**基于RTK技术的机场车辆与设备定位与导航系统**

项目概述：

本项目通过RTK（Real-Time Kinematic）实时动态差分技术，将RTK流动站安装在机场各物体上，实现对机场上各个工作车辆以及货运物品位置的定位，构建出对各车辆与设施的智能化监控系统。通过RTK提供的厘米级精准定位，为机场的各项调度提供数据支持与安全保障，提高作业效率。

项目创新点描述：

现有RTK设备均采用数据实时传输或者数据记录存储后统一导入系统进行计算。前者需较大功耗，无法实现长期数据记录与传输，而后者不具有可实践性，仅适合单次工程测量，极少运用于对物体的实时监控。与大多数RTK设备将基准站的载波相位数据实时发送至用户接收机（流动站）的方式不同，本项目将通过实时存储数据，但周期性数据传输的方式降低流动站的功耗，实现流动站长期工作的目的。

一、项目简介：

1、研究内容：

当前RTK技术多用于工程测量领域，功耗与时延是较大的问题。通常情况下实时的数据传输功耗需要较大功耗，使得流动站难以小型化。本项目计划通过周期性传输数据的方式，降低流动站功耗，实现其长期工作的目标。为此需要进行计算与实验论证，获得最优的周期长度。除此之外，对于RTK来说，基准站和流动站的模糊度求解是RTK的达到厘米级精度定位的核心，RTK利用GPS载波（L1载波1575.42MHz,波长19.03cm,L2载波1227.60MHz,波长24.42cm）的载波相位观测值求出站星几何距离，而通常采用卡尔曼滤波器的方式计算出载波相位的整周模糊度，但这一过程通常需要至少几十秒的时间，压缩计算时间是实现本项目应用的另一项核心。

机场物体一般具有较大体积，正常情况下仅通过一个流动站难以获得对物体占地的详细数据。本项目通过在同一物体上安置两个或以上的RTK流动站设备，实现对物体尺寸大小的精确测量，为机场的调度提供安全保障与智能导航建议，避免剐蹭或者碰撞的发生。

服务器与用户系统界面的开发，在完成数据的收集后，RTK本身的模糊度求解和差分运算都需要在服务器中完成。服务器完成运算后，机场各个物体的位置与大小将以图形化的方式显示于用户界面，并可以给出导航路线与时间建议。

RTK设备采用u-blox公司的NEO-M8T型号GPS模块，价格大约在300元左右，计划自行组装相关硬件，有效降低成本，并且更利于技术研究。

2、目的意义

将RTK技术应用于机场这一具体场景具有充足的依据，根据中华人民共和国航空标准，在机场所划定的区域内：在停机坪、机场跑道、航站楼、运输服务和应急救援等方面都应当配备相应品种和数量的特种车辆和专用设备，可以大致分为一下几类：

（1）旅客服务车辆：包括摆渡车、客梯车、残障旅客升降车、行李传送车等；

（2）飞机保障车辆：包括飞机牵引车、清水车、食品车、加油车、地面电源车、空调车、垃圾车、飞机专用除冰车、驱鸟车等；

（3）场道保障车辆：包括扫雪车、压路车、扫道车、除胶车、叉车、摩擦系数测试车等；

（4）应急救援车辆：包括应急指挥车、消防救援车、医疗急救车等；

（5）各类特种设备：包括环境噪音监视仪、切缝机、驱鸟设备、行李拖斗（板）、标志系统等。

由此可见，机场的车辆与货运物品众多，而当前只能通过地面标识线与塔台统一调度，调度效率较低，对调度员的要求较高。通过RTK技术，构建起机场车辆与设备的位置记录与显示系统，具体可实现以下几项功能：

①定位跟踪，定位信息包括经纬度、速度、方向。

②轨迹记录，按照设定的时间间隔记录回传设备的轨迹数据与状态。

③盲区数据回报，当流动站处于无信号区，或者GPS模块发生故障无法通过网络与基准站进行数据传输时，服务器自动将最后一次数据传输的信息显示于用户界面，同时显示报警信息。

④超速与越界报警，设备或车辆移动速度超过限定速度，以持续一定时间后将向用户报警。除此之外，当车辆或设备移动至限定行驶区域之外，或者移动至飞机频繁活动区域，系统也将在持续一段时间后进行警告。

