

基于RTP的矢量数据流式传输研究

苗茹¹, 宋佳^{2,3*}

- (1. 河南大学计算机与信息工程学院 遥感信息处理实验室, 开封 475004;
2. 中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101;
3. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023)

摘要 针对 WebGIS 中大规模矢量数据的网络传输问题, 提出采用流式传输方式分批次向客户端传输所需数据, 从而达到矢量数据在线实时应用的目的。通过研究流式传输机制, 建立了适应于矢量数据流式传输的服务框架; 按照流式传输的要求, 对矢量数据进行分块组织, 保证每个批次的要素作为独立的单元传输并在客户端处理; 在传输过程中, 实时传输协议实现了矢量数据流式传输机制, 并参照流媒体文件“边传边播”的模式, 设计了矢量数据的封装和解包算法。该方法实现了矢量数据的发送和接收, 达到了多次往复传输的目标, 且能通过差错控制和压缩加密等手段提高数据传输效率、保证数据传输质量和安全。实验证明, 矢量数据的流式传输能降低约一半的数据传输量, 有效地提高了传输效率, 降低了系统响应时间。

关键词 网络地理信息; 流式传输; 流媒体协议; 空间要素; RTP 数据包

DOI:10.3724/SP.J.1047.2015.01029

1 引言

网络地理信息系统(WebGIS)是 Web 技术和地理信息系统(GIS)共同发展的结果, 是获取、传输、发布、共享和应用地理信息的重要方式^[1]。WebGIS 以 Web 服务的方式, 实现服务器与客户端之间的数据交换, 主要提供栅格与矢量 2 种格式的数据传输方式。栅格数据在 Web 端的处理和应用已经较为成熟, 而矢量数据在网络中的传输效率, 以及在 Web 客户端实时显示和处理的复杂性, 一直是研究的关键问题^[2-4]。其中, 大规模矢量数据在空间数据库中的组织和存储及在网络上的传输机制是 2 个重要技术^[5]。文献[6]、[7]通过对空间矢量信息的综合、选取和简化, 获得不同尺度的地图, 从而降低传输时间, 提高显示效率。文献[8]融合了在线制图综合技术, 提出了面向服务的矢量数据渐进传输框架。文献[9]先将简化版本的矢量地图发送到客户端, 然后根据需要再传输高分辨率版本的地图。此

外, 文献[10]–[12]还提出了矢量数据拓扑一致的选择性渐进传输机制, 通过数学分析来解决矢量数据在传输过程中出现的由于化简而产生的地图拓扑不一致的问题。

尽管网络带宽经过多年的发展已得到很大提升, 但是, 在面对大规模矢量数据或针对无线终端设备应用时, 单纯的化简依然会导致传输时间过长、响应不够及时、矢量数据在线渲染过程推迟等现实问题^[13-15]。在提高矢量数据传输的效率研究中, 以艾廷华和艾波^[16-18]为代表的学者主张在网络传输环节采用“流媒体”传输方式, 借鉴流媒体“边下载, 边显示”的模式, 从而缩短用户等待时间。已有研究主要集中在矢量数据初级尺度变化积累和多尺度组织上^[19-21], 而鲜有在“流媒体”的核心技术——实时传输协议层面和流式往复传输机制上展开讨论, 而这恰巧是流式传输的关键环节。

因此, 矢量数据在线实时应用中, 为了提高系统响应速度, 需加强对网络层传输环节的研究, 其

收稿日期 2015-03-16; 修回日期: 2015-04-26.

基金项目 国家自然科学基金青年基金项目“面向地图可视的矢量数据流式渐进传输研究”(41201411); 资源与环境信息系统国家重点实验室自主部署项目“陆地表层系统数据-模型共享研究与应用示范”(O88RA900KA)。

作者简介 苗茹(1979-), 女, 河南开封人, 博士, 讲师, 研究方向为空间数据处理与可视化。E-mail: mr1015@126.com

***通讯作者** 宋佳(1980-), 男, 山西太原人, 博士, 助研, 研究方向为空间数据组织, 地学数据共享和信息化。

E-mail: songji@lreis.ac.cn

中,采用何种传输机制和算法,是矢量数据渐进传输亟待解决的问题。事实上,在Internet协议栈中已经存在为了支持流媒体(视频、音频等)通信而设计的实时传输协议(RTP/RTCP协议),相对于HTTP协议的延迟性和单次无状态的连接,更适合于流式传输。本文实现以RTP/RTCP的矢量数据流式传输为目标,研究矢量数据的流式组织形式、载荷格式和组包算法,从而建立矢量数据流式传输机制。通过设计矢量数据流式传输的Web原型系统,并结合1:100万中国基础地理数据流式传输的实现,验证了本方案的可行性和有效性,达到矢量数据在线实时应用的目的。

2 矢量数据流式传输框架设计

矢量数据的流式传输是为了解决在网络环境下,大规模矢量数据和有限的网络传输速度之间导致的传输瓶颈问题。矢量数据的流式传输包括服务器端的矢量要素流式组织形式、传输环节中使用的流媒体技术和协议,以及客户端的缓存及应用处理环节。

2.1 流式传输与流媒体传输协议

矢量数据的网络在线应用往往需要低延迟的数据响应,因此可采用“边传输,边显示”的方式。矢量数据的流式传输与普通传输方式的最大不同是分批次、多次往复的传输数据并不断累积显示,这与流媒体的传输机制基本一致。因此,可借鉴流媒体传输机制,实现矢量数据的流式传输过程。流式传输方式如图1所示。

