

设施农业 3G+VPN 远程监控系统的设计与实现

劳凤丹^{1,2} 余礼根¹ 滕光辉^{1*} 朱骏君²

(1. 中国农业大学 农业部设施农业工程重点开放实验室,北京 100083; 2. 中国农业大学 网络中心,北京 100083)

摘要 为解决国内部分设施农业园区地处偏远,急需远程监控,但有线网络接入成本高,多数设施所在地区有线网络接入困难的问题,基于 3G(the 3rd Generation)无线上网卡+无线路由器的无线通信模块,采用 VPN(virtual private network)技术、PPTP(point to point tunneling protocol)技术等设计具有通用性、部署方便、成本低、通信线路长时间稳定的远程监控系统。该系统解决了 3G 私有 IP 寻址困难的问题,为设施农业数字化技术应用提供了高带宽且价格低廉的双向无线网络解决方案。实际应用结果表明:该系统可从 Internet 远程监测基地环境参数,调控基地服务器设备及观看到流畅清晰的实时视频(视频服务器码率预设为 512 kbit/s)。

关键词 设施农业; 3G; VPN; 远程监控

中图分类号 TN 99 文章编号 1007-4333(2011)02-0155-05 文献标志码 A

Design and implementation of 3G+VPN monitoring and control system for protected agriculture

LAO Feng-dan^{1,2}, YU Li-gen¹, TENG Guang-hui^{1*}, ZHU Jun-jun²

(1. Key Laboratory of the Ministry of Agriculture for Agricultural Engineering in Structure and Environment, China Agricultural University, Beijing 100083, China;
2. Network Center, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract A remote monitoring and control system based on 3G+VPN was designed and implementation to meet the remote video monitoring requirement in protected agriculture. It provides a sufficient video bandwidth and cheap wireless network access solutions. Results show that the system has characteristics of high universality, low cost, good expansibility and high reliability; and can be easily applied to the sites of protected agriculture, where there is no wire network connected to Internet, to meet the needs of remote monitoring and control. Now this system has been put into use in school experimental base, through which we can monitor environmental parameters remotely, control base server device, and watch the smooth clear real-time video (video server code rate for 512 kbit/s preset).

Key words facility agriculture; 3G; VPN; remote monitor and control

设施环境监测控制是实现设施农业生产自动化高效化的重要的环节^[1],关系到动植物的疫病控制、产品健康安全生产、提质增效等。农业监控系统除测动植物生长环境参数外,目前国内外设施农业中基于音视频监测的研究非常活跃^[2-4]。

农业设施一般地处偏远,与 Internet 连通的几种有线网络通常无法部署:1)光纤网络地理位置偏

僻,拉光纤费用巨大,带宽年租金昂贵;2)设施内除了有水和电供应外,没有有线电话,无法使用 ADSL(asymmetric digital subscriber line)等基于电话线的网络业务;3)电力上网条件不具备。然而,很多情况下需要技术人员远程监控或急需专家进行远程诊断。如何在没有有线网络的条件下,借助于无线网络,远程监控设施状态,特别是实现实时视频监控,

收稿日期:2010-09-12

基金项目:国家自然科学基金面上项目(31072066);中国农业大学研究生科研创新专项资助(15050204)

第一作者:劳凤丹,高级工程师,博士研究生,主要从事计算机网络及数字农业专业研究,E-mail:laofd@cau.edu.cn

通讯作者:滕光辉,教授,博士生导师,主要从事数字农业及设施农业环境控制专业研究,E-mail:futong@cau.edu.cn

具有重要的意义。

传统的无线网络传输数据可采用以下 2 种方式:通过 GPRS(general packet radio service)或卫星传输。理论上 GPRS 的最高传输速率为 171.2 kbit/s,但实际上由于受到网络和终端显示条件的限制,实际速率一般只能达到 20.0 kbit/s,因而这种技术只能实现一些简单参数的传输,不可能用于远程实时监测视频^[5]。卫星传输是理想的传输视频的无线方式,美国等发达国家卫星通信已经相当普及和价格低廉,但目前在国内,受其昂贵费用的限制只主要应用于政府部门、国防军队、新闻媒体、海关、外交、战备通信、远洋运输等领域^[6]。刚推出不久的 3G 网络因其具有更宽的流媒体带宽将成为理想的无线信道,可借助此平台进行远程监控^[7-9]。

