

国家高技术研究发展计划（863 计划）课题 2007AA11Z200  
【基于分布式多种传感器融合的交叉口交通数据的自动获取】

## 交通数据采集分析实验报告

《2008 年 7 月 16 日、22 日海淀桥北交叉口实验》

北京大学信息科学技术学院  
机器感知与智能教育部重点实验室  
智能交通研究中心

# 目 录

1. 实验背景 .....	1
2. 实验概况 .....	2
2.1 实验简介 .....	2
2.2 实验日期 .....	2
2.3 实验时间 .....	2
2.4 实验地点 .....	2
2.5 实验设计 .....	3
2.6 实验流程 .....	3
3. 实验实施 .....	4
3.1 实验准备 .....	4
3.2 实验过程 .....	5
3.2.1 实验前准备 .....	5
3.2.2 实验前操作 .....	7
3.2.3 设备搬运及设置 .....	9
3.2.4 数据采集 .....	12
3.3 实验结果 .....	14
3.3.1 数据采集结果列表 .....	14
3.3.2 实验场地照片集锦 .....	18
3.3.3 数据采集结果显示 .....	21
4. 数据处理与解析 .....	22
4.1 激光数据处理 .....	22
4.1.1 原始数据 .....	22
4.1.2 背景生成 .....	23
4.1.3 时间取齐 .....	25
4.1.4 数据配准 .....	25
4.1.5 处理结果 .....	27
4.2 轨迹数据生成 .....	28
4.3 轨迹数据分析 .....	30
4.3.1 基于轨迹数的车辆数目统计 .....	30
4.3.2 基于地图像素的车辆数目统计 .....	31
4.3.3 基于帧的车辆数目统计 .....	33
5. 总结 .....	34
致 谢 .....	35

# 1. 实验背景

目前，在交通等领域进行实际数据的调查、采集和收集，往往需要大量的费用和人工干预，其采样效率和精度都非常有限。特别是对于像车站、十字路口、人行横道等交通行为混杂的地带，缺少足够的真实详细的交通数据的支持，给大范围、长时段交通行为的本质的深入研究，为交通政策的制定及其有效性验证带来困难。本课题利用多台分布式传感器，检测进入路口的行人及车辆，同时获取其各自的运动轨迹。另外本课题基于以上轨迹数据，研发交通流量，交通模式的分析及可视化方法，从而为交通政策的制定及优化提供科学量化的依据。对于特定条件下的特定交通政策，可以为取得公众的理解，争取公众积极的参与提供科学的证据。

图 1-1 为本课题系统的示意图。将激光扫描仪分布设置在交叉口的路边，让激光扫描面覆盖离地面高度约 40cm（高于车轮，低于车窗）的水平面。其目的是检测/分类/跟踪该覆盖水平面内的移动目标，获取其时空间中的轨迹和包括速度，大小，种类等属性信息。通过对该获取数据进行分析，对不同种类的物体，不仅可以分别获得其通过交叉口内每个点的流量，速度，方向等信息，同时可以对其相互的行为关系进行分析，比如，左折，右折车辆与人行横道上的行人的关系，行人，自行车，汽车相互间交通行为的影响等。本系统所获取的数据可为交通管理，信号管理，交通分析提供详细真实的基础数据。

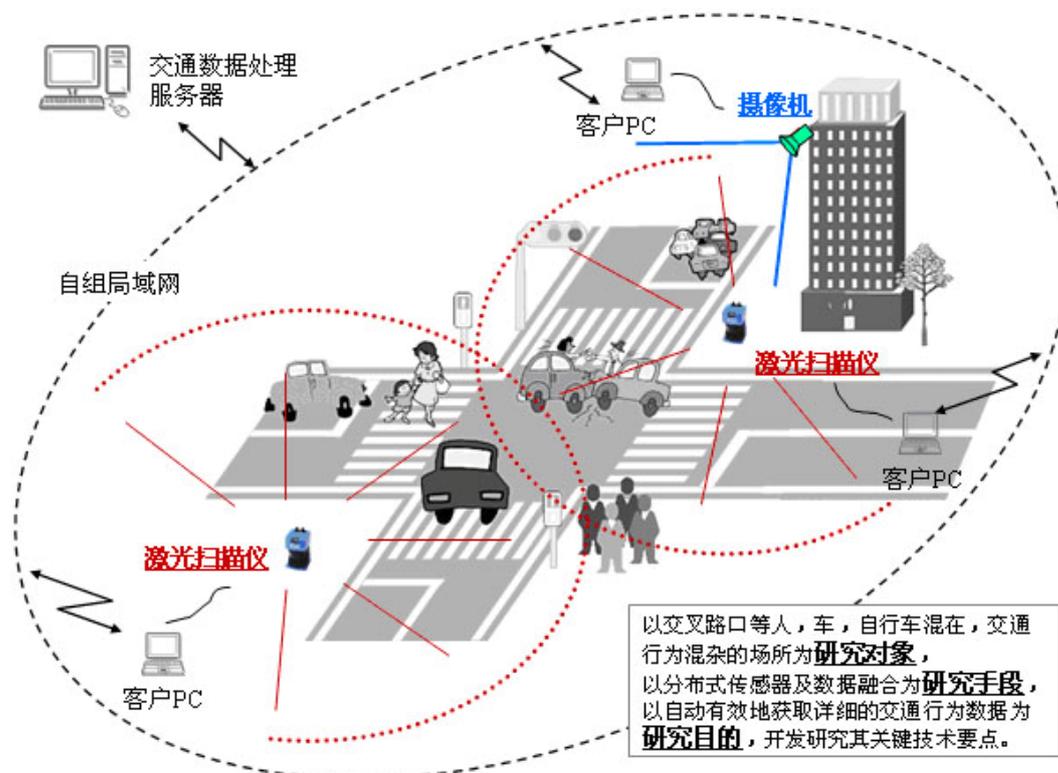


图 1-1 基于分布式激光扫描仪及视频融合的交叉口移动目标自动检测/分类/跟踪系统示意图

## 2. 实验概况

### 2.1 实验简介

北京市 2008 年第 29 届奥运会举办期间，车辆实行单双号出行限制，为本课题的研究提供了良好的实验机会。通过利用多台分布式激光测距仪，在车辆限行政策实施的前后,对特定路口的交通流量数据进行采集和分析，从而完成以下目标。