⑤导航与回收建议，根据机场各设施数据，系统将向调度人员提供智能调度建议，加快机场各部门周转效率，避免出现拥堵甚至碰撞的情况出现。

通过RTK可对机场各车辆与货物的实现精准定位并进行统一调度，并在获取了设备的具体体积大小后提高调度效率，节省周转时间，且流动站设备体积小，可在现有设备与车辆上进行安装，成本较低。

3、具体目标

（1）周期性数据传输的RTK流动站设备设计

本项目计划采用将流动站载波相位数据周期性发送至基准站的方式，降低其天线的收发频率，这将降低流动站的功耗，从而实现长期运行。在分别解算出基准站与流动站的整周模糊度后进行差分运算，进而获取厘米级精度的流动站位置信息。

除此之外，要求流动站要有足够的可靠性，组装时紧密连接以减小模块体积，外壳坚固，内部各个组件不易损坏，且电池续航能力强，保证模块能够长期工作。

（2）实现流动站与基准站通过移动网络进行连接，保障在流动站与基准站距离在10千米之内时高速数据传输。

（3）具体掌握机场布局与各车辆和设施的一般流动轨迹，选取基准站的架设区域，使本项目能更好适用于一般应用场景。

（4）架设服务器，尽可能降低每一次数据传输后载波相位收敛出整周模糊度固定解的时间，完成数据的记录、处理，最终能以图形化的方式显示于用户界面，并可以根据实际情况给予导航建议与回收建议，提高各机场各部门运转效率。

4、国内外研究现状分析及评价

（1）RTK技术应用现状

国外对RTK的研究主要集中于网络RTK设施的建设，即连续运行的RTK基准站系统，进一步提高RTK的定位精度，包括美国、加拿大、德国、日本等发达国家都建立了本国的基准站系统，提供卫星导航数据与用户导航数据，用于自然环境的监测、工程测绘以及日常导航应用。

国内对网络RTK技术也在进行探索，包括北京、深圳、广州、武汉、哈尔滨、西安等城市都建立了参考站系统并投入服务，但总体说来局限于RTK的功耗与计算求解时的时延，在国内的应用大多还是限于工程测绘领域，长期稳定的高精度定位服务仍是一个较少涉足的领域。

（2）机场特种车辆与设备的管理与监控

目前机场各设施管理与监控采用了GPS定位技术，并通过双频GPS、相位平滑伪距差分等技术提高定位精度至分米级，构建机场特种车辆场面管理系统。场面管理员根据机场进近管制，塔台管制情况及飞机进离场流量等情况，通过管制与监控中心系统，机动地对场面车辆进行管理，但由于RTK的整周模糊度求解时间较长且功耗较高，尚未满足机场高强度调度的需求，目前相关应用仍处于空白状态。

（3）RTK在机场设施中的应用

①机场建设施工作业中的测量。如GPS-RTK定位测量保证高精度定位，利用RTK技术进行地形图的测绘、利用网络RTK进行机场重点工程的建设。

②机场控高测量（机场净空区障碍物测量）对可能会建在机场受控区域内房屋建筑，利用RTK技术对此进行高精度测量，收集数据进行测算与分析，从而来保证飞机起飞降落的安全。

目前基于RTK的应用主要为工程测绘和建设，航空净空区的安全隐患排查。利用RTK技术监测机场中的各个设备，并实现自动化、智能化管理，会大大提高机场各车辆设备的运转效率，并且能有效地保证安全。

二、研究技术路线及可行性分析

1、基本开发条件

开发平台：RTKLIB，u-center

开发硬件：NEO-M8T，通信模块等

开发语言：C，C++

开发工具：Visual Studio，QT

2、技术路线及可行性分析

（1）流动站模块的设计

u-blox公司的NEO-M8T模块专门用于精确定位，并支持GPS原始信号的输出。目前的固件支持中国北斗、美国GPS、俄罗斯GLONASS、欧洲伽利略系统以及日本QNSS系统，且此模块更适用于集成化的解决方案。它使用RTKLIB做为GPS解决方案。

