

基于累积偏移算法的线路矢量数据实时压缩

王 飞¹, 曾 燕¹, 赵小波², 刘胤田^{*}

(1. 成都信息工程学院智能信息处理实验室, 成都 610225; 2. 海南椰岛(集团)股份有限公司, 海口 570100)

摘要: 针对线路矢量数据实时采集和同步压缩应用需求, 本文提出具有高压缩率、低失真度特点的累积偏移实时压缩算法(CORC Algorithm)。算法突出对弯曲极值点和距离偏移的感知, 创新性地提出累积变向点和累积变向拐点的弯曲极值点探测方法, 提出距离累积偏移临界点的线路偏移快速判断方法, 从而有效提高算法对方向连续偏移的敏感度和对摇摆偏移的高压缩率, 提高线路矢量数据实时压缩的高保真性。累积偏移实时压缩算法在高限差阈值情况下仍能有效发现各类弯曲极值点和距离累积偏移临界点, 在 $O(N)$ 时间复杂性和 $O(1)$ 空间复杂性下取得高压缩率、低失真度的理想压缩效果, 实现了线路采集的零延时同步压缩。应用定时、定距两种采集策略生成的线路矢量数据集, 与垂距法(VD Algorithm)、分段道格拉斯-普克法(Subsection DP Algorithm)进行实时压缩性能实验对比, 结果表明, 累积偏移法作为实时压缩方法, 与上述两种主流实时压缩算法相比, 在压缩实时性、压缩率失真度平衡、限差阈值可控性3方面都具有明显的优越性。在同等压缩率情况下, 累积偏移压缩算法失真度普遍降低达10%, 且压缩率与失真度的平衡性受限差阈值取值和线路轨迹特征影响最小, 可实现线路的定位采集、实时压缩、同步网络上传, 在交通、旅游、探险搜救等领域的实时定位监控中具有广阔的应用前景。

关键词: 线路矢量数据压缩; 累积偏移实时压缩; 弯曲极值点; 移动定位; GPS

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2014.00173

1 引言

近年来, 随着数字移动通信技术和定位技术的迅速发展, 基于移动终端的实时定位监控、线路实时采集与无线网络上传的线路定位应用服务越来越成为一种趋势^[1-2], 在交通、旅游、探险搜救、休闲娱乐各领域得到广泛应用。国内外研究人员针对线路矢量数据实时压缩进行了广泛而深入的研究, 提出了很多有效的压缩算法。

传统的线路矢量数据实时压缩算法主要有垂距法、角度法、光栏法、分段道格拉斯-普克法(Subsection Douglas-Peucker)等^[3-7]。垂距法从曲线上依次取出3个点, 计算中间点到其他两点的连线的垂直距离(d), 然后通过比较与限差距离 D 之间的大小对中间点进行取舍; 角度法基本思想是顺序取出曲线上的3个点, 通过比较其夹角是否大于阈值 A 对中间点进行取舍; 光栏法则是定义一个扇形区域, 通过判断曲线上的点是否在扇形区域之内来

决定点的取舍。道格拉斯-普克法(Douglas-Peucker)的算法流程是计算曲线上所有的点到曲线首尾两点连线的距离并保存距离最大的值 d , 如果距离 d 小于限差距离 D , 则舍弃中间全部点, 否则, 利用类似二分法方法分别计算出起点到该点和该点到终点的最大值, 进行迭代取舍判断^[8]。分段道格拉斯-普克法, 是在道格拉斯-普克法的基础上, 提出对线路所采集的矢量数据先进行主观地分段, 后分别采用道格拉斯-普克法来选取保留点。

垂距法简单、速度快且支持实时压缩, 但容易将曲线的弯曲极值点丢失而失真, 并且当曲线缓慢转弯时该算法的处理效果不理想^[9]。角度法和光栏法的实现相对简单, 也支持实时压缩, 但缺点是不能解决小角度折线的问题且计算量较大^[10]。分段道格拉斯-普克法主要是为解决数据的实时压缩而设计的, 该方法原本是想继承道格拉斯-普克法具有旋转、平移和不变性的优点^[11], 但是, 由于道格拉斯-普克法本身的特点使得分段道格拉斯-普克法

收稿日期: 2013-05-27; 修回日期: 2013-09-25.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31071700); 国家公益性行业(气象)科研项目(GYHY201306044、GYHY201306059); 海口市重点科技计划项目(2012-027)。

作者简介: 王 飞(1989-), 男, 江苏灌云人, 硕士生, 研究方向为GIS技术、数据挖掘。E-mail: 467152455@qq.com

*通讯作者: 刘胤田(1972-), 男, 四川隆昌人, 教授, 研究方向为智能计算、信息集成与可视化。E-mail: liuyintian@cuit.edu.cn