实时传输协议(RTP/RTCP)主要面向多媒体

“流式传输”的需求产生,通过流媒体服务器,将封装好的数据流实时发送到客户端,是有状态的端对端双向协议^[2]。RTP是实际传输数据的协议,用于实际承载媒体数据并提供端对端的传输服务。客户端仅需要维持一个很小的缓冲区即可解码数据,使得时延能够控制在2 s之内,从而大大缩短了响应时间。RTP传输机制的实时性和低延迟性能满足Web环境下大规模矢量数据“边传输,边显示”的应用需要。当移植应用到矢量数据流式传输后,由于流媒体数据与矢量数据在逻辑结构方面存在差异,矢量数据难以直接运用满足流媒体数据编码机制和技术的RTP载荷格式和组包算法,因此,需对矢量数据进行重新组织,设计满足流式传输的数据组织模式。另一方面,为了保证数据流式传输的效率,RTP协议一般运行在高效的UDP协议之上。而UDP协议提供的是不可靠的信息传送服务,故还需考虑丢包、延迟、传输到达顺序变化等情况下的质量控制机制。

2.2 矢量数据流式传输框架

矢量数据流式传输就像流媒体那样连续不断地传输并显示后续的矢量数据,直到当前的详细程度和区域范围满足客户端用户的要求为止。整个流式传输框架如图2所示,总体分为服务器端的矢量数据组织环节、网络传输层的流式传输环节、客户端缓存及处理应用环节。

服务器端的流式传输单元主要结合RTP协议的组包格式,设计可独立分块传输的矢量数据基本结构,形成流式传输单元,保证每个批次的要素能作为独立的单元传输并在客户端处理。网络传输中的流式传输过程,主要设计适应于矢量数据的RTP载荷格式和RTP组包算法,包括确定RTP载荷的大小、设计传输矢量数据的编码方式、实现数据的传输过程和重建等。同时,保障流式传输中的数据质量和安全。客户端主要实现矢量数据的接收和缓存,然后进行解包、信息重构等操作,以实现Web端实时显示的应用目标。

3 适用于流式传输的矢量数据组织模型

当前的矢量数据存储格式(如Shapfile),大多是基于桌面GIS设计,并不适用于流式传输,因此,需对矢量数据结构进行重新组织,设计适用于流式传输的数据结构。

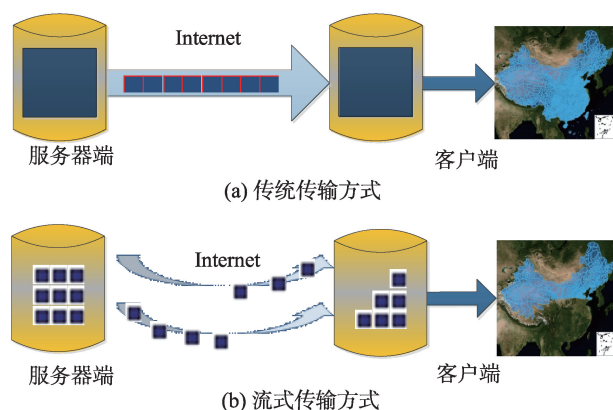


图1 传统传输方式与流式传输方式

Fig. 1 Traditional transmission and streaming transmission

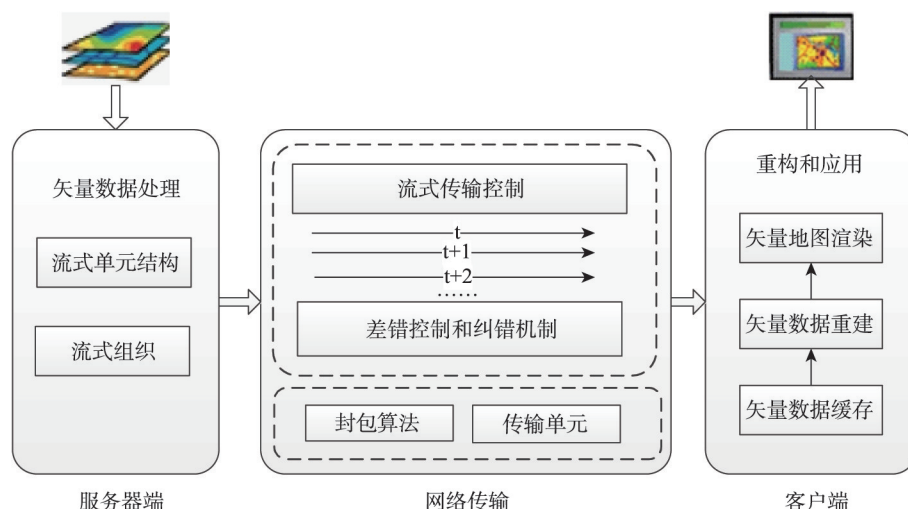


图2 矢量数据流式传输框架

Fig. 2 Framework of streaming transmission of vector data

3.1 矢量数据流式组织方式

在流式传输过程中,流媒体文件通常采用分块的方式,将视频或音频数据分解为一个个压缩包,传输时通过读取分包信息将压缩包缓存到客户端。流式传输中的矢量数据实际也需有分块机制,这种独立分块结构意味着分块后的每个流式传输单元可独立显示,而不依赖于其他传输单元,从而实现矢量数据的“边传输,边显示”。