针对无法有线接入 Internet 网络的农业设施对网络服务的需求,本研究旨在设计并实现一种价格成本低、部署方便、数据传输安全可靠、扩展容易,能实现远程视频监控甚至是双向视频交互的无线网络解决方案。

1 主流技术选择

本研究选取 3G+VPN 技术实现远程监控:3G 提供无线网络解决方案,VPN 技术解决网络安全接入问题以及基地设备远程可控可管理问题。

1.1 3G 标准选择

目前,国际电信联盟(ITU)接受的 3G 标准主要有如下 3 种:WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA。虽然都属于宽带 CDMA 技术,但一些关键技术仍存在着较大的差别,性能上也有所不同^[10]。其中 WCDMA 称为宽带码分多址(wideband code division multiple access),这是基于 GSM(global system for mobile communications)网发展出来的 3G 技术规范,是欧洲提出的宽带 CDMA 技术,与日本提出的宽带 CDMA 技术基本相同,目前正在进一步融合。CDMA2000 是由窄带 CDMA(CDMA IS95)技术发展而来的宽带 CDMA 技术,也称为 CDMA Multi-Carrier,是由美国高通北美公司为主导提出,摩托罗拉、Lucent 和后来加入的韩国三星都有参与,韩国现在成为该标准的主导者。TD-SCDMA(Time Division-Synchronous CDMA)称为时分同步 CDMA,该标准是由中国大

陆独自制定的 3G 标准,1999-06-29,中国大唐电信向 ITU 提出^[5]。

目前我国三大电信运营商分别使用不同的 3G 标准:联通运营 WCDMA,电信运营 CDMA2000,移动运营 TD-SCDMA。各个运营商 3G 的理论速度是:联通 3G 上网 WCDMA 的下行理论峰值高达 7.2 Mbit/s,上行最高速率为 5.8 Mbit/s;电信 3G 上网 CDMA2000 EVDO 的下行理论峰值则是 3.1 Mbit/s,上行最高速率为 1.8 Mbit/s;移动 3G 上网 TD-SCDMA G3 的下行理论峰值是 2.8 Mbit/s,上行最高速率为 384.0 kbit/s^[11-12]。理论上联通的 3G 带宽最大。在中国农业大学上庄基地环境中,项目组做了联通和电信的 3G 上网速度测试,联通信号强度和通信质量为优,因此最终本项目选择了联通的 WCDMA。

1.2 VPN 技术选择

VPN 是虚拟专用网,被定义为通过公用网络建立 1 条临时的、安全的连接。虚拟专用网是对企业内部网的扩展,可以帮助远程用户、公司分支机构、商业伙伴及供应商建立到达公司内部的可信的安全连接,并保证数据的安全传输。

目前,联通的 WCDMA 在出口使用了 NAT(network address transaction)技术,用联通 WCDMA 上网的设备获取到的 IP 是联通分配的私网 IP。NAT 的应用破坏了 IP 的端到端模型,从 Internet 无法直接访问和控制处于 NAT 后方的这些设备,必须要借助额外的技术手段。本系统考虑设置 VPN 服务器、VPN 客户机并配置 VPN 之间路由的方式实现基地网络的可控可管理。VPN 所选择的协议是点对点隧道协议(PPTP),PPTP 工作在第 2 层,是一种支持多协议虚拟专用网络的网络技术。

2 3G+VPN 远程监控系统的开发

2.1 系统需求

3G+VPN 远程监控系统最终要达到的主要目的是:通过视频系统实现远距离监控试验基地动物行为试验的功能,可同步显示试验基地的内外环境参数,并实现远距离人员对话,便于不在现场的试验主管通过现场操作人员遥控试验内容。同时,本系统将试验基地内部设备联网后,可远程监控实验室

整体水、电等费用支出消耗大项的实时数据,便于相关管理措施的实施。具体本系统需要实现如下的核心功能:

- 1) 基地服务器设备共享一个 3G 上网卡,基地用户上网共享另一个 3G 上网卡,二者线路分开。
- 2) 基地服务器 IP 固定分配,用户 IP 由 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) 服务器动态分配。
- 3) 基地用户认证上网并计费。
- 4) 3G 按流量收费,需控制 3G 上网成本,避免不必要流量损失。
- 5) 授权用户从任何地点可远程监测环境参数、调控基地的服务器和试验设备。
- 6) 基地外可播放流畅的精细度较高的基地实时视频。
- 7) 基地外与基地间的双向音频交互。
- 8) 基地环境数据的实时采集、异常预警与本地存储,并定时备份到远程专门服务器。
- 9) 手机短信平台每天定时发送最新采集信息。
- 10) 3G 通信线路长时间稳定。

2.2 系统设计

2.2.1 系统组成

基于上述系统需求,设计并实现了 3G+VPN 远程监控系统(图 1),包括:VPN1 系统、VPN2 系统、VPN3 系统、2 套无线路由器+WCDMA 上网卡、环境监测综合管理系统、认证及计费系统、10 套

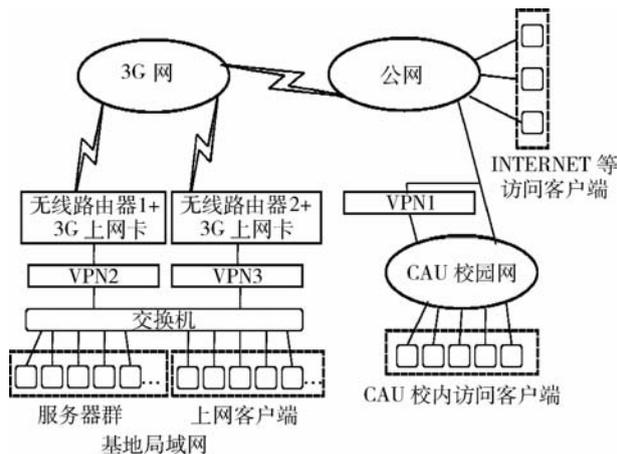


图 1 3G 远程监控系统组成原理图

Fig. 1 Schematic diagram of 3G video surveillance system

视频服务器系统、8 套环境采集系统等类服务器。以上组成部分中,除了 VPN1 系统放置于基地外部(目前放置在中国农业大学局域网中),要求必须分配真实的公网 IP 外,其余都放置在基地的小局域网中,分配基地的私网 IP 即可。

基地内网络汇聚设备选用 H3C 公司的 S5100-24P-EI 交换机;视频服务器选用北京诚嘉永欣科技发展有限公司的 H. 264-3511 网络视频编码器产品;无线路由器选用合力万通公司新上市的 2 台 WCDMA 无线路由器 HT-3GW 产品;3G 上网卡采用联通的 WCDMA,并购置 150 元/(3G·月)的费用套餐;基地内外的 3 台 VPN 系统全部用安装有 RouterOS^[13] 软件的服务器承担。

为了把用户上网线路和服务器上网线路分开,保证服务器有足够的独享带宽以便于远程监测视频,目前在基地内部署了双 3G 出口线路。其一是服务器与外界的通讯线路:服务器流量走无线路由器 1 内的 3G 上网卡;其二是基地用户的上网线路:用户经由无线路由器 2 内的 3G 上网卡上网。

2.2.2 远程访问基地网络的关键技术

通过联通 3G 上网的无线路由器所获得的 IP 为私有地址,无法直接定位和控制。为了远程监控基地设备,本系统的关键技术是巧妙设置有固定公网 IP 的 VPN1 作为访问的中转跳板(图 2)。关键设置如下:

1) 设置 VPN1 为双网卡,外网口连公网线路,内网口连校园网;并设置以公网为缺省路由,校园网为静态路由的路由策略。目的是让 VPN1 和 3G 一样都走公网,减少或避免以 VPN1 为跳板造成的网络延时。