在压缩率和失真度方面受到了很大限制,同时也继承了道格拉斯-普克法不能有效保留特征点和计算量较大的问题。不少学者针对分段道格拉斯法进行了改进,Hershberger和Agarwal等人^[12-13]提出了减少时间复杂度的改进方法,Wu等人^[14]提出了无自相交算法,还有一些学者引入遗传算法和动态规划算法来对其优化^[15-17]。近年来,国内外研究人员也提出了其他的压缩算法^[18-22],但这些算法大多只是对现有算法的改进且计算量较大,无法满足线路矢量数据的实时采集与同步压缩应用需求。

为满足线路矢量数据实时采集与同步压缩上传的高实时、高压缩率、低失真度标准,本文提出累积偏移实时压缩算法 CORC (Cumulative Offset Based Real-time Compression Algorithm),算法基于方向累积偏移关键点(累积变向点、累积变向拐点)和距离累积偏移临界点对冗余数据进行实时过滤,在高压压缩率下仍能保持很低的失真度。通过与分段道格拉斯法进行压缩性能比较,证明累积偏移法在实时压缩条件下实现了压缩率与失真度的有效平衡,具有很强的实用性。

2 累积偏移实时压缩算法

为提高实时压缩性能,CORC算法从弯曲极值点和距离累积偏移临界点的快速探测为突破,提出四点法的累积变向点、累积变向拐点、距离累积偏移临界点概念及其判断方法,以提高对于弯曲极值点和方向变化的敏感度。算法的目标是相对于分段道格拉斯法等线路矢量数据实时压缩方法,追求数据的实时高压压缩率和高可还原性,实现线路数据的采集、压缩、网络上传同步进行。

2.1 术语定义

(1) 变向点

给定3个线路点 $p_1(x_1, y_1)$ 、 $p_2(x_2, y_2)$ 、 $p_3(x_3, y_3)$,

以 $\angle(\overrightarrow{p_1p_2}, \overrightarrow{p_2p_3})$ 表示向量 $\overrightarrow{p_1p_2}$ 、 $\overrightarrow{p_2p_3}$ 之间的夹角,若 $\frac{\pi}{2} \leq \angle(\overrightarrow{p_1p_2}, \overrightarrow{p_2p_3}) \leq \frac{3\pi}{2}$,称 p_3 相对于向量 $\overrightarrow{p_1p_2}$ 发生了变向,其中 p_2 为变向拐点, p_3 为变向点(图1(a))。式(1)为变向的快速判断方法,当 V_{dir} 为True时,代表 p_3 发生了变向。

$$V_{dir}(\overrightarrow{p_1p_2}, \overrightarrow{p_2p_3}) = (((x_3 - x_2) \oplus (x_2 - x_1)) \parallel ((y_3 - y_2) \oplus (y_2 - y_1))) \quad (1)$$

(2) 累积变向点

给定线路点 $p_1, p_2, \dots, p_j, \forall x \in (2, j)$, 若 $\angle(\overrightarrow{p_1p_2}, \overrightarrow{p_1p_x}) < \frac{\pi}{2} \parallel \angle(\overrightarrow{p_2p_x}, \overrightarrow{p_1p_2}) > \frac{3\pi}{2}$ 且 $\frac{\pi}{2} \leq \angle(\overrightarrow{p_2p_j}, \overrightarrow{p_1p_2}) \leq \frac{3\pi}{2}$, 则点 p_j 为相对于 $\overrightarrow{p_1p_2}$ 的累积变向点, p_2 为变向拐点(图1(b))。

(3) 累积变向拐点

给定点 $p_1, p_2, \dots, p_j, p_{j+1}, \forall x \in (2, j)$, 若 $\angle(\overrightarrow{p_2p_3}, \overrightarrow{p_1p_2}) < \frac{\pi}{2} \parallel \angle(\overrightarrow{p_2p_3}, \overrightarrow{p_1p_2}) > \frac{3\pi}{2}$ 且 $\angle(\overrightarrow{p_xp_{x+1}}, \overrightarrow{p_1p_2}) < \frac{\pi}{2} \parallel \angle(\overrightarrow{p_xp_{x+1}}, \overrightarrow{p_1p_2}) > \frac{3\pi}{2}$ 且 $\frac{\pi}{2} \leq \angle(\overrightarrow{p_jp_{j+1}}, \overrightarrow{p_1p_2}) \leq \frac{3\pi}{2}$, 则称点 p_j 为相对于 $\overrightarrow{p_1p_2}$ 的累积变向拐点(图1(c))。注意,点 p_{j+1} 相对于 $\overrightarrow{p_1p_2}$ 不必然为变向点。

(4) 定理1: 基准矢量 $\overrightarrow{p_1p_2}$ 与其累积变向拐点 p_j 间的任意点 p_x 必不为累积变向点

此定理由反证法来证明: 假设在 p_2, p_j 间存在 p_y 为累积变向点, 由累积变向点定义可知 $\frac{\pi}{2} \leq \angle(\overrightarrow{p_2p_y}, \overrightarrow{p_1p_2}) \leq \frac{3\pi}{2}$, $\angle(\overrightarrow{p_2p_{y-1}}, \overrightarrow{p_1p_2}) < \frac{\pi}{2} \parallel \angle(\overrightarrow{p_2p_{y-1}}, \overrightarrow{p_1p_2}) > \frac{3\pi}{2}$, 从而有 $\frac{\pi}{2} \leq \angle(\overrightarrow{p_{y-1}p_y}, \overrightarrow{p_1p_2}) \leq \frac{3\pi}{2}$, 由累积变向拐点定义知, p_y 为累积变向拐点, 这与题设 p_y 必不为累积变向拐点相矛盾。