根据流媒体文件的组织方式和RTP协议的载荷格式,设计了一种适应于流式传输的矢量流格式Vector Data Stream(VDS)。一个VDS包括数据头(Stream Header)和数据体(Stream Body)2部分,如图3所示。

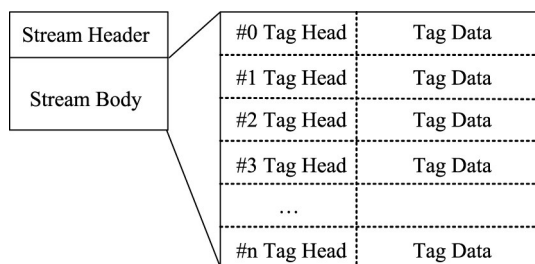


图3 VDS的结构

Fig. 3 Structure of Vector Data Stream

每个单独的Tag只能包含一种类型的要素,可以是点、线、面等,不同的Tag可包含不同类型的要素。因此,独立分块的矢量结构,可在一个文件中同时包含点、线、面、多点、多线、多面等不同类型的矢量要素,达到点、线、面同步传输的目的。

Stream Header主要说明当前矢量流的基本信息,其结构如图4所示。

“VSD”	1	Tag数目	CRC-32
标志位 (4 Bytes)	版本号 (4 Bytes)	Tag的数目 (4 Bytes)	校验码 (4 Bytes)

图4 Stream Header各字段的含义

Fig. 4 The meaning of fields in Stream Header

Stream Body结构由Tag Head和Tag Data组成,每个字节的含义如图5所示。Tag Head主要包含每个矢量流分块的编号、大小和要素类型,当传输到客户端时按照编号顺序排列,逐一显示;Tag Data是该矢量流分块的核心,为二进制编码流,涵盖了点、线、面等几何要素信息,客户端可根据Tag Head中的要素类型进行解析。其中,Tag ID从“0”开始编号,ID为0的Tag Data为onMetaData Tag,放关于矢量数据分级的参数信息,该类型Tag会跟在Stream Header后面作为第一个Tag出现而且只有一个。

Tag ID	Tag Type	Tag Data Size	Tag Data
编号 (4 Bytes)	要素类型 (4 Bytes)	Tag大小 (4 Bytes)	几何要素信息 (字节序列)

图5 Stream Body各字段含义

Fig. 5 The meaning of fields in Stream Body

矢量数据流式组织中,要素几何部分的数据结构,主要是OGC(开放地理信息系统协会)的WKB(Well-Known Binary)编码规范。WKB矢量为二进制编码,能描述较为丰富的矢量数据格式,适用于计算机处理和网络传输。为了适用于流式传输,对

其进行了改进,删除了重复的字段定义。

3.2 矢量数据分块控制与高效压缩

矢量数据分块结构中,每个 Tag 的大小表示矢量数据流中独立分块的大小,也限制了客户端一次能够显示的几何要素的个数。因此分块不宜过大,过大的分块会包含过多的几何要素,一次性读取时会影响客户端的显示效率;但是,如果分块太小,又会增加传输的次数,降低传输效率。参照当前的网络环境,按 10 Mbps 带宽保守计算,理论上的最大下载速度为 1.25 MB/s。如果以 2 s 最低响应时间考虑,每次传输的分块数据不宜超过 3 MB。由于矢量数据到达客户端之后还需进行解析和可视化,因此,每次实际传输的数据应在 1~1.5 MB 之间。在矢量数据流式组织中,每个分块(Tag)的大小可控制在 1 MB 左右,这样既能保证客户端的响应速度,也不会浪费带宽。

分块后的矢量数据可进一步通过压缩来降低传输的数据量。数据压缩分为有损压缩和无损压缩,有损压缩是一种失真压缩,通过减少矢量数据中坐标点的个数从而降低数据量;无损压缩则可完全回复原始数据而不引起任何失真。由于矢量数据在客户端要根据分块信息进行重建和可视化,不能丢失原有数据的坐标信息,因此本文采用了压缩率较高的 GZip 编码对矢量数据进行无损压缩。GZip 方法是 LZ77 编码和 Huffman 编码的一个组合

体^[23],能对文本数据高效地进行压缩后传输,压缩比可达 40%~80%。分块后的矢量数据通过服务器端软件进行压缩,在浏览器端可自行解压。

3.3 矢量数据流式转换器

流式传输过程中矢量数据格式的转换也是非常重要的环节,针对常见的 Shapfile 矢量数据文件,按照 3.1 节描述的矢量流式组织方式,以及上述的分块控制和压缩方法,实现将 Shapfile 文件转换为矢量数据流的算法。

算法主要将 Shapfile 文件中的几何要素信息转换为 2 部分:Stream Header 和 Stream Body。其中,Stream Header 主要用来描述矢量流数据的基本信息。文件标识、版本号、文件头长度为固定值,直接写入文件即可;分块的数目需要将所有的要素信息读取完毕才能得到,所以需最后写入。Stream Body 中主要存储矢量要素的几何信息,由多组独立的 Tag 组成,包含几何要素的类型,以及实际坐标信息。Tag Type 根据 Shapfile 文件中读出的几何要素类型确定,分为 MultiPoint、MultiLine 以及 Multi-Polygon。坐标信息根据 Shapfile 文件实体信息中描述的坐标记录获取,按照改进的 WKB 格式构成 Tag。在转换时通过压缩算法进一步压缩数据量、提高网络传输效率。转换器算法框架如图 6 所示。

