引文格式：高建伟. 测量机器人与 Android 通信控制及内外业协同研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(10): 135-137. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.10.034

# 测量机器人与 Android 通信控制及内外业协同研究

高建伟[1,2]
（1. 广州市城市规划勘测设计研究院，广东 广州 510060；2. 广东省城市感知与监测预警企业重点实验室，广东 广州 510060）

**摘　要：**为满足测绘市场的多元化需求，进一步扩展测量机器人在远程控制、自动化作业等方面的应用，同时利用最新的设备及技术，优化传统的测量内外业作业方法，来切实提高生产效率。研究了测量机器人控制理论、Android 蓝牙通信及开发理论，实现了测量机器人与 Android 蓝牙无线通信、远程控制及数据传输，并在此基础上提出了外业测量、数据计算及传输、图形绘制、信息反馈、成果制作等工作的多终端同步的内外业协同作业机制，并在规划测量领域进行了实践应用。

**关键词：**测量机器人；Android；蓝牙通信；远程控制；内外业协同
**中图分类号：**P25　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）10-0135-03

# Research on Remote Communication Control and Internal and External Field CollaborationBetween Measurement Robot and Android

GAO Jianwei[1,2]
(1. Guangzhou Urban Planning Design & Survey Research Institute, Guangzhou 510060,China;
2. Guangdong Enterprise Key Laboratory for Urban Sensing, Monitoring and Early Warning, Guangzhou510060, China)

**Abstract:** To meet the diversified needs of surveying and mapping market, it’s necessary to further extend the application of measurement robot in remote control and automatic work scenarios. Meanwhile, using the newest equipment and technology to optimize traditional internal and externalfield measurement mode to improve work efficiency is imminent. We researched the measurement robot control theory, Android Bluetooth communication development, and realized remote control and Bluetooth communication between measurement robot and Android. On the basis of this, we put forward the internal and externalfield collaboration measurement mode of externalfield measurement, data calculation and transmission, office graphics, information feedback, results making of multi-terminal synchronization, and applied it inplanning survey field.

**Key words:** measurement robot, Android, Bluetooth communication, remote control, internal and externalfield collaboration

随着国家机构改革和优化营商环境等政策要求，测绘市场的多元化需求越来越大，这就需要不断更新技术设备，优化作业方法，提升技术实力来应对机遇和挑战。常规测量作业为外业数据采集及草图绘制、内业数据计算及成图、外业核查等过程，需要多次进入测区，内业也需外业完成后进行，作业效率不高。此外，在超高层建筑、地铁、桥梁及滑坡体变形监测领域，大型设备安装等工程建造领域，对测量仪器远程控制、测量工作的自动化作业要求越来越高[1]。

测量机器人以其自动化、全天候等特点广泛应用于各种测绘项目，再与能够制订测量计划、控制测量过程、进行数据处理与分析的软件相结合，可以代替人完成许多测量任务[2]。Android 智能设备具有蓝牙、移动网络、GPS 等传感器，Android 程序具有很好的兼容性和实用性。二者结合，既能实现测量机器人与 Android 远程通信控制，进行自动化测量作业，又能在此基础上，将获取的测量数据通过 5G 等移动网络实时传输给内业设备进行计算及成图，成果同步传回外业 Android 设备，实现内外业协同作业，极大的提高作业效率。

## 1　测量机器人与Android通信控制实现

### 1.1　测量机器人与 Android 通信控制原理

1）测量机器人控制的基本原理。GeoCOM 是 Leica 测量机器人提供的数据接口，用来完成控制全站仪动作、获取数据等操作。GeoCOM 通过 2 种模式进行通信：ASCⅡ模式和函数调控模式，函数调控模式仅适用于 PC 平台，Android 平台上使用 ASCⅡ模式进行

收稿日期：2022-07-21。
项目来源：广东省重点领域研发计划（2020B0101130009）；广东省城市感知与监测预警企业重点实验室基金资助项目（2020B121202019）；广州市城市规划勘测设计研究院科技基金资助项目（RDI2200201914）。
作者简介：高建伟（1987—），硕士研究生，高级工程师，研究方向为规划测量及精密工程测量，E-mail：gjw_mail@qq.com。

通信。GeoCOM的ASCⅡ模式控制过程由请求和应答构成。程序通过蓝牙（或串口线）发送一个请求指令到测量机器人，接收应答并对应答进行解码来实现仪器的控制及测量数据的获取[3-4]。