定理1解决了变向拐点与累积变向点之间的互斥关系, 在累积偏移实时压缩方法中, 任一点从方向要素判断, 仅属于同向点、累积变向拐点、变向拐

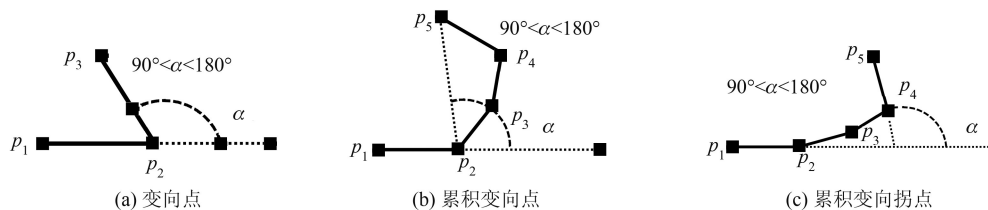


图1 弯曲极值点

Fig.1 Bending extreme points

点中的一种。

(5) 距离累积偏移临界点

记 $d(\overline{p_1 p_2}, p_x)$ 为点 p_x 到矢量 $\overline{p_1 p_2}$ 的垂直距离, 距离偏移限差阈值 T , 给定线路矢量点 p_1, p_2, \dots, p_i , 对于 $\forall i \in (2i, j)$, 有 $d(\overline{p_1 p_2}, p_i) < T$, $d(\overline{p_1 p_2}, p_j) \geq T$ 成立, 则称点 p_j 为相对于向量 $\overline{p_1 p_2}$ 的距离累积偏移临界点(图2)。

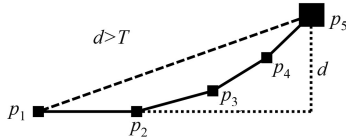


图2 距离累积偏移临界点

Fig.2 Key point of cumulative distance offset

(6) 线路冗余点

由时间序列矢量数据点构成的曲线 L 中, 除起始点、第二点、方向偏移关键点(累积变向点、累积变向拐点)、距离累积偏移临界点、终点之外的其他点为压缩冗余点, 压缩算法需要找出并过滤掉线路冗余点, 以最少的点有效还原出曲线的原始形状。

(7) 压缩率

给定由 N 个矢量数据构成的曲线 $L = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$, 经过压缩去掉冗余点后, 形成由 M 个点构成的压缩曲线 $L' = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_m\}$ ($M < N$), 则算法压缩率为冗余点数量与原始点数量的比值, 记为 $u(L) = \frac{N-M}{N}$ 。

(8) 失真度

由 N 个点组成的原始曲线 L , 经压缩后形成 M 个点的压缩曲线 L' , 则 L' 相对于 L 的失真度为

$$E(L) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^X d(\overline{p_i p_{i+1}}, p_j)^2}{N}}, \text{ 其中, } X \text{ 为在压缩曲线 } L' \text{ 上连续两点 } p_i, p_{i+1} \text{ 之间的冗余数据点数量。}$$

2.2 累积偏移实时压缩算法

矢量数据累积偏移压缩算法强调对弯曲极值点和距离累积偏移临界点的快速发现, 算法针对最近保留的两个点、待压缩点、待压缩点后续点, 应用累积变向点和累积变向拐点公式, 以前2个点形成的矢量设定偏移初始方向, 以第4个点为参照, 判断第3个点是否为累积变向点和累积变向拐点, 从而快速发现弯曲极值点, 在第3个点为非弯曲极值点时, 则进一步通过距离累积偏移量快速发现距离累

积偏移临界点。只有当第3个点为弯曲极值点或距离累积偏移临界点时, 才将第3个点作为有效点进行保留, 否则作为冗余点舍弃。累积偏移实时压缩算法描述见表1。

2.3 算法压缩效果

累积偏移法和垂距法关于矢量数据的距离累积偏移计算如图3所示, 由图3可得累积偏移法的距离累积偏移 d_1 和传统垂距法的距离累积偏移 d_2 的关系为 $d_1 > d_2$ 。

