

# 基于 STM32 的居民社区门窗禁控制系统<sup>①</sup>

陈振亚<sup>1</sup>, 蒋 泰<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(桂林电子科技大学 计算机科学与工程学院, 桂林 541004)

<sup>2</sup>(广西瀚特信息产业股份有限公司, 桂林 541004)

**摘要:** 针对居民社区公共门窗管理不及时, 耗费大量人力资源, 且效率较低等问题, 设计了一款基于 STM32 单片机的居民社区门窗禁控制系统. 在传统的门禁控制系统的基础上, 系统利用 Zigbee 无线传感网技术, 实现门窗禁控制器之间的无线通讯. 管理用户可以通过以太网远程控制系统, 系统也可以根据传感器监测到的环境数据实现自动调节. 同时, 尝试采用一种基于频率捷变的分布式自适应干扰技术, 解决系统在居民居住环境中遇到的 Wifi 网络信号干扰问题. 最后, 通过测试表明, 该系统运行稳定, 具有广泛的应用前景.

**关键词:** STM32; 门禁系统; 门窗调节; Zigbee

## Door and Window Access Control System Based on STM32 for Residential Community

CHEN Zhen-Ya<sup>1</sup>, JIANG Tai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(School of Computer Science and Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

<sup>2</sup>(Guangxi Hunter Information Industry Co., Ltd., Guilin 541004, China)

**Abstract:** A door and window access control system based on STM32 MCU was designed to address such problems as non-timely management, large consumption of human resources, and low efficiency typical of public door and window management in residential communities. The system, based on traditional door access control design, utilizes Zigbee wireless sensing network technology to implement the wireless communication among door and window access controllers. The system, which is controllable by the administrator user by means of the Ethernet, is additionally capable of automatic regulation in response to the environmental data detected by the sensors. Also, distributed self-adapting interference technology based on frequency agility is used in an attempt to solve the WIFI signal interference encountered in residential community environments. This system is then tested and is found to work stably, promising a prospect of extensive application.

**Key words:** STM32; door access control system; door and window regulation; Zigbee

## 引言

随着物联网技术的进步, 智慧社区和智能家居逐渐进入人们的生活, 人们希望自己的生活能够在新技术的帮助下更安全、更健康. 在居民社区中存在大量的公共门窗, 如楼梯门窗, 走廊门窗等. 由于管理不及时, 这些门窗往往处于常闭或开闭不及时等状态. 有研究表明<sup>[1]</sup>, 室内外空气质量存在着一定的相关关系, 但人的主动行为仍是影响室内空气质量的关键因素, 及时的开闭门窗, 有利于改善建筑物内的空气质

量. 目前国内大多数的智慧社区设计方案中门禁系统的研究<sup>[2,3]</sup>主要集中在改善识别方法, 提高系统安全性等方面; 而在智能家居系统研究中<sup>[4]</sup>, 人们主要关注私人门窗的管理, 对公共门窗一体化管理涉及较少.

本文设计了一种基于 STM32 单片机的居民社区门窗禁控制系统. 系统采用射频卡识别和指纹识别相结合的身份识别方式提高安全性. 系统对采集到的环境信息进行数据分析和计算, 然后通过 Zigbee 无线传感网技术<sup>[5]</sup>, 实时控制远端门窗禁模块进行调节. 随

① 基金项目: 国家工业和信息化部 2014 年国家物联网发展补助资金项目(工信部科函[2014]351 号)

收稿时间: 2015-11-10; 收到修改稿时间: 2015-12-31 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005261]

随着网络技术在国内的发展,家庭环境中的 Wifi 网络随处可见,而 Zigbee 信号和 Wifi 信号同属于 2.4G 频段信号,研究表明 Zigbee 信号可能会受到 Wifi 信号的严重干扰<sup>[6]</sup>.为了保证系统无线通讯的可靠性,尝试采用吴琼等<sup>[7]</sup>提出的基于频率捷变的分布式自适应干扰技术解决干扰问题.

