现之前的数据, 将去掉后的预处理数据作为该站参与对接的第一段数据, 以确保段头数据是可信的, 其帧计数和帧头时间是作为修正基准的。若该中段内仍未建立对接基准, 各站预处理数据缓存只留下最后 $P-1$ 帧预处理数据, 和下一中断到来时获取的预处理数据合并后再作为判定的数据。

在对接开始判定中, 按各站排序依次搜索对接基准站, 而不是指定首区某站设备作为对接基准站, 就是充分考虑了实时不确定性, 因为倘若指定的对接基准站出现数据传输异常等问题时, 无法确定原始帧计数统一修正基准, 对接则不开始, 将造成整个处理不开始的严重后果。

2.2 预处理数据对接前处理

2.2.1 各站预处理数据帧计数统一修正

确定对接基准站后, 就要对各站各段预处理数据进行帧计数统一修正, 这里主要分为以下两种情况:

① 第一段对接时各站预处理数据原始帧计数修正。

找到对接基准站对应的中断时段, 即为对接第一段。对于该段各站预处理数据原始帧计数修正, 以对接基准站预处理数据第一帧的帧计数和帧头时间作为基准, 其他每一帧的帧计数修正原则为: 利用和前一帧帧头时间差确定两帧的帧计数差, 从而获得该帧帧计数修正值。该段数据帧计数修正完毕后, 记下该段预处理数据各帧的帧头时间和相应修正后的帧计数, 作为它的修正记录, 同时最后一帧修正记录还作为该段修正后的段尾记录, 段尾记录针对该段对接数据, 而不针对那个站。这些记录将用于其他各站帧计数修正、段段衔接处理和多站对接中, 设置段尾记录的作用将在下面阐述。

② 非第一段对接时各站预处理数据原始帧计数修正。

针对非第一段对接时各站预处理数据原始帧计数修正, 它的帧计数修正基准优先采用上一段该站最后一帧修正记录, 但当该基准的时间与上一段段尾记录时间相差较大时 (比如 500 s), 改用上一段段尾记录作为修正基准, 修正原则同上。修正完毕后, 记下该段的修正记录, 同时更新段尾记录, 这些记录将用于其他各站帧计数修正、段段衔接处理和多站对接中。

设置段尾记录, 也是针对实时不确定性因素采取的一个解决措施, 因为各站数据很可能由于散乱出现中断现象。总之, 从修正基准的选择看出, 希望修正基准尽可能地接近被修正数据, 这样才可能避免间隔过长时间的无线电波传输时延可能造成的修正误差, 这也是为什么不用对接基准站第一帧的修正记录作为整个对接过程原始帧计数修正基准的原因。

2.2.2 各站预处理数据原始帧计数质量统计

在事后基于单帧质量最优的遥测多站数据自动对接方法中, 已经讨论过原始帧计数质量因子对接数据质量的作用, 该因子同样对实时对接数据质量起重要作用。在实时原始帧计数质量统

计时,总的统计思路与事后对接一致,均采用上下帧帧头时间差与上下帧计数差之间的关系进行判别^[14]。具体在原始帧计数质量统计时,由于不能像事后对接那样,先判别清零帧发生时刻然后再对接,在实时处理中基于统计学的思想对事后判别方法进行改进,即判原始帧计数与其前一帧或后一帧帧计数差关系与相应两帧帧头时间差关系是否一致,至少存在一个一致时就判该原始帧计数正确,否则不正确。利用该帧与前一帧和后一帧两帧的关系,能有效避免清零帧的影响。其中,判各段预处理数据第一帧原始帧计数质量时,利用了该站上一段段尾最后一帧数据帧计数修正记录;最后,若上一段段尾最后一帧数据的原始帧计数被判不正确,将其用该段第一帧数据再判一次,若正确,将修改上一段段尾最后一帧数据的原始帧计数质量记录,这是考虑到该站上一段最后一帧数据可能还需要参与后续对接的缘故。判别完成后,记下该段预处理数据的原始帧计数质量,记录将用于后面多站对接步骤。

2.3 拼上上一段段尾

每段对接时,将各站参与对接的预处理数据在头部拼上上一段对接后剩下的预处理数据,作为该时段各站参与对接的预处理数据;同时各站原始帧计数修正记录和原始帧计数质量记录也在头部拼上对应上段剩下的相应记录。其中,在拼段尾时,需要考虑第1节阐述的实时不连续性,需确保拼后的数据不能出现重数或时间倒流现象,以免影响后面多站对接步骤。