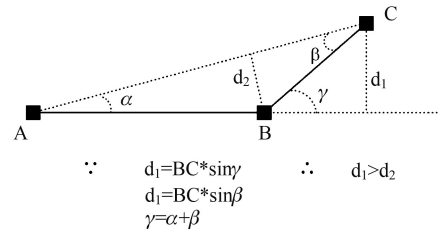


图3 距离累积偏移计算

Fig.3 Contrast of offset distance

积偏移法的突出特点是能够很好地解决路径缓慢弯曲和小角度折射问题。图4描述了原始曲线 L 在累积偏移法压缩各阶段的过滤效果, 其中, 虚线为原始轨迹, 红色线为各压缩阶段的偏移基准向量, 红色点为当前处置点。图5给出了累积偏移压缩算法对于O字型线路和Z字型线路的压缩效果图, 由图5可见, 累积偏移法在大限差阈值条件下仍能过滤掉大量冗余点, 压缩效果明显, 能够很好地还原曲线的轨迹。

累积偏移法在处理连续摇摆数据时也体现出很大优势, 能够以较小的代价判断出角度转向比较大的特征点。对图6(a)所示的连续摇摆的特殊曲线, 采用垂距法、分段道格拉斯法、累积偏移法进行压缩后得到的曲线分别如图6(b)、(c)、(d)所示。从图6的3种算法的压缩轨迹可看出, 累积偏移算法较好地保留了特征点, 更好地反映了曲线的运动轨迹, 具有明显的优越性。

2.4 算法压缩性能分析

累积偏移实时压缩算法提出四点式弯曲极值点(累积变向点、累积变向拐点)和距离累积偏移临界点的快速发现方法, 实现冗余数据的快速发现与过滤, 算法时间复杂度为 $O(N)$, 空间复杂度则为常数级的 $O(1)$ 。与垂距法和分段道格拉斯法相比其

表1 累积偏移实时压缩算法

Tab.1 Cumulative offset based real-time compression algorithm

累积偏移实时压缩算法

输入: $T \leftarrow$ 累积偏移限差阈值, $L' \leftarrow NULL$, 空间矢量数据序列 $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$
 输出: 压缩空间矢量数据序列 L'
 BEGIN
 1. 初始化, 将前4个位置矢量数据依次赋值变量 p_1, p_2, p_3, p_4 , $push(L', p_1), push(L', p_2)$;
 2. while(压缩未结束)
 3. if($V_{dir}(\overline{p_1 p_2}, \overline{p_2 p_3}) \parallel V_{dir}(\overline{p_1 p_2}, \overline{p_3 p_4})$) // p_3 累积变向点或变向拐点判断
 4. $push(L', p_3)$;
 5. $p_1 \leftarrow p_2, p_2 \leftarrow p_3, p_3 \leftarrow p_4$;
 6. else
 7. if($d(\overline{p_1 p_2}, p_3) \geq T$) // p_3 累积偏移距离判断
 8. $push(L', p_3)$;
 9. $p_1 \leftarrow p_2, p_2 \leftarrow p_3, p_3 \leftarrow p_4, p_4 \leftarrow NULL$;
 10. else // p_3 为冗余点
 11. $p_3 \leftarrow p_4$;
 12. wait(新点 p 进入);
 13. $p_4 \leftarrow p$;
 14. $push(L', p_4)$;
 15. return L' ;
 END