### 1 门禁系统总体设计

门窗禁控制系统采用有线网络与无线网络相结合的设计模式.无线网络使用目前智能家居和智能建筑领域中应用广泛的 Zigbee 技术. Zigbee 技术具有功耗低、时延短、成本低等特点,技术支持星状、树状和网状 3 种网络拓扑结构.通过分析居民建筑的特点,系统决定采用网状网络拓扑结构.如图 1 所示网状网络结构是在树形结构的基础上实现的,它支持多路由器节点直接互联,虽然有存储空间开销大的缺点,但是增强了系统的可靠性.

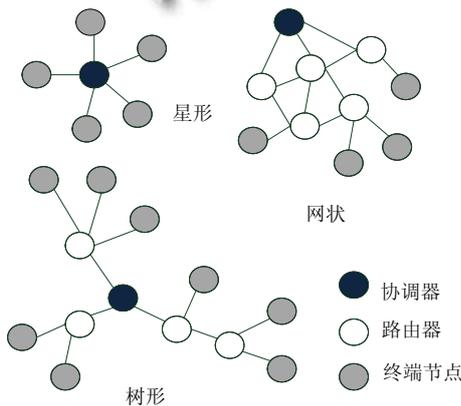


图 1 Zigbee 网络拓扑图

智能门窗禁控制器扩展有 Zigbee 无线通讯模块,作为 Zigbee 组网中的路由器和终端设备,与带有协调器的嵌入式网关进行 Zigbee 自组网.嵌入式网关通过协议转换,将接收到的 Zigbee 数据转换为 TCP/IP 数据,再通过以太网接口发送给社区的综合管理中心服务器.物业等管理用户可以通过登录社区门禁管理网站,对门禁系统进行权限下发、管理控制等操作,系统总体结构如图 2 所示.

为了降低居民居住环境中 Wifi 网络信号对系统的干扰,通过分析决定采用基于频率捷变的分布式自适应抗干扰技术(DAAFA).与其他抗干扰技术相比,DAAFA 技术的不同之处在于,可以根据干扰区域和

干扰强度动态的切换信道,而不是整个网络都转移或切换到同一信道,减少了系统资源的开销和浪费. DAAFA 技术主要分为干扰检测和干扰避免两部分,节点通过检测误包率、RSSI 来判断是否出现干扰,然后终端节点通过向父节点发送干扰检测请求消息判断干扰强度,最后根据干扰强度和干扰区域,选择不同的干扰避免机制.

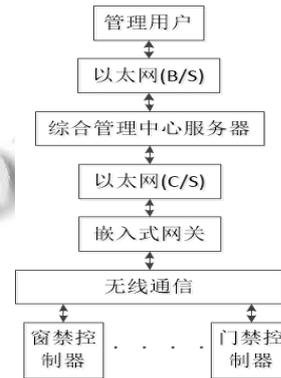


图 2 系统总体结构图

### 2 系统硬件设计

根据系统内各个硬件设施的功能特性,采用不同的 STM32 芯片和硬件设计,在满足功能需要的同时,降低系统的成本. Zigbee 无线通信模块统一采用德州仪器公司的 CC2530 芯片,芯片通过串口与 STM32 控制器连接.

#### 2.1 嵌入式网关硬件设计

嵌入式网关<sup>[8]</sup>需要实现 Zigbee 自组网和 Zigbee 协议与 TCP/IP 协议的数据转换等功能,根据系统设计的需要,采用基于 Cortex-M4 内核的 STM32F407ZGT6 作为嵌入式网关的控制芯片. STM32F407ZGT6 是意法半导体公司推出的高端网络微控制芯片,拥有以太网控制接口和丰富的片上资源,同时内置了大容量的高速存储器(1024KB 的 Flash 和 192KB 的 SRAM), DSP 功能强大,还支持 SIMD 指令,使得运算能力大大提高.嵌入式网关硬件设计结构如图 3 所示,使用 STM32F407ZGT6 芯片内置的 MAC 模块,通过 RMI 连接方式外接 PHY 芯片实现以太网功能.通过 SPI 总线外接 W25Q128 芯片扩展 Flash 容量,使用 FSMC 接口外接 IS62WV51216 芯片扩展 SRAM 容量.预留串口、USB 端口为后续系统升级提供支持.