1. 为限行政策的效果提供科学量化的证据；
2. 为将来的交通政策方案的制定提供基础依据；
3. 所取得的数据及其研究成果有助于公众更好地理解交通限行政策。

### 2.2 实验日期

2008 年 8 月 16 日 以及 2008 年 8 月 22 日

### 2.3 实验时间

早 06:30 - 晚 21:00

### 2.4 实验地点

北京大学西南角围墙外的海淀路口，（海淀桥北 100 米）。

此路口系硅谷电脑城及海淀图书城之间，紧临北四环路。车流及人流相对集中。在此路段进行实验所取得的数据相对来说有较强的代表性。

## 2.5 实验设计

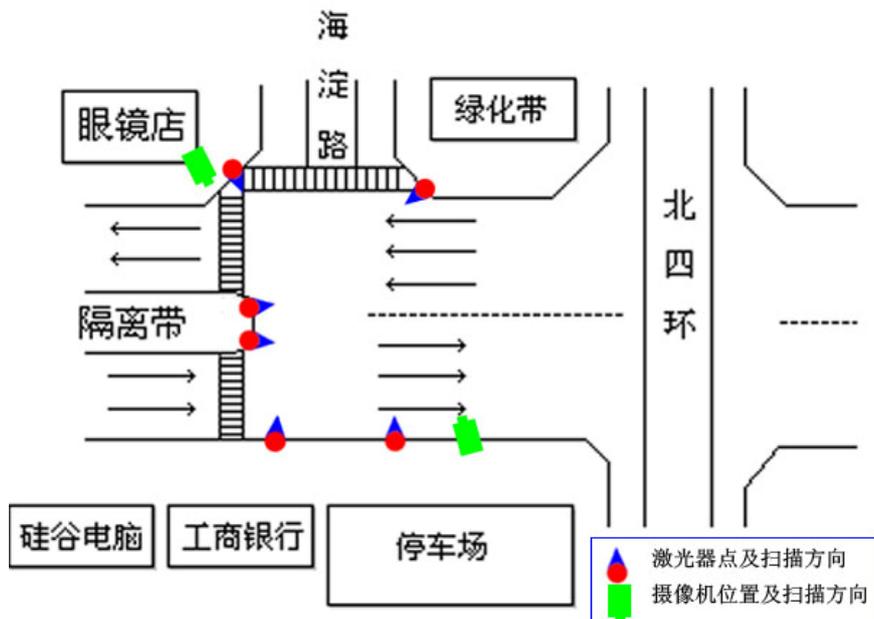


图 2-1 路口实验设计示意图

将 6 台激光扫描仪（测距仪）设置于不同地点方向，在水平面内全方位地覆盖该路口，对路口中的移动目标进行无缝地检测跟踪及分类识别。另将 2 台摄像机设置于路边，不间断地拍摄视频数据，从而为激光检测结果提供验证依据。

## 2.6 实验流程

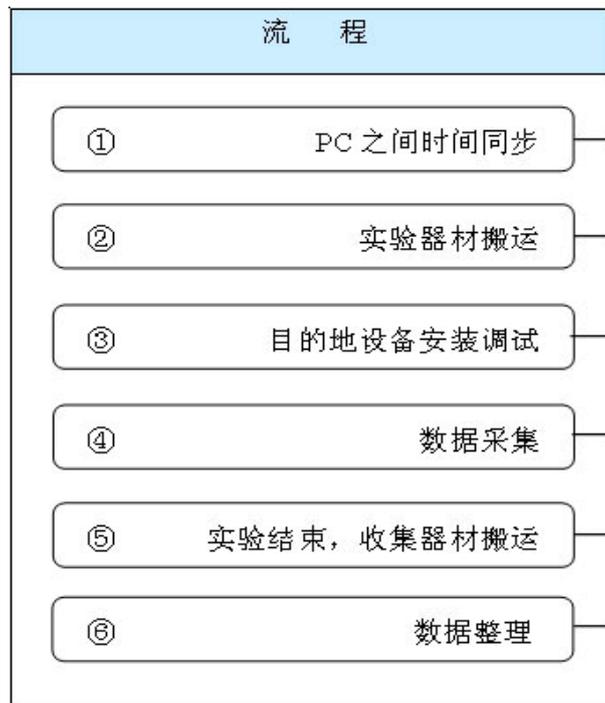


图 2-2 数据采集流程图

## 3. 实验实施

### 3.1 实验准备

表 3-1 实验器材列表

序号	品名	数量	备注
01	12V 输入电瓶	18 只	
02	红外线激光扫描仪 (测距仪)	6 台	
03	IBM 电脑笔记本	6 台	
04	DC-AC 电源逆变器	6 只	2 只预备
05	1 TO 3 插座	6 只	2 只预备
06	扫描仪电源	6 只	
07	笔记本电源	6 只	
08	扫描仪数据线	6 根	
09	PC 卡	4 块	
10	USB 卡	2 块	
11	小方盒 (零碎物品整理箱)	6 个	
12	小方凳	6 个	
13	大整理箱	6 个	
14	胶带纸	6 个	
15	水平仪	6 个	
16	螺丝刀	6 把	2 把预备