2）测量机器人与Android蓝牙通信原理。测量机器人自身具备或外接蓝牙适配器与Android进行蓝牙无线通信，蓝牙适配器通过串行线性仿真协议将有线的串口连接转变为无线的蓝牙串口连接，从而取代传统的串口通信线缆，实现无线通信，并通过Android程序调用GeoCOM接口发送ASCⅡ指令进而实现对测量机器人的控制。

### 1.2 测量机器人与Android通信控制实现

1）软硬件环境。开发的硬件环境采用具备蓝牙模块的leica TM30测量机器人和搭载Android系统并且具备蓝牙功能的设备。软件开发平台选择Android Studio，并采用Java作为开发语言。

2）关键技术。①Android蓝牙通信技术：Android软件通过蓝牙API访问蓝牙功能，并与其他设备进行点对点、点对多点连接[5]。表1说明了测量机器人与Android蓝牙通信实现的主要过程及开发函数。②Android多线程及消息机制：测量机器人与Android蓝牙通信及控制工作过程中涉及程序界面操作、数据的发送和接收、仪器的观测和转动等操作，不使用多线程机制，整个系统必须逐个任务的完成，不仅是耗时的操作，而且无法暂停或终止[6-7]。

表1 蓝牙通信实现的主要过程及开发函数

| 步骤 | 主要过程 | 开发函数 |
|---|---|---|
| 1 | 获取Android蓝牙适配器 | getDefaultAdapter() |
| 2 | 启动Android蓝牙适配器 | startActivityForResult() |
| 3 | 搜索测量机器人蓝牙适配器 | doDiscovery() |
| 4 | 建立通信渠道 | createRfcommSocketToServiceRecord() |
| 5 | Android蓝牙适配器配对绑定测量机器人蓝牙适配器 | connect() |
| 6 | Android通过蓝牙发送控制测量机器人指令 | write() |
| 7 | 获取测量机器人返回的测量数据 | read() |

Android软件创建子线程序，在后台执行特定的耗时任务，而且在这项任务的进行过程中，需要不断地将测量机器人的进度或者测量结果展现在软件界面中，Android提供消息处理传递机制来进行此类操作[6-7]。

3）具体实现。编制了测量机器人与Android通信控制软件，并取得了软件著作权。实现了Android设备通过蓝牙与Leica系列测量机器人远程无线连接，通过发送Leica GeoCom指令控制测量机器人，接收返回值（测量数据等）并以文档的形式存储在Android设备内存中。

## 2 内外业协同机制研究

### 2.1 内外业协同机制实现的一般过程及关键技术

内外业协同机制是在实现蓝牙远程无线连接及控制的基础上，实现外业测量、数据计算及传输、图形绘制、信息反馈、成果制作等工作的多终端同步。此种机制能应用在超高层建筑、地铁、桥梁及滑坡体变形监测，大型设备安装，工程建造，大型油罐体积测量等诸多领域（图1）。主要过程如下：

1）Android外业设备利用开发的测量程序通过蓝牙与测量机器人进行无线通信及控制，获取的测量数据通过蓝牙实时传回Android设备并储存为内业设备软件可读取的文件。

2）Android外业设备通过5G等数据网络将测量数据文件传给内业设备，内业设备对数据进行读取检查、数据计算、结果分析、指标核查等。

3）内业设备将坐标成果文件、指标核查情况、数据分析报告、变形预警信息、设备安装动态等通过数据网络传给Android外业设备。

4）Android外业设备可共享内业成果，同步进行草图绘制、核查、预警及动态信息反馈等[8]，内业设备可同步进行图形绘制及成果整理等工作。

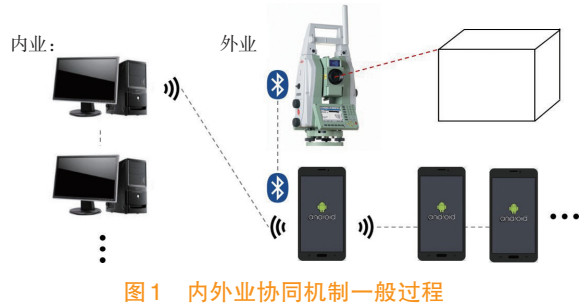



图1 内外业协同机制一般过程

根据上述过程，内外业协同机制实现需有3种关键技术的支持，第一种关键技术是测量机器人应同步采集控制及碎部数据供内业计算。第二种是测量机器人采集的数据需通过蓝牙无线传输至Android设备并通过移动网络传输至内业设备。第三种是Android设备接收展示内业成果，并能进行草图编绘等操作。