#### 2.2 门禁控制器硬件设计

门禁控制器硬件结构如图 4 所示.微控制器采用

STM32F103ZET6 芯片, 读卡器采用多协议射频读卡器. 多协议读卡器能读取目前绝大多数常见的 13.56MHz 的高频卡, 能直接准确分辨使用 ISO14443A、ISO14443B、ISO15693 协议的卡, 如二代身份证、非接触式 CPU 卡等. 这样不仅给用户提供了多种选择, 而且非接触式射频卡具有识别距离远、识别速度快、使用寿命长等优点. STM32F205 指纹识别模块可以存储 1000 多个指纹, 门禁控制器只需通过串口命令对其进行控制. 由于指纹模块成本较高, 根据安全性需要, 只在主要出入口的门禁控制器上加装指纹识别模块. STM32 芯片通过 SPI 总线外接 W25Q64 外部 Flash 芯片, 用于保存权限信息和刷卡信息等, 保证门禁控制器有一定的脱机运行能力.

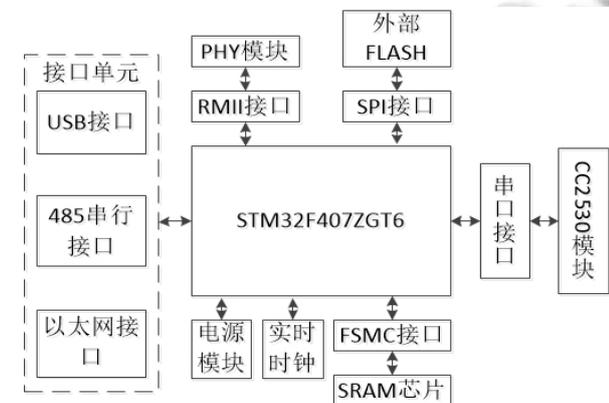


图 3 嵌入式网关硬件结构图

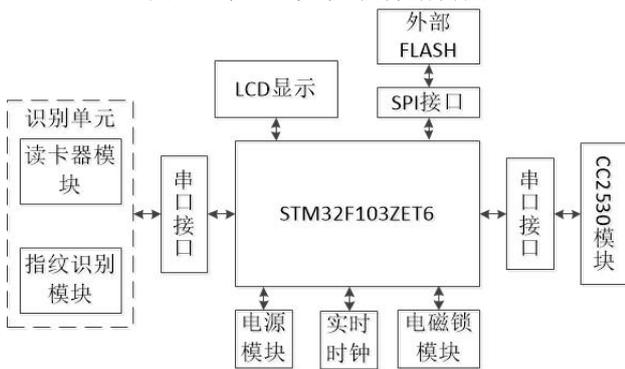


图 4 门禁控制器硬件结构图

### 2.3 窗禁控制器硬件设计

与门禁控制器类似, 窗禁控制器采用 STM32F030C8T6 作为控制芯片, 通过 PWM 接口外接电机芯片驱动电机, 实现窗户的自动开闭管理. 窗禁控制器采用机械按钮加刷卡的方式人工打开. 为了监测空气质量, 控制器加入 PPD42NS 颗粒浓度传感器监

测 PM2.5 浓度, 加入 DHT11 传感器检测温湿度. 控制器根据采集到的环境信息对窗禁进行调整, 并将信息发送给嵌入式网关. 硬件结构如图 5 所示.

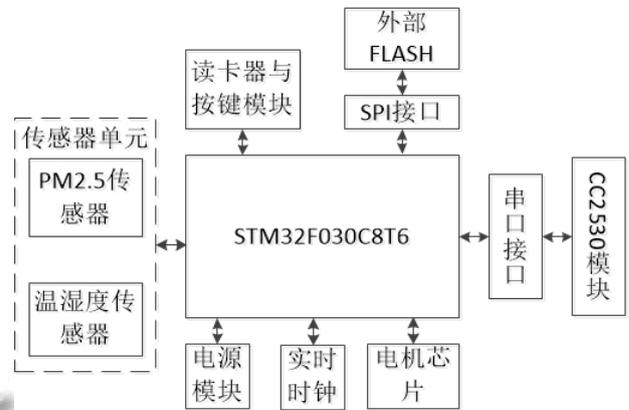


图 5 门禁控制器硬件结构图

## 3 软件设计

### 3.1 Zigbee 协议栈移植

Z-Stack 是 TI 公司提供的 Zigbee 协议栈, 完全支持 CC2530 片上系统解决方案, 在应用协议栈时, 只需要进行相应的配置. 主要过程如下: 修改协议栈配置文件中的网络参数, 设置初始信道值; 编写底层驱动, 如 hal\_uart.c、hal\_timer.c 等文件中的相应驱动函数; 配置底层选项; 最后编写应用层程序并调试.

