

基于分层的一体化通信电台数据采集系统设计

云超, 谭志强, 蒋攀攀, 鲁航, 周超

(中国人民解放军 63891 部队, 河南 洛阳 471000)

摘要: 为满足通信对抗装备对抗效能评估或通信对抗训练演习效果评估需求, 提出了一种基于分层的通信电台数据采集系统设计, 通过采集通信电台物理层、链路层、网络层的工作参数和状态参数, 能够实现电台数据采集存储, 并依据不同层次的采集数据实现不同层级的评估功能, 该系统以车载多通道通信电台为采集对象, 采用了实装电台与采集存储系统一体化集成设计思路, 详细给出了采集系统软硬件设计方案, 试验结果表明: 该系统能够采集不同类型自组网电台数据, 并为通信对抗装备效能评估提供不同类型和不同层次的数据, 采用一体化设计思路提高了通信电台数据采集的便捷性和采集效率。

关键词: 效能评估; 通信电台; 采集存储; 工作参数

Design of Integrated Radio Data Acquisition System Based on Layers

YUN Chao, TAN Zhiqiang, JIANG Panpan, LU Hang, ZHOU Chao

(Unit 63891 of PLA, Luoyang 471000, China)

Abstract: In order to meet the requirements of evaluation on communication countermeasure equipment effectiveness and countermeasure training exercise effect, a radio data acquisition system design scheme based on layers is proposed, by collecting the radio data working and status parameters of physical layer, link layer, network layer, which realizes the radio data acquisition and storage, and the assessment function of different levels is realized by the acquisition data of different layers. This system takes the vehicle mounted the multi-channel communication radio as the acquisition object, the idea of integrated design is adopted for a vehicle radio and an acquisition and storage system, the scheme of software and hardware design is given in detail, The test results show that the system can collect different types network radio data, which can provide the support to different types and different levels data. The integrated design can improve the convenience and acquisition efficiency of the radio station data acquisition.

Keywords: effectiveness evaluation; radio station; acquisition and storage; working parameters

0 引言

战术通信对抗已成为现代化战争胜负的重要因素之一, 近年来, 新的战术理论和对抗装备不断涌现, 战术通信对抗装备已经覆盖了通信装备的全频段, 目前, 世界各个国家特别是军事强国都在致力于通信电子对抗领域的新技术、新装备的发展, 进而在各种军事行动中夺取电磁频谱优势。为评估新型通信对抗装备的作战效能, 研究设计了一套基于分层的一体化电台数据采集评估系统, 该系统能够采集不同波形的车载电台不同层级的数据, 为后续效能评估提供数据支持, 该采集系统与车载多通道电台采用一体化设计思路, 能够对新型车载多通道自组网电台进行在线实时数据采集及离线综合分析, 本文介绍了基于分层的一体化电台数据采集评估系统设计方案, 给出了系统总体设计, 详细论述了系统硬件设计和软件设计, 该设计能够为新型通信对抗装备作战效能评估或新型通信电台抗干扰训练提供支撑。

1 系统总体设计

基于分层的一体化电台数据采集系统与车载多通道电台采用一体化设计思路, 可采集整个车载电台网络中产生

的各种数据业务, 实时回传各节点的业务信息, 并能够根据采集终端要求对产生的数据进行收集、处理和分析, 对各业务点的收发信息进行对比分析, 评估网络的性能, 并根据指标评估模型进行定性分析和定量计算, 为通信对抗装备的作战效能或通信部队训练演练提供评估依据。

数据采集评估系统分服务器设备和终端设备, 服务器设备配置在标准的机柜中(通常位于整个网络管理节点车上), 与车载多通道电台通过有线网络进行连接, 终端设备配置在各个车载电台节点车上, 与各个车载电台设备通过数据线、音频线、控制线等进行连接^[1-3]。

1.1 功能要求

与传统通信电台采集系统相比, 新体制自组网电台通常采用软件无线电通信体系架构(SCA), 其需要采集的信号主要特点如下:

1) 各种自组网波形不仅需要采集物理层信号, 更需要采集接入和组网的各层相关协议及表单, 因此需要在硬件平台和波形中设计相应多层的信号采集接口;

2) 各种自组网波形的工作模式多样, 其物理层带宽、调制方式、信道接入方式等不尽相同, 尤其是基于定向天线的自组网波形物理层传输采用了基于时变的方向性天线,

收稿日期: 2022-06-10; 修回日期: 2022-07-11。

作者简介: 云超(1983-), 男, 陕西宝鸡人, 博士, 工程师, 主要从事通信及通信对抗方向的研究。

引用格式: 云超, 谭志强, 蒋攀攀, 等. 基于分层的一体化通信电台数据采集系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(2): 161-166, 184.