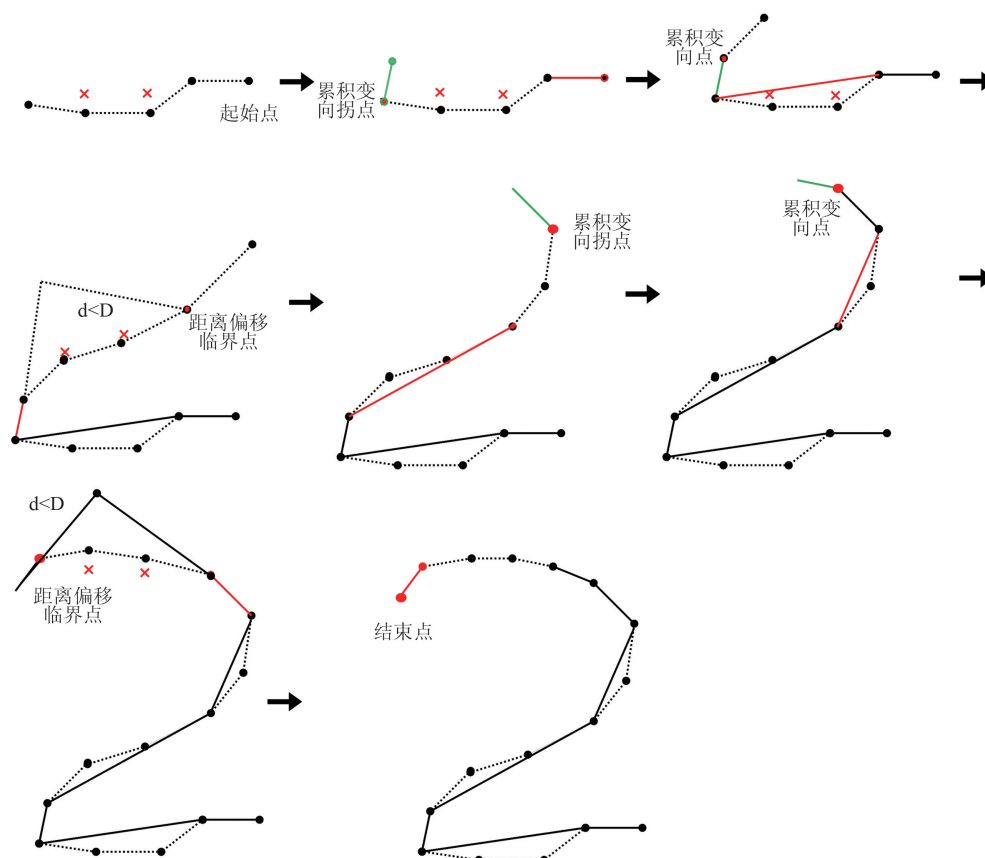


图4 累积偏移实时压缩算法示意图

Fig.4 Result of CORC algorithm

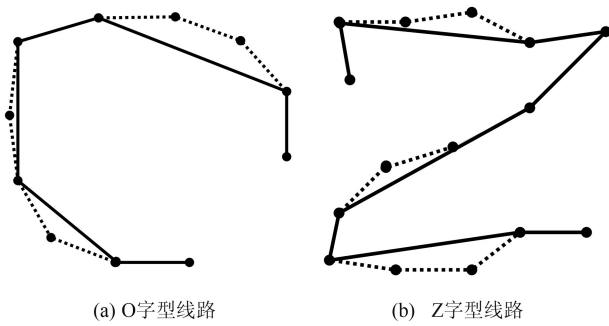


图5 多种线路压缩效果图
Fig.5 Comparison of CORC

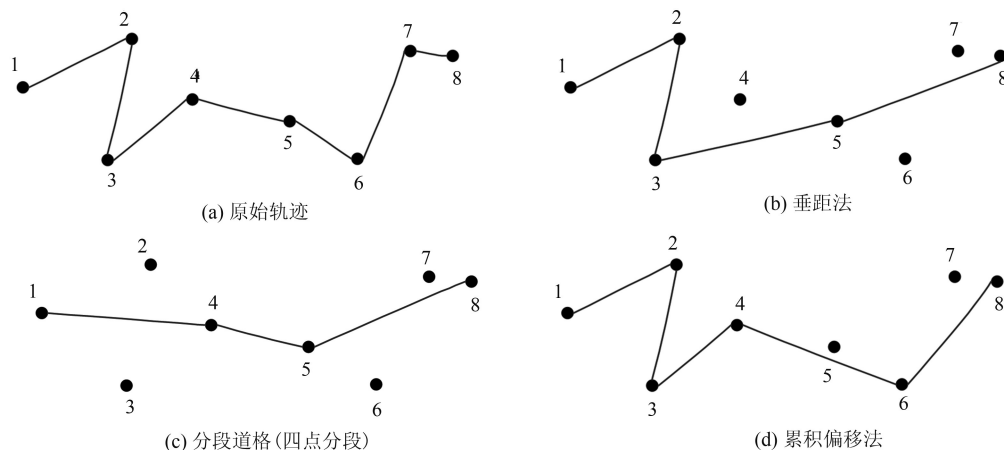


图6 实时压缩结果比较
Fig.6 Results of variant compression algorithms

性也优于分段道格拉斯算法。以四点分段的分段道格拉斯为例,首尾两个点是无条件进行保存的,因此,其压缩率低于50%。为了取得可以接受的压缩率,通过增大限差阈值,以丢弃更多的线路矢量数据,但可能会导致无法接受的失真度。而如果要保证较小的失真度,则必须缩小限差阈值,增大压缩率,这就是小分段道格拉斯的压缩瓶颈,以其他点数为分段的小分段道格拉斯算法也有类似的情况。累积偏移算法则是先保存了前面的两个点作为基准矢量,后面的点将按序进行判断,通过压缩计算可以丢弃较多的冗余点,更好地保证压缩率。由累积偏移算法本身可知,虽然对于转角较大特征点的保留也是无条件的,但是,这些特征点对于还原路径的运动细节非常重要,如果需要更高的压缩率,并不关心路径的运动细节,也可以在实际使用该算法时省去角度判断部分,但是并不会给压缩的路径带来很大的失真度损失。

突出特点在于能有效发现各种弯曲极值点,通过方向的累积变化提高算法对于方向变化的敏感度,在高限差阈值下可体现出对于摇摆偏移的高压缩性和对于连续偏移的高保真性,在大限差阈值下仍能确保算法具有良好的压缩率和较低的失真度。

在压缩实时性方面,垂距法和累积偏移法都能对采集的点进行实时压缩,分段道格拉斯法则至少采集4个点后才进行压缩,为了保证压缩效果,分段道格拉斯法往往会采集很多点后才累积进行一次压缩,因此,分段道格拉斯法在实时性方面会明显弱于垂距法和累积偏移法。