2.4 各段多站对接

2.4.1 确定该段对接处理的帧计数范围

① 确定下限边界,记为 SID_{\min_cur} 。

已知上一段对接输出数据的最大帧计数(修正后),记为 $SID_{\max_output_last}$,针对第一段对接,该值设为0;设有 $N(N>0)$ 站预处理数据参与该段对接,其中各站预处理数据修正后帧计数的最小值记为 $SID_{\min_dev_i}(i=1\cdots N)$,则

$$SID_{\min_cur} = \max \left\{ SID_{\max_output_last} + 1, \dots, \min \left\{ SID_{\min_dev_1}, \dots, SID_{\min_dev_N} \right\} \right\}$$

② 确定上限边界,记为 SID_{\max_cur} 。

上述参与该段对接的 N 站预处理数据修正后帧计数的最大值分别记为 $SID_{\max_dev_i}$,该对接段所在中断信号对应的精准北京时记为 t_{beijing} ,通过时间换

算($t_{\text{beijing}} - XX$)所对应的修正后帧计数(XX ms为上述提到的最大网络时延),记为 $SID_{t_cur_xx}$,则

$$SID_{\max_cur} = \min \left\{ SID_{t_cur_xx}, \dots, \max \left\{ SID_{\max_dev_1}, \dots, SID_{\max_dev_N} \right\} \right\}$$

其中,该上限边界也称该段同步上限边界,同步是基于最大网络时延 XX ms给出的,即此时前 XX ms的各站数据是同步的,均已到齐,同步上线前的对接数据是充分利用最多站数据对接的最佳结果,之后的预处理数据作为段尾留给下一段再对接。这里特别指出,当前采用的最优数据帧搜索算法^[14]并不需要所有设备数据都到齐才能获取最优帧,所以对接结果输出上限也可定为同步上限边界与上限之后存在的连续若干最优帧之和,扩大输出上限时特别强调从同步上限边界开始(含同步上限边界)最优数据的连续性;通过最大限度提高每段对接结果输出上限可以减小结果时延,因为很多时候实际时延要比最大时延小很多,尤其是具体到某单站时延可能更小,且数据质量又好,没必要再等其他设备,这样对接结果能出得更快,最快可以和单站一样;但是,针对每段对接数据,这部分若干最优帧数量可能都不一样,它受实时传输时延和数据质量不确定性影响,即扩大输出上限后对接数据处理结果时延变得不固定。

2.4.2 多站数据对接

利用各站预处理数据及其相应记录,采用基于单帧质量最优的多站数据对接算法^[14],生成该段对接处理帧计数范围内的对接数据,并记下该段对接数据的修正后帧计数最大值;其中具体的基于单帧质量最优的搜索判别算法、对接数据时间统一修正方法同事后对接中采用的算法。

2.5 留下各站段尾

将该段对接输出数据的最大帧计数(修正后)记为 $SID_{\max_output_cur}$,设段尾阈值为 $SID_{\text{tail_threshold}}$,则

$$SID_{\text{tail_threshold}} = \max \left\{ SID_{\max_output_cur}, SID_{\max_cur} - 1 \right\}$$

以此阈值为边界,再获取各站其副帧计数(修正后)大于等于此边界的预处理数据,作为该段对接后留下的段尾数据,以及其对应的原始帧计数修正记录、原始帧计数质量记录;若留下的段尾为空,则留下该段最后一帧预处理数据及相应记录。

综上,上述各段对接范围的处理和留下段尾的处理,就是针对实时数据不同步性提出的有效解决举措,这样就能使对接结果最优,实现多站对接的意义,即充分利用多站数据冗余优势,使

对接数据质量达到最好。不然, 若对接到各站帧计数的最大值时, 各站到的数据有多有少, 那些晚到的各站数据将不能再参与对接, 这等于扔掉了部分数据, 违背了多站对接的意义。通过留下各站对接剩余的数据, 参与下一时段数据对接, 这样不丢下任何一帧数据, 使整个对接连续, 不再受实时不同步性影响, 确保实现多站对接的意义。

段衔接处理是实时对接中最重要最关键的步骤, 其中设计的留、拼段尾策略及提出的留多少段尾算法是核心技术, 它有效解决了实时对接时多站数据不确定性、不同步性和不连续性问题。

3 实时对接流程

结合上述对接方法实现的五大关键步骤, 本文提出的实时遥测原始数据对接方法主要采用分时段(每中断周期)对接模式, 依靠各段基于单帧质量最优的多站数据对接处理和段段之间的衔接处理, 实现各段对接结果数据的质量最优, 从而实现整个处理过程的对接数据最优。其主要流程如下, 对应流程图如图 1 所示。