## 3.2 实验过程

### 3.2.1 实验前准备

#### 蓄电池充电

实验一周内将所有电池进行充电，每块电瓶充电时间不得低于 10 小时.充电后要测量电压，（12.9V）正负幅度不得大于 0.5V。充电方法如图 3-2-1 所示。

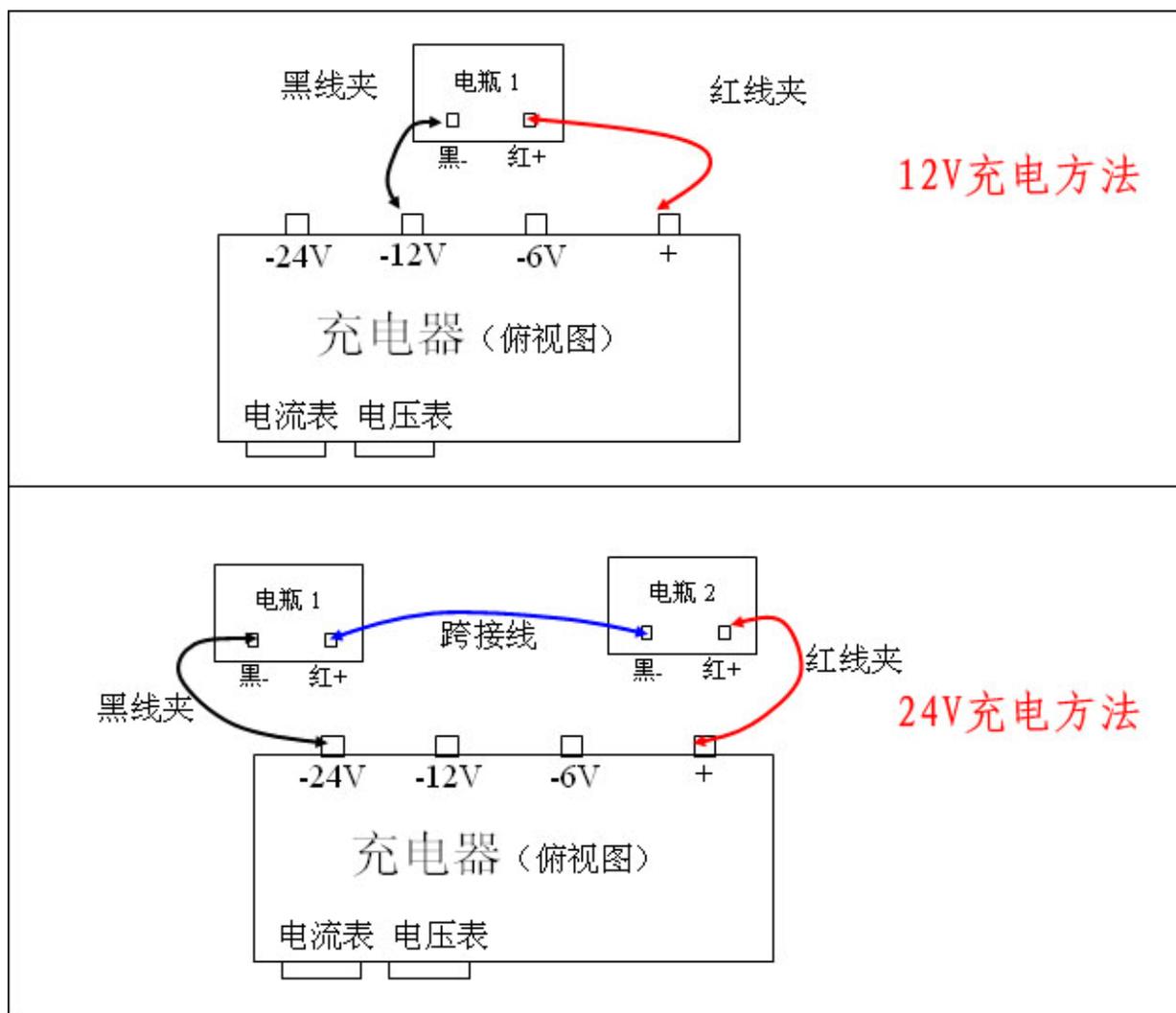


图 3-1 电平充电方法

#### \*充电注意事项

- (1) 操作一定要严谨。不得草率。看清楚想明白后再连线。否则有电瓶爆裂危险（内有硫酸）。
- (2) 一般正极用红色，负极用黑色。注意千万不要接反。
- (3) 充电时通过电流选择开关 1-4 控制充电电流。1、2 档为正常充电。充电时间 8-12 小时，3、4 档为快速充电，充电时间 3-5 小时。不懂充电机制时尽量避免使用快速充电（有危险），仅在紧急时使用快速充电充 1-2 小时。
- (4) 同一电瓶的连续充电不要超过 24 小时。
- (5) 听到电池内部有开锅似的咕嘟声时说明已经非常充分地充了电。实验用电瓶是密封电瓶，此时继续充电有电瓶爆裂危险（内有硫酸）。
- (6) 充电一段时间后，充电电流逐渐自动变小。是正常现象