在压缩率方面,累积偏移法压缩率范围的伸缩

在压缩特征点保存方面,累积偏移法打破了垂距法和分段道格拉斯法对点的压缩计算单纯地依靠点到线的距离而忽略方向的变化。累积偏移法对于连续的4个点所形成的3个向量,分别查看首个向量与后面向量所形成的两个夹角,其中任意一个夹角在 $\pi/2$ 到 $3\pi/2$ 之间,就认为路径的方向发生了较大偏转,需要将第3个点作为特征点进行保存。累积偏移法和分段道格拉斯法在压缩率上各有优势,但累积偏移算法的实用性更强。在现有的只考虑平均偏移距离而忽略路径运动细节的失真度考查体系下,从分段道格拉斯算法本身可以看出,大分段的分段道格拉斯算法在选取保留点,最大限度的减少失真度方面有着其他算法无法比拟的优越性。但是,大分段道格拉斯算法会造成严重的压缩延迟,无法满足实时上传的要求,我们考虑小分段的分段道格拉斯算法。正如上面所说,分段道格拉斯算法是必须将分段路径首尾点保存起来

的,当分段数比较小的时候,限差阈值的选取就比较关键,当限差阈值选取比较大时,这样与限差阈值比较保留下来的点数就会比较少,在相同的压缩率条件下,累计偏移算法的失真度一般就会优于分段道格拉斯算法,然而如果限差阈值选取的比较小,小分段的道格拉斯算法又无法取得理想的压缩率。

在计算复杂度方面,累积偏移法明显优于垂距法和分段道格拉斯算法。累积偏移法先通过简单的异或运算对变向特征点进行快速判断,只有在无变向情况下才会进行距离的判断,而垂距法和分段道格拉斯法都是依靠距离来进行判断的,因而其计算量高于累积偏移法。

3 压缩实验与效果分析

实验利用具有较高GPS定位精度的手持PDA进行线路采集并实时压缩与同步网络上传,PDA主要参数为CPU:四核1.5GHz;内存:2G;GPS定位精度:约5m。民用PDA的GPS定位精度一般在10~20m之间,通过多线程同步取点后取平均值作为试验的一次定位值,可有效地提升定位精度,通过实验评估,3次同步取点后取均值,民用GPS的定位精度能够有效地控制在5m左右。线路数据采集使用2种策略:(1)3s定时采集414个点线路长约7km并具有较多的变向点;(2)20m定距采集506个点线路长约10km。实验以压缩率和失真度有效平衡为目标,从时空复杂度、压缩实时性,以及限差阈值可控性3项指标对累积偏移法、分段道格拉斯法和垂距法3种实时压缩算法进行性能比较。

3.1 压缩性能比较

3种压缩算法的时间复杂度都是 $O(N)$,其中, N 为数据集定位点数,空间复杂度都为常数级 $O(1)$ 。累积偏移和垂距法无压缩延迟,可实现采点同步压缩,分段道格拉斯法根据分段点数不同会带来相应的压缩延迟。

3种压缩算法都可以通过调整限差阈值来平衡压缩率和失真度。图7所示双轴图显示了3种实时压缩算法在2种数据集下的压缩率与失真度平衡关系,从实验结果可以看出,3种算法在达到一定限差阈值后压缩率相对稳定,但垂距法的失真度对于限差阈值非常敏感,设置不合理,很容易造成严重失真,同时垂距法的压缩效果受数据集线路特征影响大,特别对变向特征点不敏感,使得垂距法很难控制限差阈值以保证压缩率和失真度的平衡,从而使得垂距法的实用性不强。

分段道格拉斯法和累积偏移法的压缩性能很稳定,压缩率和失真度随着限差阈值的增大而稳定同步增加,但累积偏移算法与分段道格拉斯法相比,由于其特有的变向判断功能,使其在牺牲少量压缩率代价下失真度明显降低,同时,对于限差阈值的敏感度也更低。在3个数据集下,累积偏移压缩算法都取得了压缩率和失真度的较好平衡,并且都保持了较低的失真度,在实际应用中,累积偏移压缩算法由于限差阈值的高可控性,从而比分段道格拉斯法更具有实用性。