- ① 实时对接收的各站原始数据进行预处理^[4], 并缓存处理后的预处理数据。
- ② 每次中断信号到来时, 先判断对接处理是否已开始, 若已开始, 进入下一步; 否则, 针对该段缓存的各站预处理数据, 按照 2.1 节阐述方法, 判定对接基准站, 对接基准站确立后, 整个对接处理开始, 否则重复该步骤, 直至基准站确立。
- ③ 确立对接基准站后, 按照 2.2 节阐述方法, 对各段各站预处理数据进行原始帧计数统一修正和原始帧计数质量统计, 并记下相应的记录。
- ④ 准备好每段各站参与对接的预处理数据后, 按照 2.3 节阐述方法, 在各站预处理数据头部拼上上段对接后留下的段尾数据, 同时相应记录也在头部拼上上段段尾对应记录。
- ⑤ 利用拼上上段段尾后的预处理数据和相应记录, 按照 2.4 节阐述方法, 先确定该段对接处理的帧计数范围, 然后对该段参与对接的各站预处理数据, 利用基于单帧质量最优的多站数据对接算法进行对接处理, 生成对接数据。
- ⑥ 生成各段对接数据后, 按照 2.5 节阐述方法, 先获取该段对接后留尾的边界, 以此边界再留下该段各站段尾数据及其对应的记录, 供下一

段对接时使用。

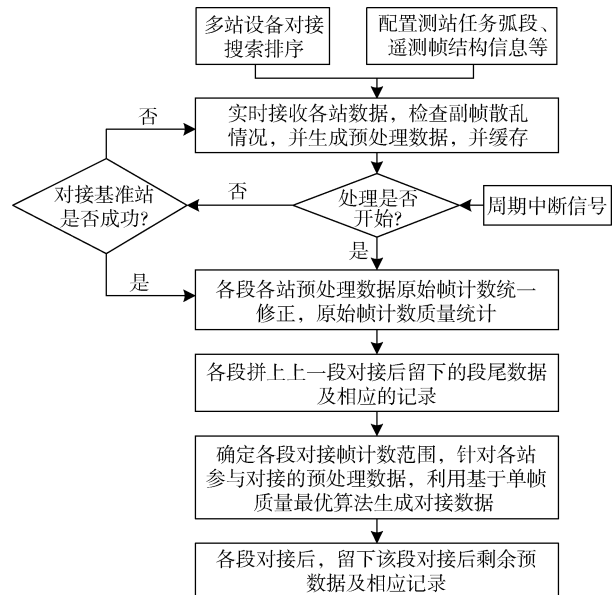


图 1 多站遥测数据实时对接方法流程

Fig. 1 The flow chart of the real-time telemetry data connecting method

4 与事后对接方法比对分析

从方法流程中可以看出, 在实时对接过程中, 从获取原始数据到每段对接结束主要经历五大步骤, 下面介绍在这些步骤中两种对接所采用方法的异同点。

- ① 原始数据预处理。进行遥测数据副帧质量检查, 去除散乱数据, 生成副帧周期合理、结构完整的预处理数据。此步骤中两种对接采用的方法一致, 即各站散乱数据的自动判别方法^[4]。
- ② 对接基准站判定。在此判定中, 两种对接采取的判定原则不一致。事后对接中, 通过预处理已知道各站设备数据的质量, 通常指定首区中某站设备即可; 在实时对接中, 由于实时不确定性, 无法指定基准站, 需按照第 2.1 节中阐述方法进行判定。
- ③ 各站预处理数据原始帧计数统一修正。总的修正思路一致, 均采用基于地面接收时间的多站数据帧计数统一修正方法^[4]。但是, 在实时对接中, 统一修正方法更复杂, 考虑的情况更多, 这是因为需要考虑各站各时段数据的统一修正, 具体修正方法见第 2.2 节; 而事后对接只需在确定基准站后, 其他各站以已设定的顺序依次进行修正即可。

④ 原始帧计数质量统计。总的统计思路一致，均采用上下帧帧头时间差与上下帧计数差之间的关系进行判别^[14]。只是针对实时对接特点，对帧计数质量判别方法进行了改进，由事后对接中采用的与上一质量好的帧之间的关系改进为与上下两帧之间的关系。其中，事后判别方法是在提前判出清零帧的情况下再判与上一号帧之间的关系，这种方法能判准任何一帧原始帧计数质量；改进的实时对接判别方法简单有效，但也可能存在个别帧的帧计数质量误判，比如该帧的上下帧原始帧计数质量都不好，而该帧的原始帧计数质量却好，用这种方法就会误判出该帧质量不好，虽然这是小概率事件，但也有可能会发生。但通过实践应用也发现，个别帧计数误判是小概率事件，出现得极少，且不至于从根本上影响对接数据的质量，对接出的数据总体质量还是相当高的，基本上和事后对接一致。