Z-Stack 协议栈采用分层结构, 整个协议栈软件运行在类操作系统 OSAL 之上, OSAL 的本质是一个任务资源管理器, 协调各个层之间的任务调度. 在具体应用时需要先调用 HAL\_BOARD\_INIT() 函数初始化系统时钟、调用 zmain\_vdd\_check() 函数检测芯片电压等完成系统初始化, 直至调用 osal\_start\_system() 系统函数.

### 3.2 嵌入式网关软件设计

嵌入式网关作为 Zigbee 网络中的协调器完成系统组网, 同时实现与综合管理中心服务器的通信. 移植实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ <sup>[9]</sup>, 提高系统运行效率, 同时移植嵌入式领域广泛应用的 LWIP 协议栈实现以太网通讯.

移植  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  到 STM32 时, 需要修改与 CPU 相关的几个文件. 首先在 os\_cpu.h 文件中设置需要的宏定义; 然后在 os\_cpu\_a.asm 文件中实现 PendSV\_Handler() 函数用于任务切换; 最后在 os\_cpu.c 文件中主要实现 OSTaskStkInit() 函数和

OS\_CPU\_SysTickHandler()、OS\_CPU\_SysTickInit()等函数用于初始化任务创建和初始化系统时钟,屏蔽stm32f40x\_it.c文件中相应函数.移植过μC/OS-II后,再移植LWIP协议栈<sup>[10]</sup>,具体步骤如图6所示.

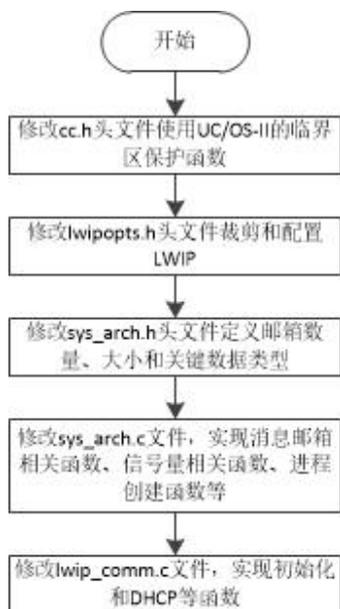


图6 LWIP协议栈移植流程图

网关程序流程如图7所示.在完成硬件初始化、操作系统内核初始化和协议栈初始化后,通过调用OSTaskCreate()函数创建各个任务.主要包括网络处理任务、串口处理任务、FLASH读写任务和USB处理任务等.加入网络成功后,系统处于循环侦听状态,根据任务优先级和延迟进行任务之间的切换.

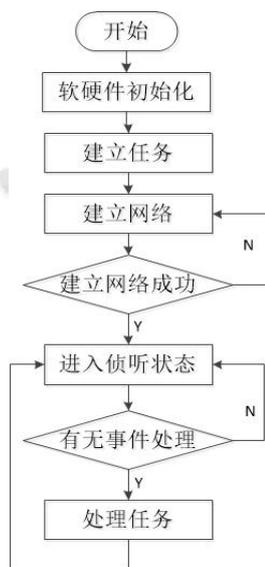


图7 嵌入式网关程序流程图

### 3.3 门窗禁控制器软件设计

门窗禁控制器的主要功能有:(1)加入 Zigbee 网络;(2)根据传感器采集到的环境信息自动调整,并将采集信息发送给嵌入式网关;(3)读取门禁卡或指纹识别信息激活权限,使用户进行人工操作,并将操作记录发送给嵌入式网关;(4)接收嵌入式网关的控制命令,完成相应操作;(5)检测无线网络干扰情况,根据干扰程度不同采取不同干扰避免机制.在设计中门窗禁节点全部设置为路由,当路由不再转发信息时将自动退化为终端节点.