测量设备连接如图 3-2 所示。

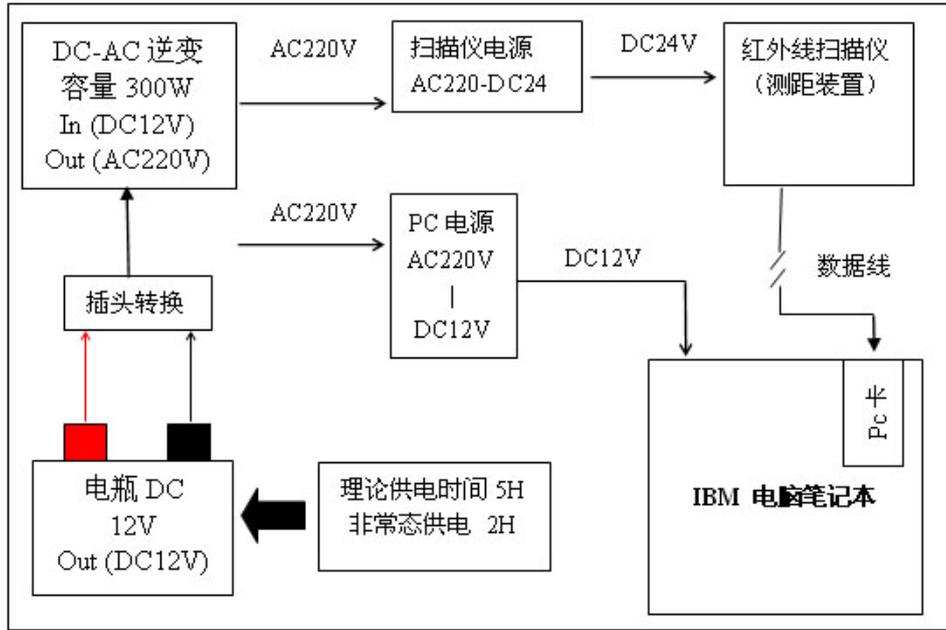


图 3-2 测量设备连接示意图

各部分仪器、设备如图 3-3 所示。



图 3-3 实验仪器设备照片

组装后效果如图 3-4 所示。



图 3-4 实验仪器设备组装照片

### 3.2.2 实验前操作

实验当日，为了数据取得时更顺利，同时也为了在后期数据处理过程中更容易。因此在实验开始前要进行 PC 间的时钟同步。这部分在出发前实验室内完成。各台 PC 通过局域网连接起来，建立好连接后，并从中任选一台 PC 做为服务器（其它 PC 的时间以此服务器时间为准）。

#### 连网

各台 PC 要通过局域网连接起来，建立好连接后，要从中任选一台 PC 做为服务器（其它 PC 的时间以此服务器时间为准）。

#### 设置服务器端

- a. 在相应目录里找到 **LmsTrackSrv.exe** 和 **srvsetting.ini** 文件，打开 **srvsetting.ini**，内容如图 3-5 所示。

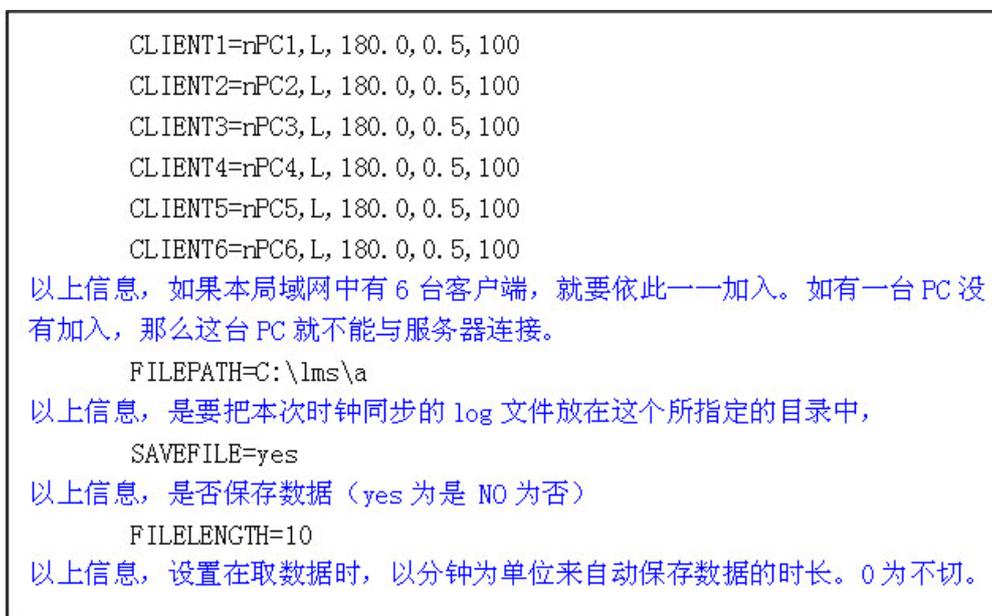


图 3-5 服务器端配置步骤 a

- b. 启动 **LmsTrackSrv.exe** 程序（服务器用），然后执行 **socket -> listen to Client**，如图 3-6 所示。

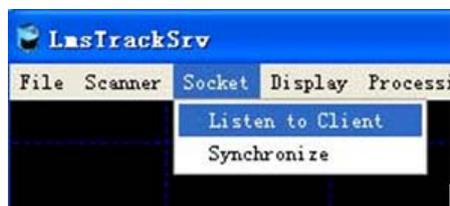


图 3-6 服务器端配置步骤 b

- c. 弹出以下对话框，表示已经建立连接，如图 3-7 所示。



图 3-7 服务器端配置步骤 c

## 设置客户端

- a. 在客户端 PC 上的相应目录里找到 LmsTrackCnt.exe 和 configuration.ini 文件。先打开 configuration.ini 文件，内容如图 3-8 所示。