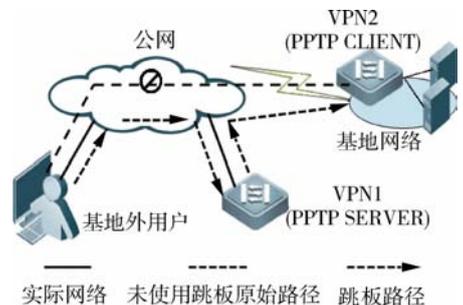


图 2 使用 VPN1 跳板访问基地设备

Fig. 2 Borrow lines from VPN1 to visit base servers

2)设置 VPN1 为 PPTP 服务器,并分配 IP 地址池;在 PPTP 服务器上创建 1 个专供 VPN2 使用的客户端认证帐号 vip,并分配 1 个固定的远端 IP 地址绑定到此 vip 账号。

3)在 VPN2 上添加 1 个 PPTP Client,并指定拨号服务器为 VPN1 服务器的外网口 IP,指定用步骤 1)创建的帐号及密码来进行拨号验证。

4)在 VPN1 上手工添加 1 条路由,设定 VPN1 通过步骤 1)分配的远端 IP 来访问基地所用的地址段。

只有在 VPN2 的 PPTP Client 以 vip 账号自动拨通 VPN1 并建立两者间的 PPTP 隧道以后,才会生成此条路由的名为 pptp-vip 的虚接口,从而实现互访,而在拨通前路由接口为 unknown 状态,此时是无法远程访问到基地设备的。外界与基地服务器的通讯数据流全部走无线路由器 1 内的 3G 上网卡。

2.2.3 基地局域网的设计

试验基地预先部署了局域网,集中接入机房 S5100 交换机并在交换机上做了 ACL 安全策略,只设置 192.168.100.0/24 单个 VLAN(virtual local area network),但在实际使用中区分为前后两段。前半段 IP 由管理员静态分配给服务器和网络设备,前半段 IP 的缺省网关指定为 VPN2 的内口地址 192.168.100.1,后半段 IP 动态分配给用户 PC,缺省网关指定为 VPN3 的内口地址 192.168.100.129。为了使基地内的服务器与用户 PC 直接能互联互通,服务器及用户 PC 的子网掩码特别的都设置为:255.255.255.0。

VPN3 上设置和启用了 DHCP 服务;设置上网认证方式为 Radius(remote authentication dial in user service),配置 Radius 服务器的 IP 以及通讯密钥等参数。基地用户 PC 接上网线后,则会自动获得由 DHCP 服务器分配的局域网 192.168.100.0/24 后半段的 IP 地址,可访问局域网内的服务器,但无法直接访问外网,用户只有通过 radius 的账户认证建立 PPTP 到 VPN3 的连接以后,才会再次获得 VPN3 服务器分配的虚拟远端 IP,最终走无线路由器 2 内的 3G 上网。认证及计费系统的开发基于 RedHat4 操作系统,采用 Freeradius + Mysql + PPTP 的架构,使用 Java、Perl 开发语言。

环境监测与综合管理系统基于 Java+Struts+Mysql 架构开发,运行在 TOMCAT 服务器平台上,包括环境数据采集、视频监控、短信信息平台等子模块。

3 效果及讨论

目前该系统在中国农业大学上庄试验站设施农业动物环境实验室已试投入运行。基地的 VPN2 被设置为 PPTP 客户端自动拨通 VPN1,基地外的 PC 只需要用另外的认证帐号也拨通 VPN1,则会获得 VPN1 地址池中的 1 个远端 IP 及访问基地网段的路由,此时这台 PC 和基地 VPN2 就会处在同一个虚网中,至此,用户就可以像在基地局域网一样用基地设备的私有地址去访问和控制,可进行 ping、telnet、http、SSH 或远程桌面登陆等操作,从而实现了设备的可控可管理。

视频服务器的视频码流经现场验证可在 300~800 kbit/s 范围内设置,目前大部分设置为 512 kbit/s,通过 VLC 媒体浏览器或通过 http 访问方式,可从远程流畅地访问到基地的任意一台视频服务器,并可进行云台控制。

目前 3G 网络按流量收费,本系统特别设置了视频服务器视频流的传输为被动接受用户访问请求的 http 方式,即有访问需求才传送视频数据,而不是主动的推送视频流的 udp 方式,很好地避免了不必要的流量损失。同时,可在 VPN2 服务器中设置防火墙,只允许规定的服务器 IP 数据流通过,杜绝用户私设服务器段地址占用服务器流量线路带宽的情况发生。

