

T 团 体 标 准

T/TMAC ×××—2024

无线移动自组织无人机飞联网 传输协议要求

Wireless mobile self-organizing drone flight network—Transmission protocol
requirements
(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人均可提出制修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本文件著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市丰台区万丰路 68 号银座和谐广场 1101B。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前 言 II

引 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 核心传输协议的技术要求 2

 5.1 传输协议的整体流程 2

 5.2 频道的排序 3

 5.3 信息优先级的划分与频道的分配 3

 5.4 预计总时延 3

 5.5 频道传输时间间隙与超时传输处理 5

参考文献 7

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由北京邮电大学提出。

本文件由中国技术市场协会归口。

本文件起草单位：北京邮电大学、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX。

引 言

为贯彻落实党中央、国务院以信息化推进国家治理体系和治理能力现代化，以信息化培育新动能，加强信息基础设施建设等决策部署，提高信息技术服务供给质量，促进无线通信行业高质量发展，加快发展现代产业体系，推动经济体系优化升级，更好地规范和指导信息化工程和技术服务领域产业链现代化水平，通过加强标准能力建设，完善产业的质量体系，特提出此标准。

本文件提出了无线移动自组织无人机飞联网的传输协议的技术要求，用于提高无人机飞联网信息传输的性能与质量。

本文件主要应用场景是由无人机集群组成的无人机飞联网。

本文件的发布机构请注意，声明符合本文件时，可能涉及到第5章5.2条和5.3条中一种预计时延进行频道分选的无人机飞联网传输协议相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得。

专利持有人姓名：北京邮电大学

地址：北京市海淀区西土城路十号

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

无线移动自组织无人机飞联网 传输协议要求

1 范围

本文件规定了无线移动自组织无人机飞联网的核心传输协议的技术要求。
本文件适用于无人机飞联网，其他自组织网络可参照本要求。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 25068.1—2020 信息技术 安全技术 网络安全

GB/T 40211—2021 工业通信网络 网络和系统安全 术语、概念和模型

GJB 5433—2005 无人机系统通用要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

飞联网 Flight Ad Hoc Network

一种基于无人机与环境协同的可控、可管、可运营、可信的开放融合网络系统。通过装载在无人机上的传感器、终端及电子标签提供无人机信息，采用自组织网络通信技术实现无人机之间的信息传递，并在信息网络平台上对信息进行提取、共享等有效利用，对无人机进行有效的管控和提供综合服务。

3.2

对象协同模型 Object Cooperative-working Model

对象或对象群体之间的协同关系，以及相互分离和组合形成的不同模型特征，分为群体模型和个体模型。

3.3

群体模型 Team Model

群体模型是宏观模型，以无人机集群的群体为视角，解决无人机集群之间如何实现统一通信的问题。

3.4

个体模型 Single Model

个体模型是微观模型，以单一的无人机节点为视角，解决在无人机集群内的无人机与无人机之间的通信问题。

3.5

核心传输协议 Core Transport Protocol

核心传输协议涉及的关键技术，包含频道的划分、信息优先级的判断与频道的分配、预计时延与传输时隙的确定、信息传输超时的处理等。

3.6

抢占优先级 Preemptive Priority

紧急且重要的信息被分配的优先级，高于其他优先级。

3.7

响应优先级 Response Priority

不紧急且一般重要的信息被分配的优先级，低于抢占优先级。

3.8

信号传播时延 Delay of Signal Propagation

信号在介质传播过程中所消耗的时间。

3.9

传感器时延 Delay of Sensor

由传感器自身硬件导致的信号发送时延。

3.10

外界干扰时延 Delay of External Interference

由网络堵塞等外界干扰产生的传输时延。

3.11

无人机母机 Central UAV

无人机飞联网中处于各个集群中心的无人机。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

TDMA：时分多址（Time division multiple access）

CS：载波侦听（Carrier Sense）

PP：抢占优先级（Preemptive Priority）

RP：响应优先级（Response Priority）

5 核心传输协议的技术要求

5.1 传输协议的整体流程

传输协议的整体流程应分为以下三个步骤：

- a) 无人机节点应计算各个频道的平均传输速率,并根据平均传输速率从高到低对频道进行排序。
- b) 无人机节点应将接收到的信息划分为 PP 级别或 RP 级别,并且在两个不用的级别中根据重要性划分优先级,越高优先级的信息应占用排序越高的频道。
- c) 在传输信息时,无人机节点应预测频道传输的总时延,并根据总时延设定频道的传输时隙,当信息数据传输超过设定的频道的传输时隙时,应进行超时数据处理。

5.2 频道的排序

无人机集群工作时,无人机母机应每隔 30 秒进行一次频道速率检测测试,向其所有的子机发送信号来测定不同频道的传输速率。母机应将每个频道对应的所有传输速率取平均值作为该频道对应的传输速率,并给越高传输速率的频道设定越高的排序,传输速率的计算如公式(1)。

$$\begin{cases} F_j = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \\ j \in [1, m] \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

F_j ——母机的第 j 个频道的平均传输速率;

m ——母机拥有的频道数量;

n ——第 j 个频道中拥有的子机数量;

f_i ——第 j 个频道中第 i 个子机的数据传输速率。

5.3 信息优先级的划分与频道的分配

5.3.1 信息优先级的划分

当无人机接受多个数据包时,应采用“两个优先级”的规则来划分数据应属的优先级别——紧急且重要的数据应划分为 PP 级别,一般重要程度的数据应划分为 RP 级别。

5.3.2 PP 级别中的频道分配

无人机节点应将 n 个 PP 级别的信息划分为 a_1 、 a_2 ... a_n 多个档位,对应占用 n 个不同的传输速率的频道,其中 a_n 档位的优先级别最高。无人机节点应给优先级越高的信息分配排序越高的频道。在 PP 级别中,当有更高优先级的信息需要传输时,无人机节点应让该信息抢占比它的优先级低一档位的信息所使用的频道,而被抢占的信息的数据传输应依次往后顺延,被分配到排序再低一档的频道。