因此在信号采集时需要专门记录相关信息；

3) 各种自组网波形（特别是高频段、宽带自组网波形）的信号带宽和传输速率较高，采集数据量巨大，因此不仅需要扩展采集设备的存储容量，也需要设计相应的采集触发条件及策略，提高信号采集的有效性。

因此，对于基于分层的一体化通信电台数据采集系统，多通道自组网电台台中不同波形是同时工作的，因此，需要采用统一的协议和机制，实现对不同波形的信号采集，从而采集存储在某段时间内各种波形在对抗条件下的工作参数与状态参数，进而实现后续分析评估。

因此，针对自组网电台台中多路信号采集需求，采集设备应具备完善的多路信号数据采集和上报功能，可快速采集战场通信网（主要指各种自组网车载多通道电台）原始数据、通信状态数据和各种业务数据等，为试验训练任务的评估提供支撑。

1.2 系统构成

采集系统主要包含：硬件采集设备和终端采集软件，其中终端采集软件部署在节点管理设备上，能够制定采集计划实施的采集动作（如起始时刻、结束时刻、采集时长、采集通道等）。

硬件采集设备包括：大容量存储设备、授时接口、采集接口等；终端采集软件包括^[4-6]：用户登录、自动测试、手动测试、数据采集、数据存储等模块，系统组成如图 1 所示。

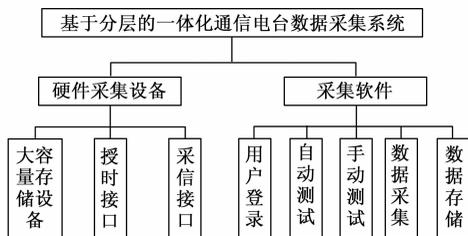


图 1 采集系统组成

硬件采集设备既可以通过模拟接口直接采集波形的中频信号，又能够通过数字接口接收波形的基带信号并对信息流进行存储。网络信号的采集则通过以太网口进行，直接从电台设备采集并传输到节点管理设备，由采集分析软件进行处理。

终端采集软件根据采集到的中频信号、基带信号和网络信号进行综合分析，实现误码率、误帧率、丢包率等数据分析和显示，系统功能如下：

- 1) 对不同自组网波形在网络中运行的通信信号和数据协议进行采集储存；
- 2) 在线/离线对储存的业务数据进行采集汇总，得到自组网波形的网络性能指标和传输性能指标，例如传输成功率、传输时延、网络吞吐量等；
- 3) 具备图形化的统计、分析和显示功能；
- 4) 具有时间校准功能，保证系统时间一致性和采集结果的准确性。

2 硬件设计

为达到较高的流盘速度和效率，实现高速数据存储和读取，需要综合考虑存储器、总线和系统架构等因素，并进行优化和实现。硬件采集设备的核心是实现高速数据存储和读取，需要持续从存储器或者向存储器传输高速数据。存储器可以是设备的板上缓存、控制器上的 RAM 或者是控制器上的硬盘，向这些存储器上传输的速率受到多种因素的限制，包括系统的带宽和存储器介质的读写速度等。

2.1 采集设备

硬件采集设备主要包括：大容量存储设备、采集接口和授时接口，其中采集接口主要是中频模拟接口和数字接口。采集软件通过以太网交换机对通信电台（波形 1/2/3/4）进行数据采集控制。设备组成如图 2 所示。

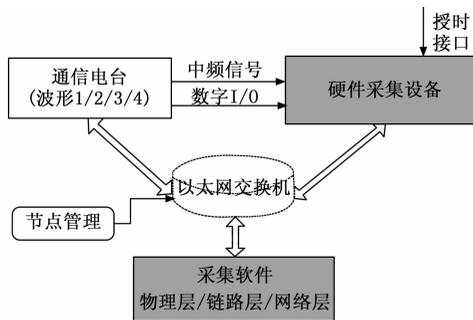


图 2 采集设备组成

采集设备采用一体化设计方案，集成了主控计算机、采集、存储、远程控制及信号分析、统计和显示等功能。系统支持对通信电台的多路模拟中频信号、数字 I/Q 信号的高速采集及大容量存储，整机设计时重点考虑多功能集成化、模块化和良好的人机交互性^[7-8]。