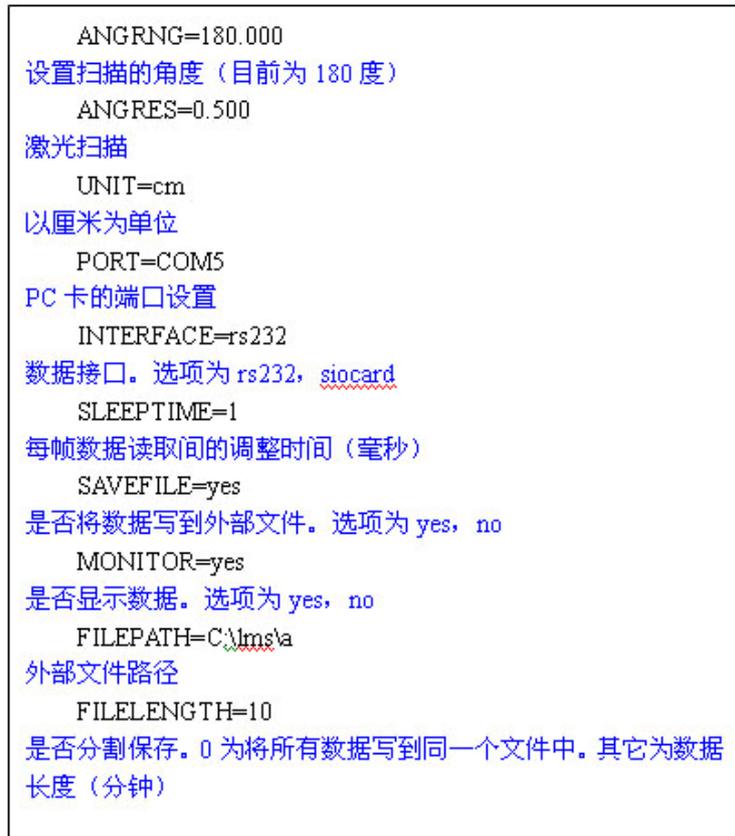


图 3-8 客户端配置步骤 a

- b. 设置完后启动 LmsTrackCnt.exe 程序（客户端用），然后执行 LmsTrackCnt.exe，如图 3-9 所示。

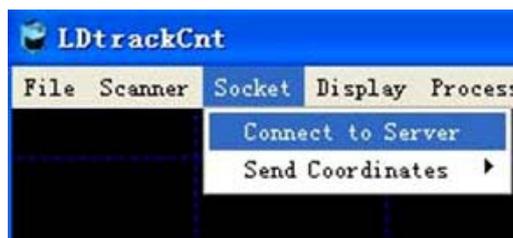


图 3-9 客户端配置步骤 b

- c. 执行完后，弹出以下结果。要在此输入服务器端的 PC 名，如图 3-10 所示。



图 3-10 客户端配置步骤 c

d. 以上操作是对服务器 PC 和客户端 PC 进行连接。待所有客户端都进行同样操作后，再转到服务器端进行同步命令操作，如图 3-11 所示。



图 3-11 服务器端时间同步命令

\*注：此操作是从服务器向客户端发送一个时钟同步命令。发送后客户端会弹出一个提示时钟同步成功的对话框。确定后，会在服务器端所指定的目录内形成一个记录文件。此文件清楚地记录了所有客户端 PC 时钟同步的详细情况。

### 3.2.3 设备搬运及设置

时钟同步结束后，进入下一环节：各种器材的搬运工作。以每组为单位，先对组内的零碎部件进行 1 级整理，如图 3-12 所示。



盒内物品一览表

1, 车载点烟器	2, 逆变电源
3, 1 转 3 插头	4, 扫描仪电源
5, 数据线	6, PC 卡
7, 螺丝刀	8, 胶带
9, 水平仪	10,

图 3-12 零件盒实物图及零件列表

零碎物品整理完成后，再进行 2 级整理：装入大型搬运箱内，如图 3-13 所示。装入大箱子内有以下几点好处：1，便于搬运及运送；2，到达测试地点后方便分配；3，在撤离试验点时也更容易整理。



图 3-13 大型搬运箱实物图

接下来就是搬运及运送工作，搬运工作是从2层实验室用手推车分两到三次搬运到楼下停车场内。搬运用手推车如图 3-14 所示：

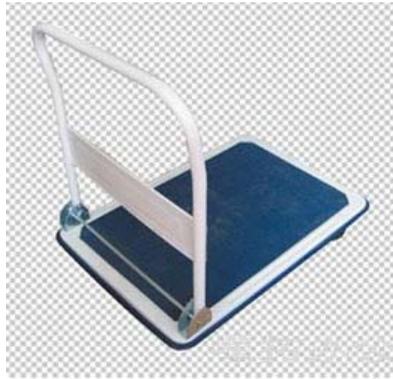


图 3-14 搬运用手推车示意图

**\*注：在搬运过程中要注意保护好各仪器设备，扫描仪，笔记本等属于易损且昂贵物品，电池属于易爆的危险物品。所以在搬运过程中一定要保护好各仪器设备及人员的安全。**

设备搬运到楼下后由实验专用车进行运送，运送到实验地后，按实验点卸下实验设备并进行连接。连接时要注意保护设备及人员的安全，在操作过程中，工作人员严禁到马路上进行作业，以免造成事故。连接后的实验系统如下图 3-15(a)(b)(c)所示。