⑤ 段段衔接处理。准备开始多站数据对接前，各站数据需要拼上上一段段尾数据，再确定该段对接帧计数范围，从而确立各站该段实际参与对接的数据，生成各段对接数据后，再获取该段对接后留尾的边界，并以此范围留下该段对接后剩下的数据。该步骤是实时对接中最重要最关键的步骤，也是实时对接特有的步骤，事后对接只相当于整个作为一段来对接，不存在段段衔接问题。

⑥ 基于单帧质量最优进行多站同步数据对接。利用各站各时段实际参与对接的数据，从各站中选用优先级最高的相应站单帧生成对接数据。其中具体的基于单帧质量最优的搜索判别算法、对接数据时间统一修正方法同事后对接中采用的算法，分别见基于单帧质量最优的搜索判别某一副帧算法^[14]、基于飞行器内时统的对接数据时间统一修正方法^[14]。

由以上比对分析可知，相对事后对接，实时对接方法复杂在对接基准站判定、原始帧计数统一修正、帧计数质量统计和段段衔接处理中；困难在针对实时对接面临的问题，在方法实现过程中需要给出具体有效的解决办法；最本质差别在于需要解决多站数据分段对接带来的问题。在段段衔接处理中，通过设计的留、拼段尾策略及提出的留多少段尾算法，有效解决了实时对接时多站分段数据不同步性等问题，实现了多站对接的意义。最后，通过比对也看出，两者对接方法总框架

设计是一致的，实时对接充分借鉴了事后对接方法中的很多理念和思路，实时对接是事后对接方法对实时数据的对接改进，是事后基于单帧质量最优的遥测多站数据自动对接方法的扩展延伸。

5 实时对接效果分析

5.1 与事后对接效果比对分析

下图给出某次卫星任务中实时、事后对接方法对各单站数据的使用比对情况，其中图2给出全时段对接数据对各设备数据的使用情况，图3只给出部分时段使用情况，这样比对更直观。图中横坐标表示对接结果数据的时间，纵坐标表示对接数据中各单帧数据对应的设备序号。

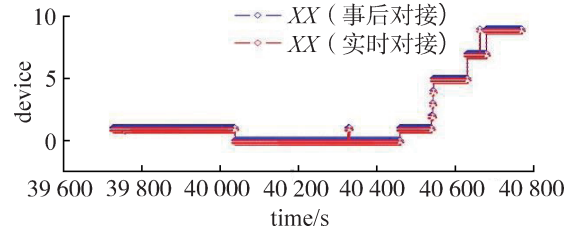


图2 两种对接对各站使用情况比对(全程)

Fig. 2 The contrast of the two connecting methods about using each device data(all)

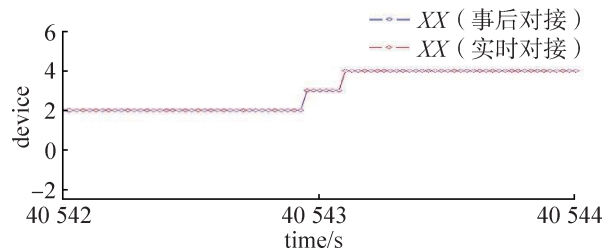


图3 两种对接对各站使用情况比对(局部时段)

Fig. 3 The contrast of the two connecting methods about using each device data(local)

由图2和图3可知，实时对接与事后对接所选用的单站基本一致，即两种方法对接的结果数据基本一致，说明了实时对接方法可靠、有效，能达到事后对接的效果。当然，由于实时网络接收数据存在许多不确定性，在某些时段两种对接方法在各单站数据的使用上可能存在差异，但此时对接数据也可能还是一致的；另外，由于客观存在的网络丢数据包等因素，可能造成在某些极少时刻实时对接数据质量比事后对接数据质量差。针对这种情况，可以从改善硬件或整个网络传输