图8显示了定时和定距2种数据集在不同失真度下的压缩率比较。无向累积偏移法(即累积偏移算法忽略变向判断)与其他压缩算法相比在相同的

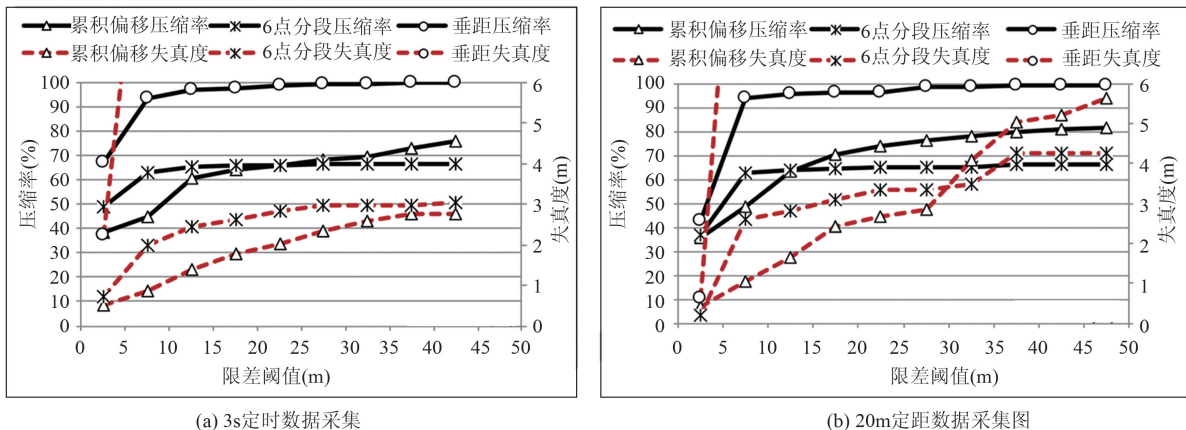


图7 实时压缩算法失真度压缩率双轴图

Fig.7 Compression ration and distortion double Y axis map under three real-time compression algorithms and two databases

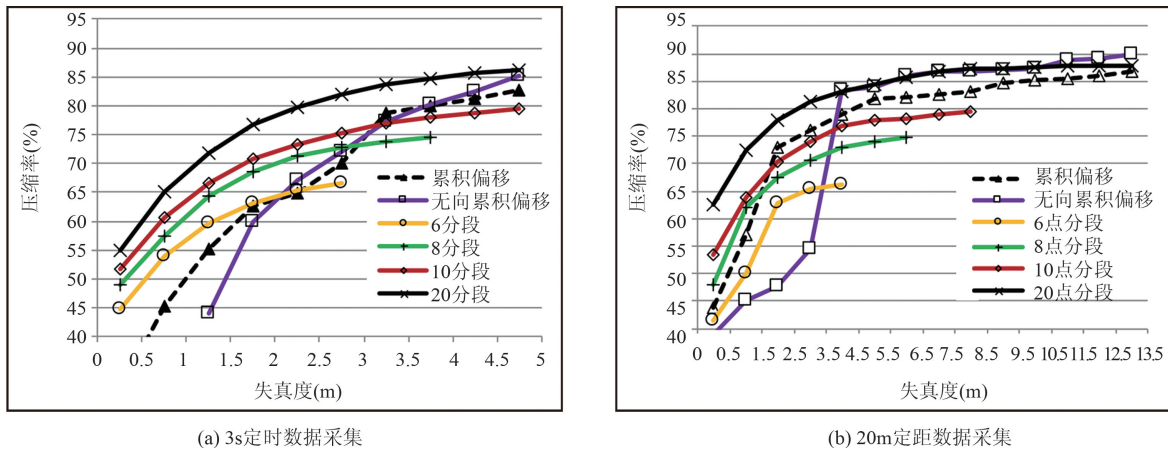


图8 实时压缩算法效果对比

Fig.8 Performance comparison of two databases



图9 CORC算法压缩效果图

Fig.9 Quality of CORC algorithm

失真度下,可以达到最好的压缩率,这说明以偏移距离临界点的方式选取保留点具有合理性,并且从图8(a)可看出,累积偏移的失真度要低于无向累积偏移,这是因为累积偏移压缩算法保存了较多的变向点,而这些变向特征点的选取是无法通过距离的判断来实现的,并且这个计算只是通过计算量很小的异或操作来实现的。

从分段道格拉斯法可看出,在分段点足够大时(在实验中达到20点),该算法在压缩率与失真度平衡能力上有着其他算法无法比拟的优越性,但必须以较大的压缩延迟为代价。而累积偏移法在无延

迟实时压缩下实现了高可还原性和高压缩率的平衡,从效果对比可见,在相同失真度指标下,累积偏移压缩算法压缩率普遍强于6点分段道格拉斯法,当变向点比较少时,相同失真度下的压缩率优于10点分段,并接近20点分段道格拉斯算法,压缩性能可控性方面明显优于小分段道格拉斯法,能够很好地满足交通、旅游、探险搜救、休闲娱乐等应用领域对于低频率采点、实时高保真压缩、同步网络上传的应用需求。

3.2 线路压缩效果

20m定距采集的506个线路矢量数据集形成的原始轨迹图和35m距离限差阈值下应用累积偏移压缩算法压缩结果还原的轨迹图如图9所示,实验结果表明,累积偏移压缩算法很好还原了运动线路,过滤掉80%以上的冗余点并且失真度控制在5m以内。