图 3-15 (a) 连接好的实验设备照片



图 3-15 (b) 实验设备摆放实景



图 3-15 (c) 实验设备 (L3) 摆放实景

### 3.2.4 数据采集

设备连接完毕后，便可启动，开始准备数据采集。运行 LMStrackCnt.exe，选择：Scanner -> Setup，如图 3-16 所示。

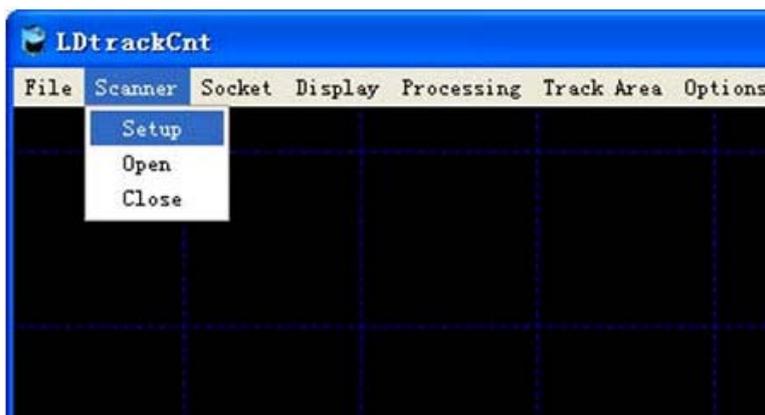


图 3-16 激光扫描仪配置命令

在弹出的选项框中填入各参数，如图 3-17 所示。

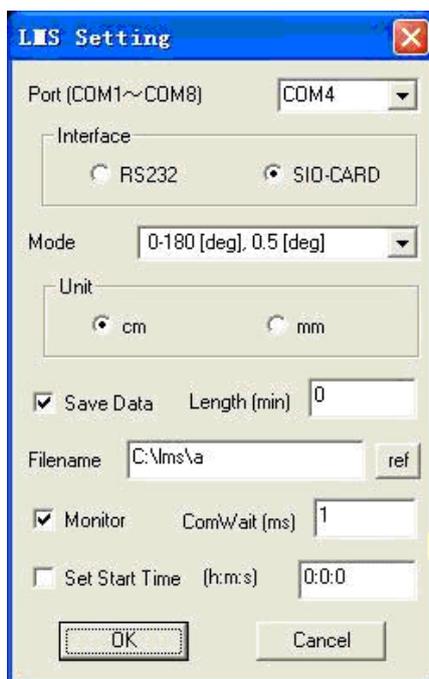


图 3-17 激光扫描仪参数配置

COM 口要根据 SIO-CARD 所在 PC 上的 COM 端口来选择。除 COM 口外，其它选项基本以图 3-17 为标准，所有选项都设置好后，按“OK”稍等机器会弹出一个窗口。



点击确定

图 3-18 激光扫描仪配置成功提示对话框

激光扫描仪配置成功后，选择：Scanner -> Open，弹出数据采集控制框，如图 3-19 所示。



图 3-19 激光扫描仪数据采集控制框

\*注：在数据采集过程中除更换电瓶外，其它时间基本上是不需要太多人力干预的，只要在一旁看护设备即可。在数据采集过程中严禁触碰设备，维护采集环境，避免行人及车辆触碰仪器，尽量不要让行人围观，围观会对数据采集带来一定的影响。

关于中途更换电瓶的要求，更换电瓶时尽量用对讲机或其它方法来通知各实验点，然后统一进行更换。这样能最大程度地降低数据采集损失。在更换电瓶时不必关闭笔记本电源，只是要关闭应用程序即可。待新电瓶安装完成后，再次启动应用程序进行数据采集。操作方法同上。

其它要注意的是，在更换电瓶时尽量不要触碰其它设备，特别是激光扫描仪。因为扫描仪位置一旦改变后，会对后期数据处理造成很大的影响。

### 3.3 实验结果

#### 3.3.1 数据采集结果列表

表 3-2 2008 年 7 月 16 日轨迹数据生成列表

Time	Data		PC						Confirm	END	trajectory out
			Npc1	Npc2	Npc3	Npc4	Npc5	Npc6			
06:00-06:50	20080716	06:00									
	20080716	06:10									
	20080716	06:20									
	20080716	06:30									
	20080716	06:40									
	20080716	06:50							O	O	O
07:00-07:50	20080716	07:00							O	O	O
	20080716	07:10							O	O	O
	20080716	07:20							O	O	O
	20080716	07:30							O	O	O
	20080716	07:40							O	O	O
	20080716	07:50							O	O	O
08:00-08:50	20080716	08:00							O	O	O
	20080716	08:10									
	20080716	08:20							O	O	O
	20080716	08:30							O	O	O
	20080716	08:40							O	O	O
	20080716	08:50							O	O	O
09:00-09:50	20080716	09:00							O	O	O
	20080716	09:10									
	20080716	09:20									
	20080716	09:30							O	O	O
	20080716	09:40	xx						O	Bad	
	20080716	09:50	xx						O	Bad	
10:00-10:50	20080716	10:00	xx						O	Bad	O
	20080716	10:10	xx						O	Bad	
	20080716	10:20									
	20080716	10:30									
	20080716	10:40									
	20080716	10:50									
11:00-11:50	20080716	11:00									
	20080716	11:10							O	O	O
	20080716	11:20							O	O	O
	20080716	11:30							O	O	O
	20080716	11:40							O	O	O
	20080716	11:50							O	O	O

12:00-12:50	20080716	12:00							0	0	0
	20080716	12:10							0	0	0
	20080716	12:20							0	0	0
	20080716	12:30							0	0	0
	20080716	12:40							0	0	0
	20080716	12:50							0	0	0
13:00-13:50	20080716	13:00							0	0	0
	20080716	13:10							0	0	0
	20080716	13:20							0	0	0
	20080716	13:30							0	0	0
	20080716	13:40									
	20080716	13:50							0	0	0
14:00-14:50	20080716	14:00							0	0	0
	20080716	14:10									
	20080716	14:20									
	20080716	14:30							0	0	0
	20080716	14:40							0	0	0
	20080716	14:50									
15:00-15:50	20080716	15:00							0	0	0
	20080716	15:10							0	0	0
	20080716	15:20									
	20080716	15:30									
	20080716	15:40									
	20080716	15:50							0	0	0
16:00-16:50	20080716	16:00									
	20080716	16:10									
	20080716	16:20									
	20080716	16:30							0	0	0
	20080716	16:40							0	0	0
	20080716	16:50							0	0	0
17:00-17:50	20080716	17:00							0	0	0
	20080716	17:10							0	0	0
	20080716	17:20							0	0	0
	20080716	17:30							0	0	0
	20080716	17:40							0	0	0
	20080716	17:50							0	0	0
18:00-18:50	20080716	18:00							0	0	0
	20080716	18:10							0	0	
	20080716	18:20							0	0	
	20080716	18:30							0	0	0
	20080716	18:40							0	0	0
	20080716	18:50							0	0	0
19:00-19:50	20080716	19:00							0	0	0
	20080716	19:10							0	0	0
	20080716	19:20							0	0	0