5.3.3 RP 级别中的频道分配

无人机节点应将 m 个 RP 级别的信息划分为 b_1 、 b_2 ... b_m 多个档位,对应 m 个不同的传输速率的频道, b_m 档位的级别最高。无人机节点应给优先级越高的信息分配除 PP 级别占用的频道以外的排序越高的频道。在 RP 级别中,当有更高优先级的信息需要传输时,无人机节点应让其等待分配,直至当前频道中的信息完成传输。

5.4 预计总时延

5.4.1 总时延的组成

节点应根据频道的条件来预估信息传输的总时延，其由通信链路时延，数据处理时延以及网络拥塞和干扰时延组成。

5.4.2 通信链路时延

节点应根据物理定律，由电磁波在介质中的传播速度与无人机间的距离来计算通信链路时延，如公式（2）。

$$T_1 = \frac{S_{ij}}{C_{air}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

T_1 ——通信链路的时延；

S_{ij} ——第 i 号无人机和第 j 号无人机间的距离；

C_{air} ——电磁波在空气中的传播速度。

5.4.3 数据处理时延

节点应在起飞前 T 秒内测量 N 次（ N 越大越好）传感器灵敏度数据，并剔除掉数据中的不良数据，得到平均数据处理时延 T_2 ，如公式（3）。

$$T_2 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) dt \dots\dots\dots (3)$$

式中：

T_2 ——数据处理时延；

T ——起飞前的测量时间间距；

t_0 ——起飞前的某个时刻；

$f(t)$ ——数据处理时延函数。

其中，数据处理时延函数 $f(t)$ 由斜率 k 和截距 m 组成，如公式（4）。

$$\left\{ \begin{array}{l} f(t) = kt + m \\ \begin{bmatrix} k \\ m \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T b \\ A = \begin{bmatrix} t_0 + \frac{T}{N} & 1 \\ t_0 + \frac{2T}{N} & 1 \\ t_0 + \frac{3T}{N} & 1 \\ \dots\dots\dots \\ t_0 + T & 1 \end{bmatrix} \\ b = \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \\ \dots \\ \tau_N \end{bmatrix} \end{array} \right. \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- t_0 ——起飞前的某个时刻；
- T ——测量的时间间距；
- N ——在时间 T 内的测量次数；
- τ_N ——测量得出的近似时延。

5.4.4 网络拥塞和干扰时延

节点应在数据传输间隙，通过获取一段时间内的多组数据，代入灰色预测模型进行预测，测量网络拥塞和干扰时延 T_3 的函数 $b(t)$ ，如公式（5）。

$$\frac{\Delta b(t)}{\text{diff}} + \alpha b(t) = u \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- α ——函数 $b(t)$ 的权重；
- u ——待定常数值；
- diff ——每一次测量的时间间隔。

其中，函数 $b(t)$ 由测量值的累加序列 b_i 构成，如公式（6）。

$$b(t) = \begin{bmatrix} t_1 & \sum_{i=1}^1 \tau_i \\ t_2 & \sum_{i=1}^2 \tau_i \\ t_3 & \sum_{i=1}^3 \tau_i \\ \dots & \dots \\ t_N & \sum_{i=1}^N \tau_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_1 & b_1 \\ t_2 & b_2 \\ t_3 & b_3 \\ \dots & \dots \\ t_N & b_N \end{bmatrix} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- t_i ——数据的测量时间；
- τ_i ——数据的测量值；
- b_N ——测量值的累加序列。

节点应根据公式（5）和（6），代入多组测量数据，获得权重 α 和 u 的值，得到 $b(t)$ 的表达式，然后在 $b(t)$ 中代入下一时刻对网络拥塞和干扰时延 T_3 进行预测。

5.4.5 频道的预计总时延

节点应将上述三类时延进行求和，获得频道的预计总时延，如公式（7）。

$$T_{total} = T_1 + T_2 + T_3 \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- T_{total} ——预计的总时延；
- T_1 ——通信链路时延；
- T_2 ——数据处理时延；
- T_3 ——网络拥塞和干扰时延。

5.5 频道传输时间间隙与超时传输处理

节点应根据频道的预计总时延 T_{total} ，设定同等时长的频道时隙，数据的传输时间应在频道设定的时间间隙内。当有数据的传输时间超时，应进行如下处理。

- a) PP 级别信息的超时处理：在 PP 优先级别中，当有高档位的信息传输时长超过了设定的频道时隙时，节点应强行截断数据传输，并将超时仍未传输的数据分配到速率低一档的频道继续进行传输，而原先在低一档频道的数据传输应被暂停，等待截断数据传输结束后再继续传输。
- b) RP 级别信息的超时处理：在 RP 优先级别中，当有频道的信息传输时长超过了设定的频道时隙时，节点应暂停传输当前数据，并优先处理下一个即将占用该频道的数据信息，待下一个数据处理完毕后，再返回传输之前未传输完成的数据。

参 考 文 献

- [1] GJB 5201 无人机飞行控制与管理系统通用规范
 - [2] GJB 5433—2005 无人机系统通用要求
 - [3] GB/T 25068.1—2020 信息技术 安全技术 网络安全
 - [4] GB 40050—2021 网络关键设备安全通用要求
 - [5] GB/T 40211—2021 工业通信网络 网络和系统安全 术语、概念和模型
-