门禁控制器程序流程如图8所示.管理用户通过社区综合管理中心服务器进行通行卡的注册和下发,同时将注册信息保存在门禁控制器的存储单元里,这样在脱机状态下门禁控制器仍然能够进行识别工作.当有人员持卡进入时,门禁控制器将刷卡信息和刷卡时间保存在存储单元中,同时将存储单元中的信息上传到服务器,如果上传成功返回成功信息.

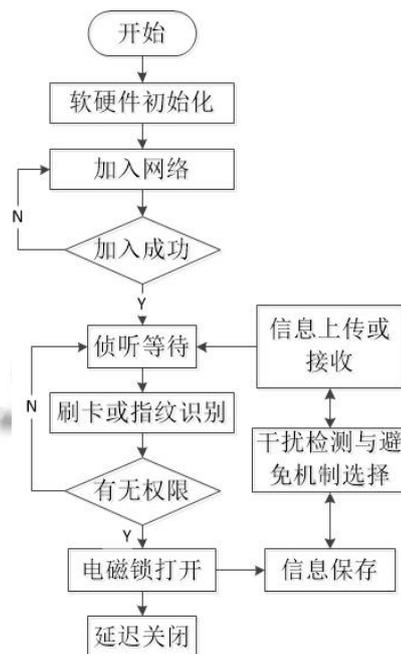


图8 门禁控制器程序流程图

窗禁控制器程序流程如图9所示.如果有用户通过刷卡使用窗禁时,系统会从最近的存有权限信息的节点读取权限信息,并将刷卡记录上传给服务器.管理用户可以通过综合管理中心向窗禁控制器下发命令进行控制,窗禁控制器也可以根据采集到的环境信息自动调整.借用 USEPA 在 1997 年制定的环境空气质

量标准 PM2.5 的日均浓度值 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  作为参考标准 (2016 年中国拟实施标准日均浓度 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 当室内 PM2.5 浓度高于 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 如果此时室外 PM2.5 监测值低于 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 开窗通风; 而在室外 PM2.5 监测值高于 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  时, 关闭窗口。

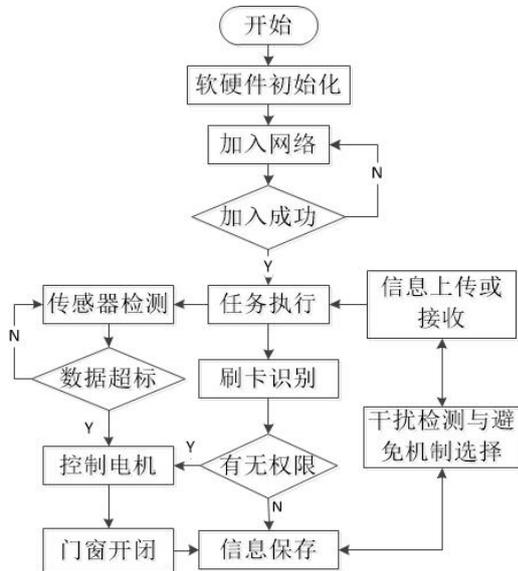


图 9 窗禁控制器程序流程图

根据系统的实际需要, 对 DAAFA 技术进行了一些改进。在终端节点检测干扰时, 不仅仅向父节点发送干扰检测消息, 而是向相邻节点都发送, 这样可以快速的检测出干扰区域。然后根据区内节点和区外节点进行不同的通讯决策。这样做虽然在单次通信时增加了系统开销, 但从整体上看则提高了系统运行效率, 节约了系统开销。

#### 4 实验测试

模拟测试布局如图 10 所示, Wifi 发射设备与 Zigbee 节点相距为  $d_2$ , 与 Wifi 接收设备相距  $d_1$ 。Zigbee 节点与协调器相距  $d_3$ 。Wifi 设备与 Zigbee 设备模拟测试参数如表 1 所示。