质量上进一步确保少丢或不丢数据, 从而使实时对接数据质量尽一切可能达到事后对接效果, 保证和提高对接数据质量, 也就保证和提高了实时处理结果的质量。

5.2 与单站处理结果比对分析

在实时任务中, 常常出现单站设备数据乱码导致提前解出错误的时间参数情况, 甚至会影响重要事件的判别, 给实时飞行指挥决策、飞行态势感知带来不利影响; 出现这些情况时, 使用一台数据良好的设备, 对接处理通过算法自动识别, 采用数据质量好的设备数据, 即能有效避免误解算情况。另外, 对接数据处理参数结果是一种全程连续的数据结果, 且通过内时统修正后的参数时间更合理、更准确, 有利于参数结果在多方之间传递使用, 避免了在多个单站间切换才能获取全程参数结果等问题。

6 结束语

本文提出并实现了实时遥测原始数据对接方法, 分析了实时对接中面临的现实问题和困难, 给出了方法实现的关键步骤和具体流程, 并针对提出的问题和困难, 给出了具体有效的解决办法。在段段衔接处理中, 通过设计的留、拼段尾策略及提出的留多少段尾算法, 有效解决了实时对接时多站数据不同步性带来的问题, 实现了多站对接的意义。最后, 指出了与事后对接方法的相同点和不同点及难点, 并对方法的应用效果分别同单站设备结果、事后对接结果进行了比对分析, 结果表明了该方法的可靠性、有效性和鲁棒性。

实时对接方法已多次应用于实时任务中, 效果良好, 有效提高了实时数据处理结果的质量, 提升了实时数据处理水平, 为指挥决策、态势感知、快速评定、问题分析、故障定位等提供了更可靠、更好的数据支撑, 更好地满足了任务需求。该方法的提出和运用, 充分借鉴了事后对接方法中的很多理念和思路, 是事后对接方法的扩展延伸, 是事后数据处理方法实时化的有益探索和成功实践。

参考文献

- [1] 陈以恩. 遥测数据处理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [2] 刘蕴才. 遥测遥控系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.
- [3] 杨延军, 陈伟利, 王广成, 等. 靶场数据处理技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [4] 李邦复. 遥测系统[M]. 北京: 宇航出版社, 1997.
- [5] 邵发声, 戴建平, 张耀, 等. 运载火箭遥测系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [6] 中国人民解放军总装备部. 遥测数据处理[S]. 北京: 总装备部军标出版发行部, 2004.
- [7] 穆山. 运载火箭控制系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [8] 吕治国. 智能化多站遥测数据处理系统[J]. 遥测遥控, 2017, 38(4): 9-19.
LYU Zhiguo. Intelligent multi-station telemetry data processing system[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2017, 38(4): 9-19.
- [9] 赵圣占, 杨若红. 靶场遥测数据处理方法的分析研究[J]. 信息技术, 2016, 10(1): 129-135.
ZHAO Shengzhan, YANG Ruohong. Analysis and research on method of telemetry data processing in range[J]. Journal of Information Technology, 2016, 10(1): 129-135.
- [10] 于长海, 许圣涛, 石玉华. 多站遥测数据处理中的数据融合方法研究[J]. 遥测遥控, 2018, 39(1): 47-56.
YU Changhai, XU Shengtao, SHI Yuhua. Intelligent multi-station telemetry data processing system[J]. Journal of Telemetry, 2018, 39(1): 47-56.
- [11] 孙喜, 谢会琴. 遥测多台车记录参数信息融合方法及实现[J]. 导弹试验技术, 2009(2): 68-70.
- [12] 邵四海. 遥测数据处理中多源数据融合处理方法的探讨[J]. 导弹试验技术, 2007(4): 59-63.
- [13] 舒传华, 王竞克, 唐海波等. 基于遥测全帧的延时数据弥补方法研究与应用[J]. 遥测遥控, 2016, 37(4): 14-19.
SHU Chuanhua, WANG Jingke, TANG Haibo, et al. Research and application of the remedy method using delay data based on telemetry frame[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2016, 37(4): 14-19.
- [14] 舒传华, 孙喜, 崔俊峰, 等. 基于单帧质量最优的遥测多站数据自动对接方法[J]. 遥测遥控, 2014, 35(6): 50-55.
SHU Chuanhua, SUN Xi, CUI Junfeng, et al. The method for connecting telemetry data streams automatically based on each top-quality frame[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2014, 35(6): 50-55.
- [15] 申普兵, 刘红燕, 梁璟, 等. 计算机网络与通信[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
- [16] 王丽娜, 王兵, 周贤伟, 等. 卫星通信系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.

[作者简介]

舒传华 1981年生, 硕士, 工程师, 主要研究方向为数据处理。

王竞克 1983年生, 硕士, 工程师, 主要研究方向为测量控制。

崔俊峰 1978年生, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为测量控制。

(本文编辑: 潘三英)