2.2 硬件接口

当车载多通道自组网电台工作时，波形主要通过中频模拟接口、LVDS 数字接口和以太网接口 3 种方式输出信息，硬件采集接口如表 1 所示。

1) 中频采集接口：70 MHz 中频，采集带宽不小于 30 MHz 带宽。中频接口以固定 70 MHz 中频连续输出模拟信号，每个电台通道输出一路信号，并由信号采集设备的中频采集口集中进行模拟信号采集。采样速率和采集时间窗口可通过信号采集设备的控制软件进行设置。

2) 基带采集接口：LVDS 接口，主要用于输出波形物理层发射和接收的基带信号、工作参数和状态参数，每个电台通道输出一路信号，并由信号采集设备的数字接口进行采集和记录。

3) 网络采集接口：千兆以太网口，通过以太网接受采集分析软件控制，上报采集数据。以太网接口用于输出波形网络层和数据链路层运行时的协议报文和表项，该接口连接到节点管理设备。

4) 授时接口：千兆以太网口，能够接受秒脉冲和 TOD 进行时钟同步，主要实现全网时钟同步从而确保产生和采集的业务数据参考同一时间点。

表 1 硬件采集接口

序号	接口形式	接口数量	连接设备	内容
1	中频模拟接口(SMA, 70 MHz)	6 路	信号采集设备	物理层接收中频信号。
2	LVDS 数字接口	6 路	信号采集设备	物理层接收端的零中频信号、发射基带信号、发射工作参数、接收基带信号、接收工作参数、接收工作状态。
3	以太网接口	1 路	节点管理设备	1) 数据链路层的同步节点表、时隙分配表、链路状态、同步报文、时隙分配报文、链路自适应报文; 2) 网络层的邻居节点表、路由表、网络路由报文。
4	以太网接口	1 路	信号采集设备	实现全网时钟同步以确保产生和采集的模拟业务数据参考同一时间点。

3 软件设计

采集软件独立运行在节点管理设备上, 通过以太网连接并控制采集设备硬件平台的整个工作过程。软件能够对采集设备硬件的采集过程进行管理并对存储在硬件存储盘上的采集数据进行数据分析、显示和管理。采集软件可以通过以太网接受系统其它节点的管控, 包括采集计划管理等^[9-15]。

3.1 采集条件及内容

3.1.1 采集条件

信号采集采用命令触发和周期上报相结合的方式实现, 对数据链路状态和网络状态的信息, 通过周期上报的形式执行; 而一些数据量较大的信息, 如中频信号、基带信号和各类型的报文, 则通过命令触发的方式选择是否开启/关闭采集、设置采集周期等参数; 另外对于发射和接收时的工作状态, 一般伴随控制和业务报文上报。采集层次用途及触发条如表 2 所示。