转换之后的矢量流式文件体积轻巧,适合在网络上进行传输和应用,原始的 ShapeFile 文件和转换

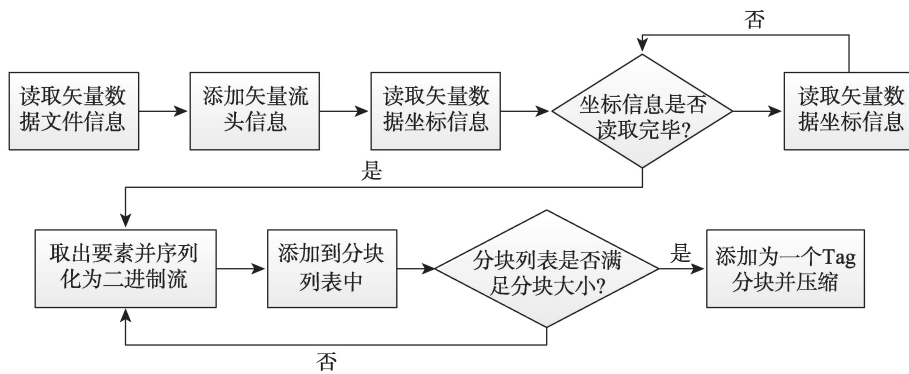


图 6 矢量文件转换器流程图
Fig. 6 Process of vector file converter

后的 VDS 文件大小之间的对比如表 1 所示。

4 基于 RTP 的矢量数据流式传输机制

矢量数据流式传输过程中,通过设计矢量数据的 RTP 封包和解包算法,实现发送端和接收端对矢

表 1 转换前后文件的大小对比
Tab. 1 Comparison of vector file sizes before and after the conversion

矢量文件	要素	要素	原始大小 (MB)	转换后的 大小(MB)
	类型	个数		
中国 1:100 万县级行政区	面	4459	66.52	33.50
中国 1:100 万等高线	线	96 786	144.67	72.42
中国 1:100 万居民点	点	35 602	3.84	1.01

量数据流的处理,有效地将流媒体传输协议应用于矢量数据的流式传输过程。

4.1 矢量数据流式传输机制

使用RTP协议进行矢量数据流式传输,首先,在服务器端将矢量数据流进行封包,然后,发送到客户端进行解包操作,具体过程如图7所示。

在发送端,矢量数据经过转换为矢量流格式后,打包成RTP数据包,利用UDP协议将其封装成UDP报文,然后交给IP层,在IP层中再打成IP包后发到网络上进行传输。RTP分组的首部格式如图8所示。

在接收端,传输到目的地的数据先通过RTP/UDP/IP协议的逆过程,进行解包,再解析矢量数据流进行显示。RTCP根据接收端收到的数据包的情况(如丢包等),判断网络拥塞状态,并将信息及时反馈给发送端,发送端可根据这些信息调整矢量数据的传输量。

RTP数据包由包头和载荷2部分组成。RTP包头提供了时间标签、序列号及其他具有实时性特征的结构用于控制数据的传输;RTP载荷(payload)是要传输的数据信息,这里为独立分块的矢量数据要素。RTP数据包的最大长度以一个矢量分块为单位,这样不会破坏矢量数据的坐标信息,便于接收端进行矢量要素的重建。封包时需加入矢量数据的分块序号、分块大小、矢量数据类型等结构信息,与几何要素坐标值一并封入RTP报文中。解包时

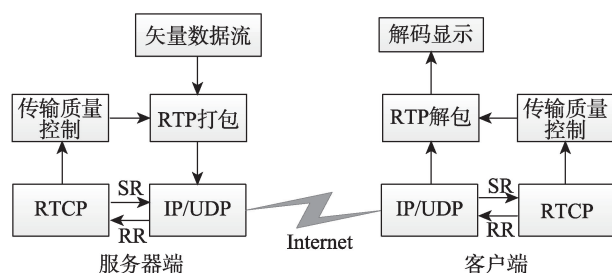


图7 基于RTP的流式传输框图

Fig. 7 Framework of streaming transmission based on RTP

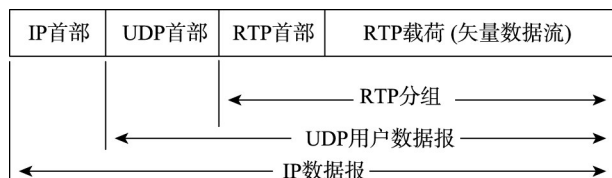


图8 流式传输过程中的RTP分组

Fig. 8 RTP packet of streaming transmission

根据封包结构,依次读出分块信息和几何坐标信息,按照序号顺序排列。通过读取每个Tag的大小信息取出Tag Data部分,再按照几何要素的存储结构解析矢量数据的几何坐标信息,从而进行在线渲染。

4.2 矢量数据流的发送和接收

矢量数据流通过RTP报文从服务器端进行发送,与普通流媒体文件发送的流程一样。首先,需设置好数据发送的目标地址,然后,接收从客户端传过来的消息,接着获取要发送的矢量数据流的大小,如果大于允许的最大分包数需分包发送。接着向目标地址发送矢量流数据,一般保存在客户端的缓存中,供客户端使用。再进行数据发送时,只需指明要发送的数据及其长度就可以了,全部发送完毕后关闭RTP建立的所有会话,并回收使用的资源。