试运行过程中发现,由于单个 3G 上网卡的带宽限制,无法满足 4 个以上的互联网用户并发访问基地的视频服务器需求,建议通过增添新的无线路由器及 3G 上网卡解决带宽的问题。另外,每经过 1 周左右的运行周期,VPN2 到 VPN1 的 PPTP 隧道会断开,须重启 VPN2 才能恢复。目前在 VPN2 的调度任务中设置每天凌晨 2 点整自动重启 ROS2,自动重启脚本设计如下:

```
/system scheduler add name=reboot interval=24h start-time=05:00:00 on-event={/system reboot} disabled=no.
```

4 结束语

本研究借助 3G 技术解决了视频传输高带宽需求的问题,采用 VPN 技术解决了 Internet 中私有 IP 难以控制的问题,为没有有线网络接入的试验基地提供了一种经济可行的远程监控方案,互联网用户可以访问 3G 网络内部试验基地的监控平台及服务器资源,试验基地的用户也可以通过 3G 网络访问互联网的资源,从而形成了融合移动网与固网的综合视频应用。此方案可以类似推广到各种农业设施中。

所设计的远程监控系统存在的不足是,目前还不能无间断运行,进一步还应进行以下 2 方面的研究:1)VPN 断线自动重拨的功能开发,进一步提高系统稳定性;2)实现音视频的双向交互与即时通讯,目前笔者正在用 Openmeetings^[14]进行这方面的开发。

参 考 文 献

[1] 王风云,朱建华,赵一民,等. 设施环境无线监控系统的设计与实现[J]. 农业工程学报,2008,24(7):146-150

[2] Cangar O, Leroy T, Guarino M, et al. Automatic real-time monitoring of locomotion and posture behaviour of pregnant cows prior to calving using online image analysis [J]. Computers and Electronics in Agriculture,2008,64(1):53-60

[3] Aydin A,Cangar O,Eren Ozcan S,et al. Application of a fully automatic analysis tool to assess the activity of broiler chickens with different gait scores [J]. Computers and Electronics in

Agriculture,2010,73(2):194-199

[4] Poursaberi A, Bahr C, Pluk A, et al. Real-time automatic lameness detection based on back posture extraction in dairy cattle:Shape analysis of cow with image processing techniques [J]. Computers and Electronics in Agriculture,2010,74(1):110-119

[5] 解东光,张峰,张晓宇. 基于 3G 技术的配电变压器远程监测系统[J]. 电测与仪表,2009,46(527):13-15

[6] 王昆. 基于卫星宽带网络的综合通信指挥系统:PDA 客户端的设计与实现[D]. 北京:北京交通大学,2009

[7] Parkvall S, Peisa J, Torsner J. WCDMA enhanced uplink-principles and basic operation[J]. IEEE Vehicular Technology Conference,2005,61(3):1411-1415

[8] 刘博,宋俊德. 3G 业务平台体系架构的研究[J]. 移动通信,2005,29(9):60-63

[9] 赵建洋,丁卫红. 基于 3G 流媒体的养殖场远程监测控制系统研究[J]. 计算机测量与控制,2009,17(12):2400-2406

[10] 王奉乾,敬海霞,李大学. 基于 VxWorks 的 3G 技术统一平台 [J]. 计算机工程,2008,34(16):271-273

[11] 张明起. 中国联通、中国电信、中国移动的 3G 速度对比[EB/OL]. (2009-01-29). http://labs.chinamobile.com/groups/100082_11217

[12] Do News. 3G 速度对比[EB/OL]. (2010-05-13). <http://www.donews.com/tele/201005/82254.shtm>

[13] Mikro Tik. RouterOS Feature catalog. Q1-Q2 2010 [EB/OL]. (2010-5-14). http://download.mikrotik.com/what_is_routeros.pdf

[14] Openmeetings. OpenMeetings Wiki Main Page [EB/OL]. (2010-03-03). <http://code.google.com/p/openmeetings/wiki/MainPage?tm=6>

(责任编辑:刘迎春)