4 结论

面对线路矢量数据定位采集、实时压缩、同步网络上传应用需求,本文提出基于方向和距离的累积偏移实时压缩算法,并结合方向感知和距离感知实现线路的高压缩率与低失真度。实验结果表明,与垂距法、分段道格拉斯法等典型实时压缩算法相比,累积偏移实时压缩算法在压缩率与失真度的平衡性方面具有突出优势,在良好压缩率前提下能保持很低的失真度,且受限差阈值大小的设置影响较低,可操作性强,在交通、旅游、探险搜救、休闲娱乐各领域的实时定位监控中具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 王立胜,闵晓瑜,毕好.一种面向移动用户的空间矢量数据压缩算法[J].控制理论与应用,2004,12(23):20-22.
- [2] 杨得志,王杰臣,阎国年.矢量数据压缩的Douglas-Peucker算法的实现与改进[J].测绘通报,2002(7):18-21.
- [3] 陈飞翔.移动空间信息服务关键技术研究[D].北京:中国科学院遥感应用研究所,2006.
- [4] 战伟宝.基于移动GIS/PDA空间数据无线通信关键技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2008.
- [5] 王进宝,刘正纲.曲线矢量数据压缩算法实现及评析[J].测绘与空间地理信息,2006,29(2):122-124.
- [6] 余先川,张君兰,张立保.基于整数小波变换的空间矢量数据压缩方法[J].地球科学——中国地质大学学报,2011,36(2):381-385.
- [7] 彭认灿,董箭,郑义东,等.垂距法与道格拉斯-普克法删除冗余顶点效率的比较[J].测绘通报,2010(3):66-71.
- [8] 谢亦才,林渝淇,李岩.Douglas-Peucker算法在无拓扑矢量数据压缩中的新改进[J].计算机应用与软件,2010,27(1):141-144.
- [9] 柯敏毅,王志国.移动GIS中的空间矢量数据压缩方法[J].地理空间信息,2007,5(1):24-26.
- [10] Hershberger J, Snoeyink J. An $O(n \log n)$ implementation of the Douglas-Peucker algorithm for line simplification [C]. Proceedings of the Tenth Annual Symposium on Computational Geometry. ACM, 1994.
- [11] Agarwal P K, Har-Peled S, Mustafa N H, et al. Near-linear time approximation algorithms for curve simplification[J]. Algorithmica, 2005(42):203-219.
- [12] Wu S T, Marquardt M R G. A non-self-intersection Douglas-Peucker algorithm[C]. IEEE Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI'03), 2003.
- [13] 陈飞翔,于文洋,李华.基于GA的矢量数据压缩优化算法[J].计算机工程与应用,2007,43(34):185-187.
- [14] 陈飞翔,周治武,张建兵.基于动态规划算法的矢量数据压缩改进算法[J].计算机应用,2008,28(1):168-170.
- [15] 陈飞翔,李华,于文洋.基于多实体的矢量数据压缩改进算法[J].计算机工程与应用,2008,44(19):200-202.
- [16] Li Y J, Zhong E S. A new vector data compression approach for WebGIS[J]. Geo-spatial Information Science, 2011,14(1):48-53.
- [17] 刘可晶.一种改进的矢量曲线数据压缩算法[J].甘肃科学学报,2005,17(3):112-115.
- [18] 翟战强,管华,王双婷.一种快速空间矢量数据压缩方法[J].计算机工程,2003,29(2):94-95.
- [19] 马劲松,沈捷,徐寿成,等.利用Douglas-Peucker并行算法在多核处理器上实时综合地图要素[J].武汉大学学报·信息科学版,2011,36(12):1423-1426.

A Cumulative Offset Based Real-time Compression of Line Vector Data

WANG Fei¹, ZENG Yan¹, ZHAO Xiaobo² and LIU Yintian^{1*}

(1. Intelligent Information Processing Laboratory, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China;

2. HAINAN YEDAO GROUP CO. Ltd., Haikou 570100, China)

Abstract: To satisfy the requirement of simultaneous compression along with real-time collection for line vector data, this work proposes an innovative algorithm with the characteristics of high compression rate and low distortion. Cumulative Offset Based Real-time Compression Algorithm (CORC-Algorithm) has outstanding perfor-

mance in the perception of right direction and offset distance. CORC-Algorithm proposes fast discovery method of cumulative changeable point, cumulative changeable inflection point and cumulative offset distance critical point. The CORC-algorithm can also be efficient in discovering all types of bending extreme points and continuous offset extreme points even in the condition of high tolerance threshold. The algorithm has time complexity of $O(N)$ and space complexity of $O(1)$ when reducing compression distortion and completing the zero delay synchronization compression. By comparing with vertical distance algorithm and subsection Douglas Peucker compression algorithm, we focus on experiments by collecting line vector data at the timing and distance strategy with different tolerance threshold. The experiments show that CORC algorithm has great advantages in terms of real-time, compression and distortion by comparing with vertical distance algorithm and subsection Douglas Peucker compression algorithm. CORC-Algorithm can achieve the universal lower distortion under the same compression ratio. The maneuverability of CORC-Algorithm is effective and stable for having low effect of tolerance threshold. Because of its excellent performance in real-time compression, CORC-algorithm has a wide application in the real-time location monitoring field of traffic, tourism, adventure, rescue, and entertainment.

Key words: line vector data compression; cumulative offset real-time compression; bending extreme points; running fix; GPS

***Corresponding author:** LIU Yintian, E-mail: liuyintian@cuit.edu.cn