客户端发送请求给服务器端之后就等待数据的接收。接收端首先需要连接好服务器端地址,设置缓存文件的位置,然后接收从服务器端发送来的数据,写入缓存。如果发送的矢量数据流小于允许的最大分包数,则一次写入,否则需分批写入。全部接收完毕后关闭RTP建立的所有会话,并回收使用的资源。RTP首部中说明数据包顺序的信息,是通过分块序号字段来描述的,它是数据以正确顺序进行恢复的关键。在接收端,如果能接收到数据分组的序号,说明没有发生数据的丢失情况。然后,通过序号进行排序,以解析出正确的矢量数据信息。服务器端发送和客户端接收矢量数据的流程如图9所示。

4.3 矢量数据流式传输质量控制与传输加密

RTP/RTCP可工作在TCP或UDP协议之上,由于UDP具有资源消耗小,处理速度快的优点,通常RTP/RTCP结合UDP传输实时数据。对可能出现丢包或差错的问题,即通过差错控制通知服务器端。一般而言,UDP协议的这种乱序性出现的很少,通常只在网络非常拥塞的情况下才可能发生,因此,只需当检测到错误发生时,通知发送端重发即可。此时,可采用网络数据通信中广泛使用的循环冗余校验CRC(Cyclic Redundancy Check)码,通过在原始的矢量数据载荷上,添加相应的CRC结构和定义重传的命令格式进行差错控制。重传命令格式(tagRepeatPackCmd)如表2所示。

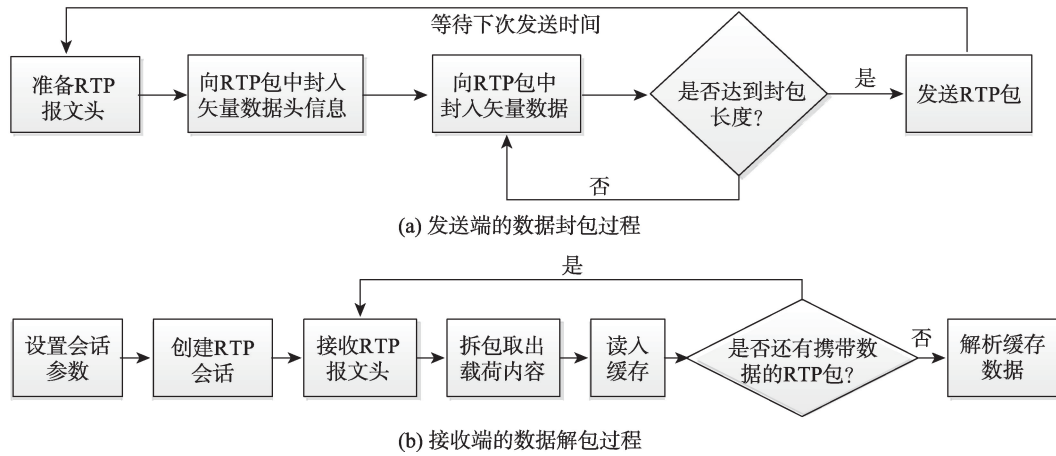


图9 RTP数据包的发送和接收流程图

Fig. 9 Sending and receiving RTP packets

表2 重传命令tagRepeatPackCmd结构

Tab. 2 Structure of tagRepeatPackCmd

位置	字段	含义	类型
Byte 0	PackSerialNo	重发的数据包序号	Int32
Byte 4	RepeatTimes	重发请求的次数(可选项)	Int32

此时发送的RTP载荷中有一个CRC编码字节,接收方收到以后,比较计算出的CRC和接收到的CRC是否一致,即可判断收到的数据包是否出错。接收方一旦发现CRC校验不对,发送一个重传命令给发送方,通知重传该数据包即可,如图10所示。

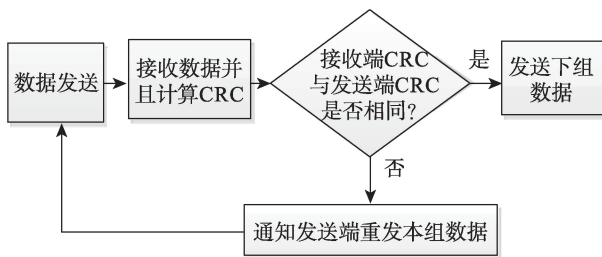


图10 矢量数据流式传输中的差错控制

Fig. 10 Error control of vector data streaming transmission

矢量数据在网络传输过程中存在安全问题,由于网络的安全性和共享性不断扩大,很容易截获传输过程中的明文数据,从而严重影响数据的保密性。因此,可对发送的矢量载荷进行加密处理,采用MD5、RSA等加密算法对其进程加密处理,保证矢量数据传输过程中的安全性。矢量数据密钥信息结构如表3所示。

表3 矢量数据的密钥tagSecretKey结构

Tab. 3 Structure of tagSecretKey

位置	字段	含义	类型
Byte 0	MD5SecretKey	MD5加密算法密钥	bit[32]
Byte 32	RSASecretKey	RSA加密算法密钥	bit[1024]