表 2 采集层次用途及触发条件

采集层次	信息名称	用途	触发条件
物理层	接收的中频信号	记录某段时间内接收到的空口信号(无论当前是否有实际的业务在传递); 通过对该信号的分析, 可以判断当时无线信号是否受到干扰、衰落过大、多径条件恶劣等情况, 是否对信号同步和接收造成影响。	命令触发
	接收基带信号	记录本节点接收信号在解调译码等基带处理前后的数据; 将该信号与中频信号以及发送端的原始信源做比对, 可以分析判断无线信号质量对于解调、译码等基带处理的影响, 评估物理层的误帧率等。	命令触发
	接收工作参数	记录本节点在接收时使用的频率、带宽、波束方向、接收机增益等参数; 用于监测波形在某个时刻对信道资源的控制情况是否符合预期设计, 有没有与其它节点产生冲突。	周期上报或者伴随接收数据上报
	接收工作状态	记录本节点当前接收基带信号时测算得到的误码率、信噪比等接收状态信息; 测算由波形直接完成, 依赖于接收信号的同步、前导、校验等, 用于实时监测波形的物理层信号状态。	伴随接收数据上报
	发射基带信号	记录本节点发送信源在经过基带处理前的数据; 该信号可用作接收基带信号对比, 也可用于分析 MAC 接入机制, 判断是否在恰当的时刻发射了正确的消息。	命令触发
	发射工作参数	记录本节点在发射状态下使用的频率、带宽、功率、波束方向等参数; 用于监测波形在某个时刻对信道资源的控制情况是否符合预期设计, 有没有与其它节点产生冲突。	周期上报或者伴随发射数据上报
数据链路层	同步节点表	记录本节点所在子网中已经完成同步的节点信息; 可以从本节点观测到已入网情况, 分析时钟同步机制的运行情况。	周期上报
	时隙分配表	记录本节点获得的时隙总体分配情况, 包括时隙总数、已用时隙数和可用时隙数; 用于分析动态时隙协商和分配机制的运行情况, 查看是否产生冲突。	周期上报
	链路状态表	记录本节点与不同邻居之间链路的状态, 包括可用的最高速率、丢帧率和单双向关系等; 用于分析链路速率自适应机制的运行情况。	周期上报
	同步报文	记录本节点发送和接收的用于同步处理的报文内容; 用于分析时钟同步机制的运行情况。	命令触发
	时隙分配报文	记录本节点与邻居节点间时隙协商、分配相关的报文, 如时隙申请、时隙响应、时隙确认、时隙释放、时隙释放确认、时隙更新广播等操作的相关报文数据; 用于分析动态时隙协商和分配机制的运行情况, 查看是否产生冲突。	命令触发
	链路自适应报文	记录本节点根据链路状态进行链路自适应选择操作时产生的测量和控制报文; 用于分析链路速率自适应机制的运行情况。	命令触发
网络层	邻居节点表	记录本节点在子网中一跳可达的邻居节点的相关信息, 包括设备 ID 和 IP 信息, 针对 HNR 设备还有角度、波束、位置等信息; 用于分析邻居发现机制的运行情况。	周期上报
	路由表	记录本节点到子网内其他节点的路由信息(不包括一跳可达的邻居节点), 数据包括目的节点的设备 ID、IP, 下一跳节点信息等; 用于监测子网内全网的状态及拓扑情况。	周期上报
	路由报文	记录本节点发射和接收的维护路由所产生的报文, 如 Hello 报文, TC 报文等; 用于监测子网内全网的状态, 必要时用于定位脱网问题。	命令触发

3.1.2 采集内容

各种波形需要被采集的信息包括无线传输信号及其接入、组网等消息协议，涵盖波形协议栈的物理层、无线链路层和网络层。信息内容包括发射和接收数据、控制信令等，具体采集内容如下。

1) 物理层：

- (1) 接收中频信号，采集对应工作频段内接收到的空口信号；
- (2) 发射基带信号，采集需要发射的基带数据；
- (3) 发射工作参数，发射基带信号时使用的频率、带宽、功率、波束方向等；
- (4) 接收基带信号，解调译码前后的基带接收数据；
- (5) 接收工作参数，接收基带信号时使用的频率、带宽、波束方向、接收机增益等参数；
- (6) 接收工作状态，接收基带信号时计算得到的误码率、信噪比等接收状态信息。

2) 数据链路层：

- (1) 同步节点表，记录本节点用来时钟同步的节点信息；
- (2) 时隙分配表，记录当前时隙分配状态；
- (3) 链路状态表，与不同邻居之间的链路状态，包括可用的最高速率、丢帧率、单双向关系等；
- (4) 同步报文，与网络时钟同步协议相关的报文，如信标报文、请求报文和应答报文；
- (5) 时隙分配报文，与时隙协商、分配相关的报文，如时隙申请报文、时隙响应报文、时隙确认报文、时隙释放报文、时隙释放确认报文、时隙更新广播报文等；
- (6) 链路自适应报文，与链路自适应相关的测量和控制报文。

3) 网络层：

- (1) 邻居节点表，记录本节点邻居的地址、状态等；
- (2) 路由表，记录本节点到网络中所有可达节点的路由信息；
- (3) 网络路由报文，与波形子网内路由相关的报文，例如 Hello 报文、TC 报文。

3.2 协议设计

针对自组网中多种波形的多层信息采集，系统设计了统一的数据采集格式。结合设备整体的交互协议，采集协议的格式如图 3 所示。

帧头部 2Bytes	帧类型 1Byte	帧方向 1Bytes	波形类型 1Byte	时间戳 4Bytes	采集位置 1Byte	采集类型 1Byte	数据长度 2Bytes	数据内容 1~nBytes
---------------	--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	----------------	------------------