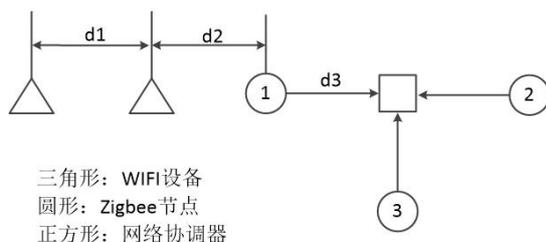


图 10 模拟测试布局

表 1 测试参数表

参数	信道速率	发射功率	包长	包产生率
Zigbee	250kbps	1/mW	200/bytes	10pkt/s
Wifi	11Mbps	100mW	1700/bytes	饱和发送

首先在轻微干扰的环境下进行 ZigBee 组网测试。设置  $d_1=15\text{m}$ ,  $d_2=10\text{m}$ ,  $d_3=15\text{m}$ , 通过网线将嵌入式网关与 PC 机连接起来, PC 机设置为服务器端, 网关设置为客户端。通过网络调试助手检测网络组建情况。测试结果如图 11 所示, 系统成功建立, 并返回已经加入网络的节点地址和状态信息。通过输入命令可以控制窗禁的关闭。



图 11 模拟测试布局

在重度干扰环境下, 设置  $d_1=2\text{m}$ ,  $d_2=1\text{m}$ ,  $d_3$  不变。Wifi 发射功率为 100mW 左右, 饱和发送。通过检测各节点的误包率 (PER) 判断, 节点 2 和节点 3 受到的干扰较轻微, 节点 1 受到严重干扰, 但其误包率仍然维持在 7% 左右, 说明系统具有很好的抗干扰能力。节点 1 误包率随  $d_2$  的变化如图 12 所示。

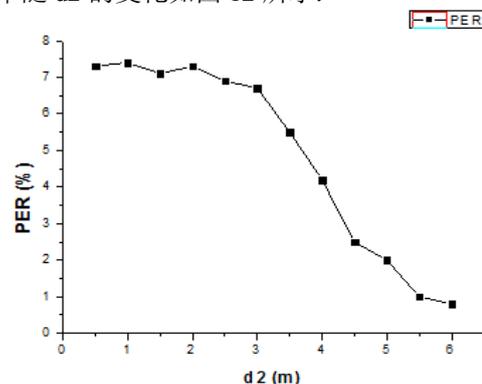


图 12 节点 1 误包率随  $d_2$  的变化

## 5 结论

本文研究的门窗禁控制系统根据社区居民建筑的特点,将门窗禁控制、无线通信、环境监测等技术进行融合,使得公共门窗可以通过身份识别进行控制,提高了社区的公共安全.由于门窗的开闭都可由系统自动完成,不仅提高了物业管理的效率,同时节约了物业管理的人力成本.系统经过测试运行稳定,通过自动调节门窗,有效的改善了居民建筑物内空气的流通,成功移植使用的 DAAFA 抗干扰技术有效的减少了系统受到的 Wifi 信号干扰.系统整体具有一定的实用性和推广价值,经济潜力巨大.

### 参考文献

- 1 石华东.室内空气 PM2.5 污染的国内研究现状及综合防控措施.环境科学与管理,2012,37(6):111-114.
- 2 何遥.智慧社区的现状与发展.中国公共安全,2014,Z2: 70-75.
- 3 王建高.门禁系统的最新发展及应用.中国安防,2014,3:72-74.
- 4 马蕊.现代家居智能化发展及应用研究[学位论文].北京:北方工业大学,2014.7.
- 5 吴世通.基于 ZigBee 技术的无线门禁系统[学位论文].苏州:苏州大学,2013.6.
- 6 Guo W, Healy WM, Zhou MC. Interference impacts on ZigBee-based wireless mesh networks for building automation and control. 2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). IEEE. 2011. 3452-3457.
- 7 吴琼,袁建英.基于 ZigBee 和 WiFi 的抗同频干扰技术研究.仪表技术与传感器,2013,(12):102-104.
- 8 陈琦,韩冰,秦伟俊,黄甫伟.基于 Zigbee/GPRS 物联网网关系统的设计与实现.计算机研究与发展,2011,48(2):367-372.
- 9 Labrosse JJ. 邵贝贝,译.μC/OS-II——源码公开的实时嵌入式操作系统.北京:中国电力出版社,2001.
- 10 Jintao QDW. Implementation of LwIP in the μC/OS-II. Ship Electronic Engineering, 2006, 4: 24.