### 2.2　内外业协同机制实现及应用

内外业协同机制已在规划测量领域得到了较好的实现及应用，图2是主要的作业过程。

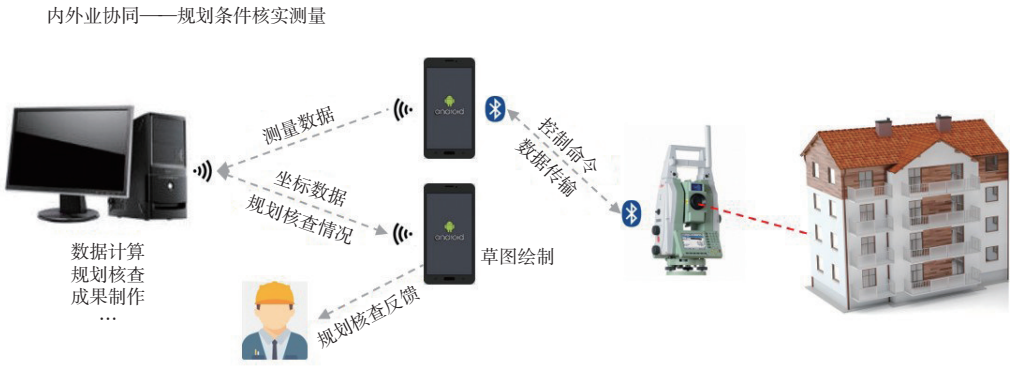



图2　内外业协同机制应用于规划测量示意图

1）Android设备利用编制的测量软件实现与测量机器人蓝牙远程连接及控制，并发送GeoCom控制指令采用改进的一步测量法[9]同步采集控制及碎部原始数据，其中涉及规划核查的角点进行特殊点名标识。然后通过蓝牙传回Android设备储存为内业软件可读取格式的文件。

2）Android设备通过即时通信软件将测量数据文件传给内业设备，内业设备对数据进行读取检查、数据计算，绘制涉及规划核查的建筑边线并标注退距等情况，并将坐标成果及核查情况传输给外业Android设备。

3）外业人员将规划核查信息反馈给建设方，Android设备测量软件展绘坐标同步进行草图绘制等工作。

内外业协同机制在规划测量的应用改变了常规逐步实施的作业方式，并能及时反馈建设工程的规划符合情况，提高了工作效率，取得了良好的社会效益及经济效益。

## 3　结　语

基于测量机器人与Android通信控制实现的基础上，提出了外业测量、内业成图、外业核查的协同作业机制。在规划测量领域得到了较好的应用，并能推广在变形监测、设备安装等领域，极大的提高了作业效率，同时为测量机器人与Android通信控制、远程或自动测量技术研究、Android测量程序开发提供了参考。研究成果若与Android GIS类地图应用等结合，并利用移动设备搭载的GPS等实现项目路线规划、作业监测及应急救援、现场情况调查及上传等，能进一步提升项目管理能力。

## 参考文献

[1]　张文，黄声享，李洋洋. 基于测量机器人的自动化变形监测系统设计与实现[J]. 测绘工程，2018，27(2):37-41

[2]　梅文胜，张正禄，郭际明，等. 测量机器人变形监测系统软件研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版)，2002，27(2):165-171

[3]　柏文锋. 精密三角高程测量系统的研究与实现[D]. 武汉:武汉大学，2008

[4]　张海玲，于胜文. GeoCOM接口技术及其在测量中的应用[J]. 测绘工程，2005，14(2):38-40

[5]　薛凯，高俊强. 利用Android蓝牙实现全站仪数据传输的分析[J]. 交通科技与经济，2016，18(3):64-67

[6]　申翔翔，王鲁，谢楚鹏，等. Android中多线程机制的探究[J]. 科技广场，2015(6):234-239

[7]　闫伟，叶建榜. 多线程技术在android手机开发中的应用[J]. 信息通信，2012(1):46-47

[8]　廖永生，丘小春. 基于智能定位手机的影像信息内外业一体化核查系统[J]. 测绘与空间地理信息，2015，38(12):171-174

[9]　高建伟，宣伟. 大比例尺数字测图中“一步测量法”的优化及应用[J]. 城市勘测，2015(2):115-118

[10]　李旺民. 基于移动设备的全站仪内外业一体化方法研究[J]. 地理空间信息，2018，16(1):71-73