图 3 采集协议格式

其中，采集内容为可变长度，根据不同的波形信息填写不同采集内容，并相应地修改数据长度。

- 1) 帧头：长度为 2 个字节，固定数据 0x8A8A；
- 2) 帧类型：长度为 1 个字节，采集数据帧类型为 0xAF；

- 3) 帧方向：长度为 1 个字节，0—表示下发数据帧，1—表示上报数据帧；

- 4) 自组网波形类型：长度为 1 个字节，指明该数据采集的内容为何种波形。如系统中涉及到 4 种波形中波形 1 填“1”，波形 2 填“2”，波形 3 填“3”，波形 4 填“4”，其定义如下：

```
# define Wave_Type_1 1 // 波形 1
# define Wave_Type_2 2 // 波形 2
# define Wave_Type_3 3 // 波形 3
# define Wave_Type_4 4 // 波形 4
```

- 5) 时间戳：长度为 4 个字节，记录数据流转的时间信息，以 ms 为单位；
- 6) 采集位置：长度一个字节，用于指明数据采集的是协议栈中的哪一层内容。系统设计可采集协议栈中三层的数据，分别是物理层、数据链路层和网络层。定义如下：

```
# define Collect_PHY 0 // 采集物理层
# define Collect_LLC 1 // 采集数据链路层
# define Collect_NET 2 // 采集网络物理层
```

- 7) 采集类型：长度为 1 个字节，根据在协议栈中不同的采集点，定义不同的采集类型，包括中频信号、基带信号、工作参数、链路状态、拓扑表、路由表和邻居节点数等；

- 8) 数据长度：长度为 2 个字节，指明为数据内容的长度；

- 9) 数据内容：长度可变，根据不同波形不同采集类型，填写采集数据。

3.2.1 物理层协议

物理层的采集主要用于评估无线信号质量对系统数据传输的影响。因此，物理层需要对中频信号、发射/接收的基带信号、发射/接收的工作参数和接收状态这些数据信息进行采集，主要包括发射功率、使用的频率、带宽、波束方向、接收增益等参数，以及误码率和信噪比等接收工作状态。

信号数据通过中频模拟接口和 LVDS 数字接口连接到信号采集设备。其中，信号采集由于数据量较大，通过指令下达的方式启动采集。工作参数和工作状态等信息通过周期上报的方式执行。

3.2.2 链路层协议

数据链路层采集主要是针对同步信息、时隙报文，链路状态等信息进行采集。通过对这些数据的抓取和回溯可判断电台组网的初步条件是否达到，也可以用于检查电台脱网原因。同时，通过对数据链路层的检测也可以反向检查物理层的状况。

数据链路层运行在 CPU 器件中，可以通过网口向节点管理设备上报采集数据。两者间通过 UDP 报文作为通信载体，根据采集协议进行数据传递。

数据链路层主要采集链路的状态表和创建维护链路所使用的报文，协议分以下 4 种采集类型：

```
# define COLLECT_TYPE_LLC_INFO 0 // 数据链路层的同步表, 时隙表等
# define COLLECT_TYPE_LLC_SYNC_PKT 1 // 数据链路层同步报文
# define COLLECT_TYPE_LLC_TS_PKT 2 // 数据链路层时隙分配报文
# define COLLECT_TYPE_LLC_SET_PKT 3 // 数据链路层自适应报文
```

3.2.3 网络层协议

网络层主要实现路由和组网功能, 主要负责端到端的报文转发路径, 实现路径产生、路径选择和路径维护。其中, 路径产生是指根据集中式或分布式的网络状态信息和用户业务需求信息生成路径, 网络状态信息和用户业务需求信息的收集与分发是该过程的主要内容; 路径产生和路径维护这两项功能通常合在一起统称为路径发现。网络层还负责邻居监控, 对邻居信息进行收集、管理和交互。

网络采集功能主要获取节点所在网络的信息, 包括邻居节点表、路由表和网络路由报文。通过网口发送承载协议的 UDP 报文发送给节点管理设备进行记录, 其采集类型如下定义:

```
# define COLLECT_TYPE_NET_INFO 0 // 网络层信息采集
# define COLLECT_TYPE_NET_PKT 1 // 网络层报文采集
```