5 基于RTP的矢量数据流式传输原型系统

本节建立了一套矢量数据流式传输原型系统,通过实现原型系统的总体架构、模块组成和工作流程来验证相关方法和技术的可操作性和可达性,并对系统运行的实际结果进行了分析。

5.1 系统总体架构

系统以矢量数据流式组织模型、基于RTP/RT-CP的流式传输和浏览器端的可视化为主,总体架构如图11所示。

(1)基础设施层:提供系统运行的硬件资源、软件环境并保证网络的连通性。

(2)数据层:主要负责空间数据与属性数据的存储管理,对矢量数据文件进行流式组织管理。

(3)业务逻辑层:是整个系统的核心,主要包括矢量数据流式组织模块、传输模块和可视化模块。矢量数据流式组织模块主要用来将常用的Shape-File、Coverage、KML、GML等格式的矢量文件转换为具有独立分块信息的、适应于流式传输过程的矢量流式文件。流式传输模块主要负责和客户端建立RTP会话连接,然后发送矢量流数据到客户端。可视化模块主要通过轮询不断地从服务器端接收

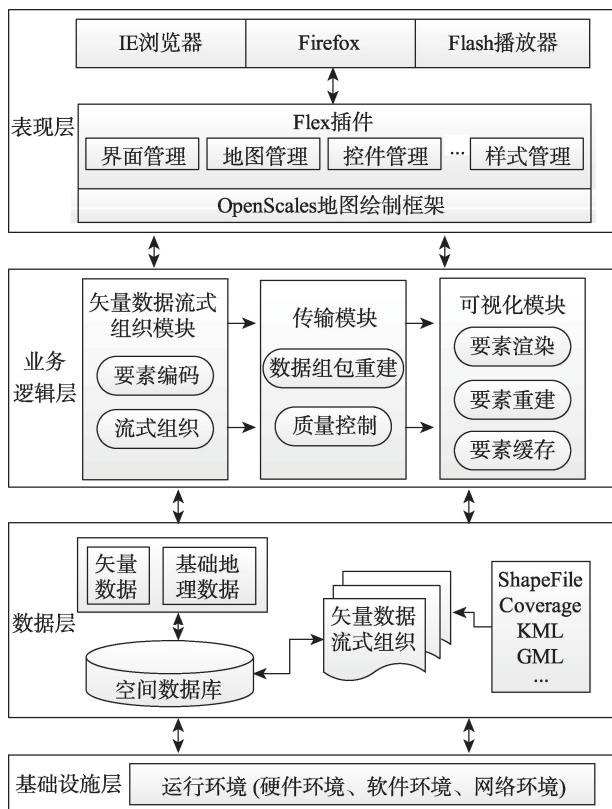


图11 原型系统的总体架构

Fig. 11 Architecture of the prototype system

矢量数据并缓存在客户端,然后按照矢量数据组织格式解析出几何要素的类型及其坐标信息,构建相

应的点、线、面几何对象在浏览器中显示。

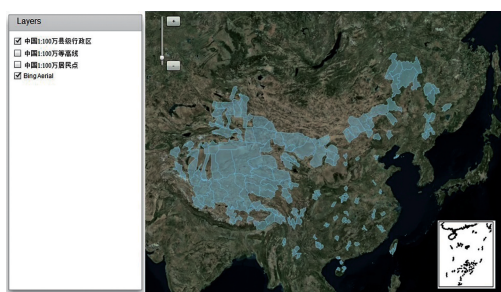
(4)表现层:主要分为浏览器、Flex 插件2大部分。浏览器基于Flash播放器为用户呈现可视化界面,主要接收业务逻辑层返回的信息并展示给用户。界面管理器和控件管理器主要负责地图界面的布局,地图管理器则是地图的容器,主要执行地图的显示、交互、分析等相关操作。

5.2 实验结果分析

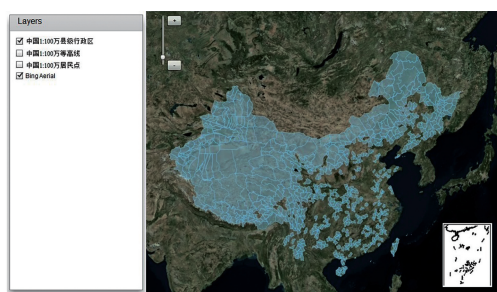
实验数据为1:100万中国基础地理数据库(数据来源:国家科技基础条件平台——地球系统科学数据共享平台),包括3类数据集:(1)“中国1:100万县级行政区”数据集,包含4459个多边形;(2)“中国1:100万等高线”数据集,包含96 786个线要素;(3)“中国1:100万居民点”数据集,包含35 602个点。其中,“中国1:100万县级行政区”数据集的流式传输显示结果如图12所示。

5.3 流式传输与WFS传输效率分析

为了验证矢量数据流式传输方式的有效性,本文与Web要素服务(WFS)进行了对比,并从数据传输量、传输时间、响应时间等方面说明流式传输的优势(图13)。WFS是开放地理信息系统协会(OGC),在面向互联网地理信息服务的应用中提出的HTTP协议的空间地理数据操作接口规范^[24]。OGC的规