根据不同的应用场景确定网络通信模块与电池组。

（2）RTK流动站与基准站数据传输

实时的数据传输功耗需要较大功耗，使得流动站难以实现长期工作的目标。通过周期性传输数据的方式，每一次数据同步结束后，流动站即进入仅收集数据的状态以降低功耗，实现其长期工作的目标。为此需要进行计算与实验论证，获得最优的周期长度。

（3）RTKLIB提供一个可移植程序库和几个应用程序库,并且易于配置，提供了一系列输入选项。其中的RTKCONV.GUI可将由ublox收集的原始二进制数据文件转换成RINEX格式（接收器独立交换格式，是一种标准文本数据格式）。此外，RTKNAVI.GUI则是一个易于使用的单一集成应用程序，为数据收集和处理过程中发生的一切提供了一个交互式窗口。它还可以在交互式处理数据的同时将数据记录下来归档，以供之后的处理。除此之外，还可向其添加后缀为.cmd和.conf的扩展文件，以实现对GPS模块的初始化。

（4）考虑卫星数据受到大气中电离层的影响，在基准站与流动站相距10千米的情况下，GPS信号都具有相似性，可以求出RTK固定解，对于正常机场的面积大小是足够的。且除此之外，机场区域相对开阔平坦，GPS卫星信号受干扰较小，也为RTK技术的运用提供了良好的条件。

（5）用户可视化界面可采用QT开发，显示出各车辆与设施的位置，并可以给出对各目标点的导航建议与回收建议，出现紧急情况下也可以发出报警或者警告。我们也会积极利用RTK现有的相关软件开发资源，来迁移完成我们的项目。

综合以上技术路线，我们认为我们有能力将项目完成并投入到实际的使用当中去。

三、对项目的参与兴趣和已有的知识积累或实践基础

1、项目兴趣

（1）我们团队对物联网与GPS定位方向有着浓厚的兴趣，我们了解到，高精度定位一直受到市场的广泛关注，RTK作为高精度GPS定位技术的一种，以其作业效率高、定位精度高、全天候作业、自动化、集成化程度高等特点引起我们的关注，促使我们对其进行更加深入的了解与学习。

（2）我们团队的成员及老师都对项目抱有巨大的期望，本项目机场作为一个具体的现实应用场景，更具有发展前景。我们十分希望一年之后可以看到自己做出的项目真正落地并投入使用，这种成就感是不言而喻的，更是我们不懈努力奋斗的动力。我们相信，只要不停下前进的脚步，就一定能实现我们的目标。

（3）团队成员也在积极学习掌握硬件知识，学习单片机的各项基础操作，有能力进行初步开发。作为物联网工程专业的学生，单片机的操作，高精度GPS定位的应用是一个重要的学习方向和内容，通过这次大创，也给予了我们一个宝贵的实践机会。

2、知识积累

（1）团队成员均来自计算机学院，团队有一定的编程基础，项目中涉及到的单片机编程、前端界面开发，我们均在学习过程当中。

（2）尽管RTK对于我们团队来说是一个全新的领域，但是我们查阅了大量RTK相关的资料，咨询老师与进行多次试验的基础上，对RTK的基本原理，优缺点，参数设置，开发平台都有了比较充分的认知与理解，并且针对本项目提出了创新思路，预计能够有效降低RTK的功耗，实现长期使用。

3、实践基础

（1）使用 arduino 开发平台对 esp8266等开发板进行多次编程烧录，对项目相关的单片机和NEO-M8T模块的GPIO 接口有了初步的了解，可以实现计算机与模块之间的串口通信。

（2）利用RTKLIB软件，将两个M8T组件模块在室外多次进行了RTK流动站与基准站发送、接收数据实验，在保证数据完整、质量合理、采样率合适后成功实现了厘米级精度定位，并在RTKLIB上实现了实时显示与数据记录。

四、项目研究支撑条件

1、实践基础：RTK的基准站与漫游站的数据传递与精准定位，Arduino编程实现单片机程序烧写。

2、实验设备及条件：依托于四川大学开源硬件社团，利用协会提供的各项硬件，包括单片机、电焊台、GPS模块等实验所需仪器与器材，可以根据需要借用各类物联网开发板与相关元器件。

3、个人技术储备：软件方面有C++、JAVA程序设计基础，且对RTK专业软件RTKLIB有一定的了解，硬件方面可以通过Arduino编写单片机程序烧写，理解基本的串口连接PC的操作。