	20080716	19:30							0	0	0
	20080716	19:40							0	0	0
	20080716	19:50							0	0	0
20:00-20:50	20080716	20:00							0	0	0
	20080716	20:10							0	0	0
	20080716	20:20							0	0	0
	20080716	20:30							0	0	0
	20080716	20:40							0	0	0
	20080716	20:50							0	0	0

表 3-3 2008 年 7 月 22 日轨迹数据生成列表

Time	Data		PC						Confirm	END	trajectory
			Npc1	Npc2	Npc3	Npc4	Npc5	Npc6			out
06:00-06:50	20080722	06:00									
	20080722	06:10									
	20080722	06:20									
	20080722	06:30									
	20080722	06:40							0	0	0
	20080722	06:50							0	0	0
07:00-07:50	20080722	07:00							0	0	0
	20080722	07:10							0	0	0
	20080722	07:20							0	0	0
	20080722	07:30							0	0	0
	20080722	07:40									
	20080722	07:50									
08:00-08:50	20080722	08:00									
	20080722	08:10									
	20080722	08:20							0	0	0
	20080722	08:30									
	20080722	08:40									
	20080722	08:50									
09:00-09:50	20080722	09:00									
	20080722	09:10							0	0	0
	20080722	09:20									
	20080722	09:30									
	20080722	09:40			?						
	20080722	09:50									
10:00-10:50	20080722	10:00							0	0	0
	20080722	10:10									
	20080722	10:20							0	0	0
	20080722	10:30							0	0	0
	20080722	10:40							0	0	0
	20080722	10:50							0	0	0
11:00-11:50	20080722	11:00									
	20080722	11:10									

	20080722	11:20								
	20080722	11:30								
	20080722	11:40								
	20080722	11:50								
从中午 12 点到下午 17 点无采集数据										
17:00-17:50	20080722	17:00	?							
	20080722	17:10						0	0	0
	20080722	17:20					?			
	20080722	17:30					?			
	20080722	17:40					?			
	20080722	17:50					?			
18:00-18:50	20080722	18:00								
	20080722	18:10						0	0	0
	20080722	18:20						0	0	0
	20080722	18:30						0	0	0
	20080722	18:40						0	0	0
	20080722	18:50						0	0	0
19:00-19:50	20080722	19:00						0	0	0
	20080722	19:10						0	0	0
	20080722	19:20						0	0	0
	20080722	19:30						0	0	0
	20080722	19:40						0	0	0
	20080722	19:50						0	0	0
20:00-20:50	20080722	20:00						0	0	0
	20080722	20:10						0	0	0
	20080722	20:20						0	0	0
	20080722	20:30						0	0	0
	20080722	20:40						0	0	0
	20080722	20:50						0	0	0

\*注：上表中灰色区域表示数据正常，空白表示无数据，黑色表示数据缺失

### 3.3.2 实验场地照片集锦

数据采集现场，摆放好的仪器和忙碌的同学们.....