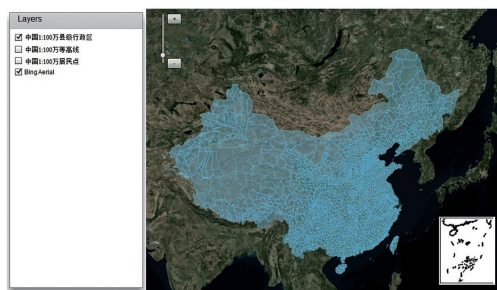
(a) 显示1个分组



(b) 累积显示5个分组



(c) 累积显示10个分组



(d) 所有分组全部显示完毕

图12 1:100万县级行政区流式显示过程

Fig. 12 The streaming web mapping for the 1:1M county-level divisions in China

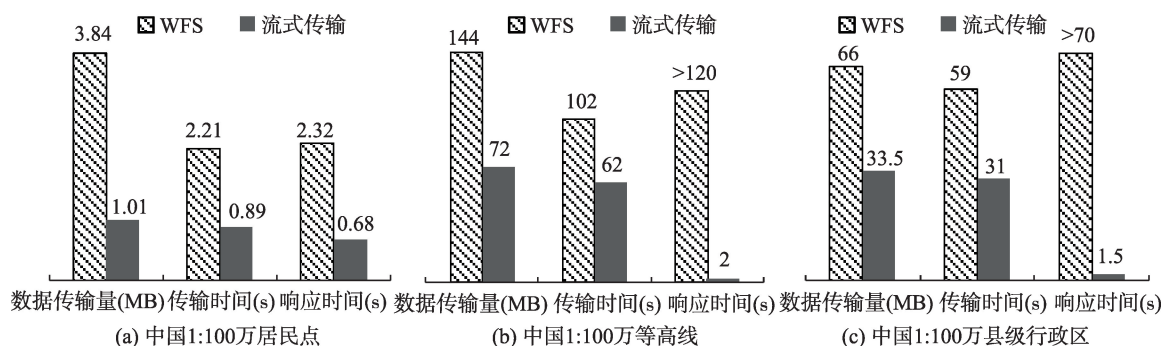


图13 WFS与流式传输效率对比

Fig. 13 Comparison of transmission efficiency between WFS and RTP streaming

范主要从理论出发,设计比较完整和详细,但在实际应用中效率不高。然而,由于WFS是OGC建议的真正实现矢量地图传输的规范,所以,目前大部分WebGIS中,矢量地图服务仍通过WFS提供矢量数据的网络传输和在线显示。因此,本文与WFS传输对比,具有一定的代表性和典型性,而且能直观地反映出HTTP协议和RTP协议的区别。

图13中数据传输量指客户端向服务器端发出请求后,客户端接收到全部数据计算出的数据字节大小。由于WFS返回的数据是GML描述的文本格式,添加了大量的描述符和标志信息,并且以文本格式存储,因此,数据量明显大于矢量流的二进制格式。以流式分块组织的矢量数据结构减少了冗余描述信息,并采用数据压缩技术存储几何要素的坐标信息,能降低约51.3%的数据传输量,有效地减少了传输时间。

图13中传输时间指从服务器接收客户端的请求,然后将请求的数据全部发送到客户端所消耗的时间。由于WFS传输的数据量大于流式传输的数据量,其传输时间也较流式传输要更长。本系统比WFS在传输时间上减少了40%以上,大大提高了传输效率。

图13中响应时间指客户端向服务器端发送请求,而后到客户端浏览器首次开始渲染数据所经历的时间。WFS需全部数据传输完毕后一次性显示,而流式传输模式只需要接收到第一个矢量分组之后就可以渲染。因此,在数据量较大的情况下,其响应时间要远小于WFS的响应时间,一般来说能在3s之内开始显示矢量要素;而WFS必须等到全部数据传输完毕才能显示,因此,响应时间远远大于流式传输,甚至失去响应。

由此可见,对于大规模矢量数据的传输,本文

提出的流式传输方式和技术能减少数据传输量和传输时间,从而大大缩短了WebGIS系统的响应时间,有效地改善了客户端的用户体验。

6 结束语

本文探讨了大规模WebGIS矢量数据组织模式、网络流式传输机制及相关的技术方法。从矢量数据流式传输的整个过程出发,对服务器端数据处理环节、网络传输层环节及客户端数据缓存与重建环节,提出了一整套矢量数据流式传输的体系结构。在流式传输的关键环节——网络传输过程中,将带有状态信息的流媒体实时传输协议移植到矢量数据的网络传输环节,代替传统的HTTP协议,实现了矢量数据的流式传输。在传输过程中通过差错控制保障传输质量,能更好地支撑矢量数据流式传输在网络传输的应用实现,为现有的空间数据网络传输方法注入了新思想。本文的工作主要有:(1)通过设计矢量数据的独立分块存储结构,使之能够适应于流式传输过程,满足大规模矢量数据“边传输,边显示”的应用目的;(2)针对RTP/RTCP协议的格式,设计了矢量数据RTP数据包的封包和解包算法,实现了矢量数据的发送和接收,达到了多次往复传输的目标;(3)通过实现差错控制和加密压缩技术,提高流式传输过程中的传输效率、保证服务质量和数据安全。实验表明,本文提出的流式传输方式能缩短用户响应时间,提高系统效率,达到大规模矢量数据在线实时处理的目的。

参考文献:

- [1] 张犁,林晖,李斌.互联网时代的地理信息系统[J].测绘学报,1998,27(1):9-15.