3.3 软件设计

3.3.1 软件架构

软件体系架构采用 B/S 结构, 分为资源层、服务层、应用层共 3 层, 在设计上采用面向服务的思想, 充分体现了服务的标准化、可重用及松耦合特性, 软件体系架构如图 4 所示。

终端采集软件主要针对多通道车载电台中的各类业务数据、电台性能参数等进行采集和存储, 并以图形化方式呈现。采集汇总统计各节点或用户对发送的业务数据和接收的业务数据, 并能够实时采集存储, 通过在线/离线方式对各节点或用户存储的业务数据进行汇总, 并进行统计分析得到网络性能和电台性能指标。采集内容如下:

- 1) 业务数据: 业务类型、业务长度、业务优先级标识、业务帧号、业务发送端、发送端子网号、业务接收端、接收端子网号、发送时间、接收时间、发送次数、成功接收次数、ACK 重发次数等;
- 2) 状态数据: 电台工作模式、工作频段、工作带宽、通信速率、发送功率、链路误码率等性能参数等。

3.3.2 功能模块

采集软件运行在采集终端上, 采用 B/S 架构。采集终端软件功能模块组成如 5 所示, 主要包含: 系统管理、自动测试、手动测试、数据采集和数据存储。

其中自动测试是对下发的测试任务请求自动创建测试实例, 并向战术通信服务发起业务请求; 数据采集主要收

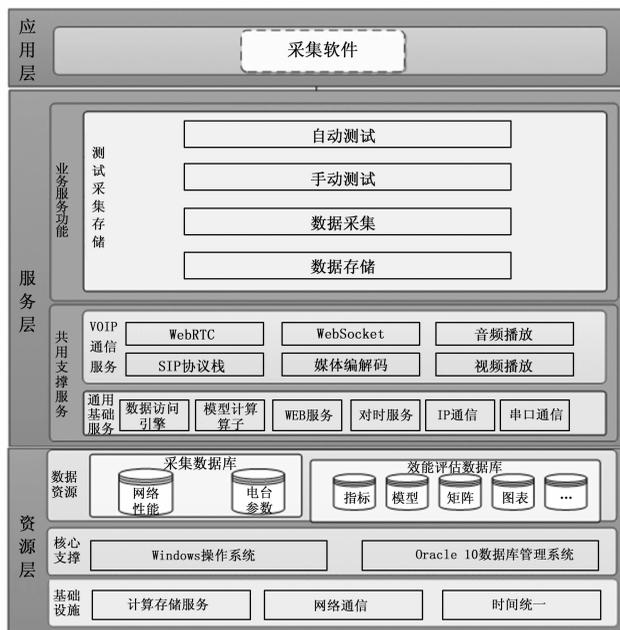


图 4 软件体系架构图

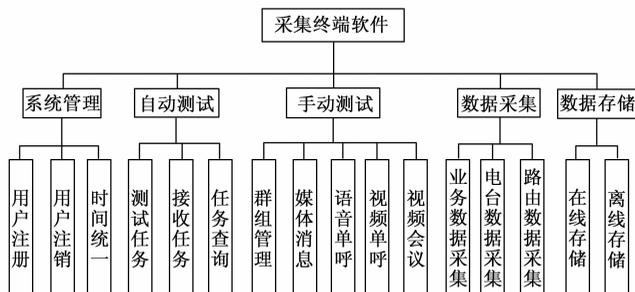


图 5 采集终端软件组成

集统计多通道车载电台各类业务数据收发情况、电台性能参数等数据; 数据存储是对采集的各类数据以数据库方式进行存储^[16-20]。

1) 系统管理: 系统管理包括用户登录、注销和时统等功能。用户登录是使用用户号码向战术通信服务登录, 支持用户的鉴权认证。时间统一是向系统对时服务发起对时请求, 通过对时协议实现时间统一功能。

2) 自动测试: 自动测试模块接收到下发的业务流量测试数据和任务指令后, 创建自动测试任务, 任务放入测试序列, 遍历任务序列, 依次向所在节点的战术通信服务发起任务请求。

3) 手动测试: 采集终端软件提供手动测试功能, 支持手动发起短消息、图片消息、语音消息、视频消息、文件等富媒体消息功能, 支持语音单呼、视频单呼、视频会议等功能。

4) 数据采集: 数据采集就是对系统产生的业务数据和接收的业务数据, 电台内部的状态数据, 电台内部各层(物理层、链路层、网络层等)的数据进行采集, 并通过离线或在线方式将采集数据汇总至效能评估软件, 采集数据

内容包括业务数据和状态数据。

(1) 业务数据。业务类型、业务长度、优先级标识、业务帧号、业务发送端、发送端子网号、业务接收端、接收端子网号、发送时间、接收时间、业务发送次数、业务成功接收次数、重发次数等。

业务数据采集



图 6 业务数据采集界面

(2) 状态数据。电台工作模式、工作频段、工作带宽、通信速率、发送功率、链路误码率、中频数据等电台性能参数。

其中电台数据主要依托嵌入式测试及传感器实现对电台工作过程参数和数据记录，并将筛选出的数据发送至采集终端上进行缓存。在数据采集过程不影响电台设备的正常运行和使用。

5) 数据存储：数据存储就是对采集的各类数据进行汇总、存储，为在线或离线分析提供数据源。数据存储采用 Oracle 数据库。数据存储计算机的硬盘容量选用 4 TB。

状态数据采集



图 7 电台数据采集界面

4 试验结果

基于具体应用背景下，构建典型规模的战术互联网自组网电台，针对战术互联网多种类型自组网电台，包含电台种类多、节点数量大等特点，整个系统（主要包含自组网电台和数据采集系统）工作流程如下：

1) 系统网络设备、节点网络设备实时或定时上报全网络、各节点的误组率、网络连通性等通信运行参数，由节点监控设备接收并对其进行存储；

2) 自组网电台设备通过节点网络设备定时或实时上报发射功率、功率调整控制、误码率、帧失步情况等通信运行参数，由节点监控设备接收并对其进行存储；

3) 通信节点车中的信号监测设备适时上报信号功率、频谱图、瀑布图和星座图等，节点监控设备接收并对其进行存储；

4) 在控制指令的控制下，基带采集设备对自组网电台设备输出的基带码流、群路数据等进行采集存储。

5) 业务信息模拟器适时上报呼损率、用户忙次数、无应答次数、接收的语音样本等，由节点监控设备接收并对其进行存储；适时上报丢包率、包延迟、信元丢失、信元差错率、服务响应时间、发送的数据、接收的数据等，由节点监控设备接收并对其进行存储；

6) 在节点监控设备以人工输入方式获取语音可懂度、抄报正确率、传真质量等，并对其进行存储；

试验结果表明：数据处理设备能够根据采集设备采集到的网络连通性、误码率、呼损率等数据进行自组网电台通信质量速判，进而效能评估提供参考，单个实体节点产生的语音业务流量结果（干扰致使网络有一定的呼损率）如图 8 所示。

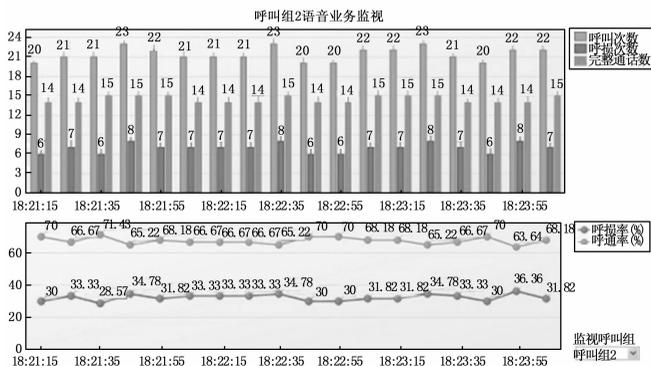


图 8 单个节点产生语音业务界面

5 结束语

本文针对通信对抗装备效能评估试验任务或通信装备抗干扰训练演练任务中数据采集问题，提出了采集系统与车载多通道软件无线电电台的一体化思路，设计了一套典型基于分层的一体化电台数据采集评估系统，进而解决了试验训练任务中自组网电台多层数据采集难题，该系统能够为通信对抗试验训练任务提供有力支撑，具有很强的实用价值。

参考文献：

[1] 欧阳志宏, 桂树, 刘程, 等. 电台数据采集与干扰效果评估系统设计与实现 [J]. 自动化仪表, 2020, 41 (2): 76-79.

[2] 杨统, 王崑, 刘晓卫, 等. 基于无线传感器网络的光电信号采集系统设计 [J]. 传感器与微系统, 2015, 34 (11): 116-118.

(下转第 184 页)