- [2] Bertolotto M, Egenhofer M J. Progressive transmission of vector map data over the world wide web[J]. *GeoInformatica*, 2001,5(4):345-373.
- [3] Buttenfield B. Transmitting vector geospatial data across the Internet[J]. In *Proceedings GIScience 2002, Lecture Notes in Computer Science*, 2002,2748 :51-64.
- [4] 杨必胜,李必军.空间数据网络渐进传输的概念、关键技术与研究进展[J].*中国图象图形学报*,2009,14(6):1018-1023.
- [5] 马劲松,徐寿成,朱大奎,等.“数字南海”空间关系数据库模型及传输协议设计与实现[J].*地球信息科学*,2007,9(6):59-64.
- [6] 黄浩生,李岩,肖昕.基于网络的空间矢量信息渐进传输的研究[J].*计算机工程与应用*,2007,43(21):153-156.
- [7] 杨素悦.空间矢量信息渐进传输研究与实现[J].*计算机工程*,2012,38(13):266-269,272.
- [8] David C C, Mario M T, Anselmo C, *et al.* A service-oriented architecture for progressive transmission of maps[C]. In: *Proceedings of IX Brazilian Symposium on GeoInformatics*, INPE 2007, November 25-28, 2007:97-108.
- [9] Kolesnikov A. Vector maps compression for progressive transmission[C]. *2nd International Conference on Digital Information Management*, IEEE, 2007,1:81-86.
- [10] Corcoran P, Mooney P, Bertolotto M, *et al.* View-and scale-based progressive transmission of vector data[J]. *Computational Science and Its Applications-ICCSA*, 2011:51-62.
- [11] Corcoran P, Mooney P, Winstanley A, *et al.* Effective vector data transmission and visualization using HTML5[C]. *GIS Research UK (GISRUK)*, 2011:179-183.
- [12] Corcoran P, Mooney P. Topologically consistent selective progressive transmission[J]. *Advancing Geoinformation Science for a Changing World*, 2011(1):519-538.
- [13] 温永宁,闫国年,陈旻.矢量空间数据渐进传输研究进展[J].*地理与地理信息科学*,2011,27(6):6-12.
- [14] Yang B S, Purves R, Weibel R. Efficient transmission of vector data over the Internet[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2007,21(2):215-237.
- [15] Zhang L, Zhang L, Ren Y, *et al.* Transmission and visualization of large geographical maps[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2011,66(1):73-80.
- [16] 艾波,艾廷华.矢量曲线数据的“流媒体”传输[J].*海洋测绘*,2005,25(3):17-20.
- [17] 艾波.网络地图矢量数据流媒体传输的研究[D].武汉:武汉大学,2005
- [18] 艾廷华,李志林,刘耀林,等.面向流媒体传输的空间数据变化累积模型[J].*测绘学报*,2009,38(6):514-519.
- [19] 杨军,石传奎,闫浩文,等.河网数据渐进式传输的自适应可视化研究[J].*测绘通报*,2013(1):45-48.
- [20] 刘鹏程,艾廷华,杨敏.基于傅里叶级数的等高线网络渐进式传输模型[J].*测绘学报*,2012,41(2):284-290.
- [21] 王刚.顾及要素特征的层次增量分块矢量数据组织与高效网络传输研究[D].武汉:武汉大学,2011.
- [22] Schulzrinne H, Casner S, Frederick R, *et al.* RFC 3550 RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications[S]. 2003.
- [23] Pierzchala S. Compressing Web Content with mod-GZip and mod-deflate[J]. *Linux Journal*, 2004:1-10.
- [24] 罗智勇,罗娟,赖德军.针对WFS服务的JSON数据传输方案研究[J].*地理与地理信息科学*,2012,28(1):111-112.

Streaming Transmission of Vector Data Based on RTP

MIAO Ru¹ and SONG Jia^{2,3*}

(1. School of Computer and Information Engineering, Henan University, Kaifeng 475004, China; 2. State Key Lab of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Beijing 100101, China; 3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographic Information Resource Development and Application, Nanjing, 210023, China)

Abstract: Over the past decade, WebGIS has been widely adopted in various applications to visualize and share geospatial information over the Internet. To address the Internet transmission problems regarding large-volume vector data, streaming transmission based on streaming media transmission protocol is proposed. This paper focuses on the organization mode and the streaming transmission mechanism of vector data, and a service framework for vector data streaming transmission is put forward. The framework consists of server-side vector data preprocessing, streaming progressive transmission, client-side vector data reconstruction and application. A vector data structure is designed which is taken to be an independent group storage. Each group is a separate

transmission unit, and the grouped features can be handled immediately after they arrive at the client side. This structure can support the data structure of point, polyline, polygon and other basic geometrics and abide by the OpenGIS standard encoding specification. The server-side preprocessing divides the originally stored vector data into several groups for progressive transfer. Referencing to the multimedia model, we propose an RTP-based streaming transmission schema on the basis of analyzing the packet headers of the RTP and RTCP. The RTP payload format is called vector data stream (VDS), and it is composed of a stream header and a stream body. The combination of RTP method with UDP for streaming transmission has better transmission efficiency than the XML-based WFS for web mapping applications. The error control method and security mechanism we proposed make up UDP's unreliable connection issue. The results are compared with WFS using 1:100 million Chinese basic geographic databases. The comparison reveals that the transfer size of WFS is larger than VDS and the transfer time of streaming transmission is approximately half of WFS's. Thus, the outline of a large-volume vector data map could be viewed quickly based on the proposed mechanisms and algorithms. The experimental results demonstrate the technical feasibility and usability of this approach.

Key words: Web GIS; streaming transmission; streaming media protocol; spatial feature; RTP packet

***Corresponding author:** SONG Jia, E-mail: songj@lreis.ac.cn