烈日下为传感器遮阳



与城管合影



早晨六点半已经做好了数据采集的准备



晚上 9 点数据采集结束



图 3-20 实验场地照片

### 3.3.3 数据采集结果显示

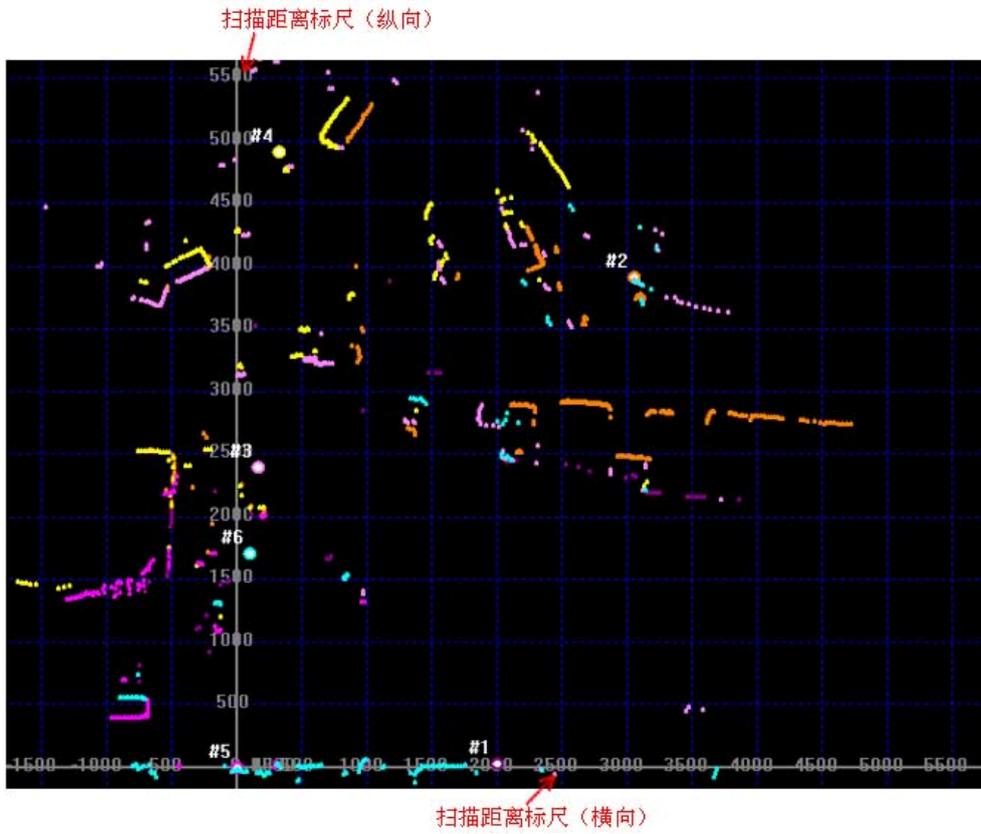


图 3-21 激光数据显示界面

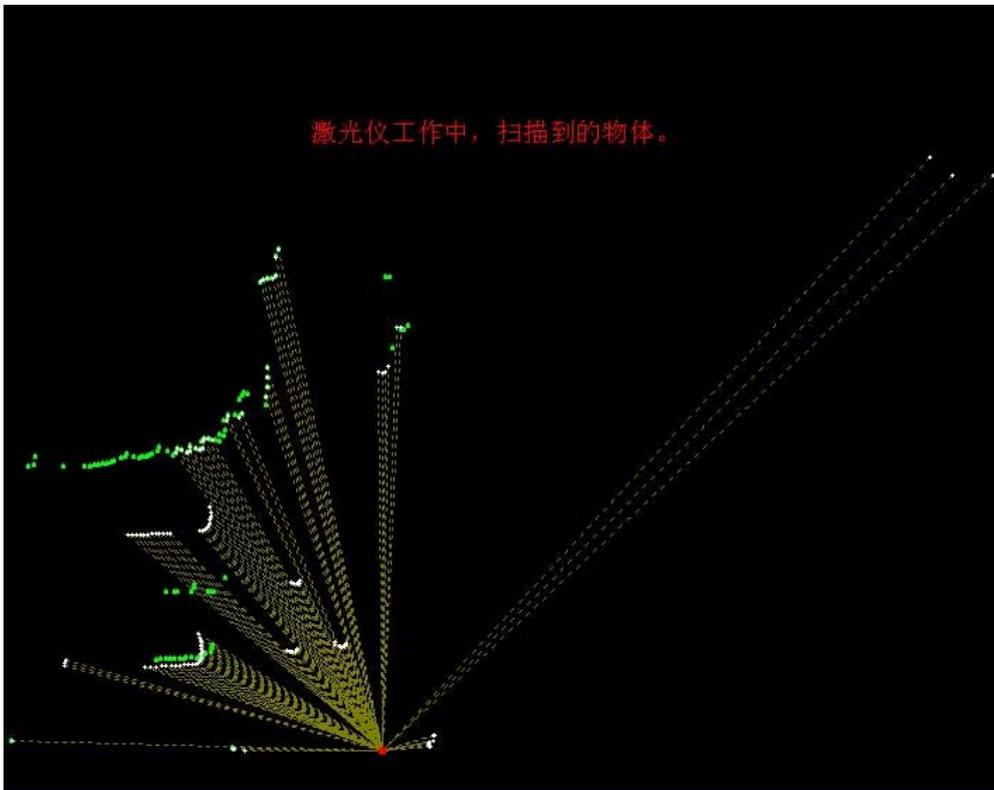


图 3-22 激光扫描仪工作示意图

## 4. 数据处理与解析

### 4.1 激光数据处理

#### 4.1.1 原始数据

要对采集得到的数据进行处理，首先要将所有数据文件收集并改后缀名（因各点采集的数据文件名字相同，故要改文件后缀名）例如：

a20080716071000.lms -> a20080716071000.lms1

a20080716071000.lms -> a20080716071000.lms2

.....

文件名说明如图 4-1 所示。



图 4-1 激光数据文件名说明

## 4.1.2 背景生成

使用程序 LMStrackCnt.exe，为每个激光数据文件生成背景文件。如激光扫描仪在测量过程中没有被移动，背景文件可通用。背景文件生成步骤如下：

1. 读取 LMS 文件(PATH=LMStrackCnt.exe -> File -> Load)，如图 4-2 和图 4-3 所示。

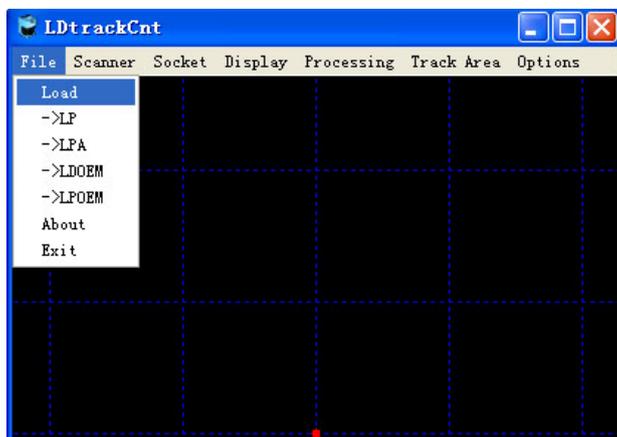


图 4-2 背景文件生成步骤 1 (a)



图 4-3 背景文件生成步骤 1 (b)

2. 当无法自动生成一幅正确的背景时，播放选择背景遮挡情况不严重的帧数，如图 4-4 所示。

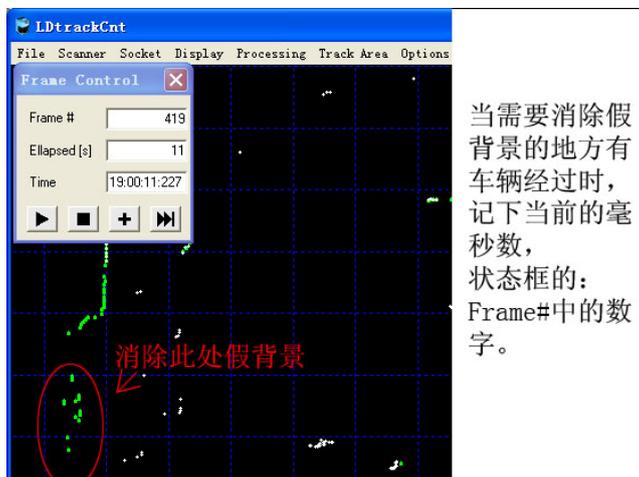


图 4-4 背景文件生成步骤 2

3. 选择 Processing -> BG Assistant, 如图 4-5 所示。



图 4-5 背景文件生成步骤 3

4. 设置开始及结束的帧数, reset 为初始默认选择, update 为修改背景, 如图 4-6 所示。

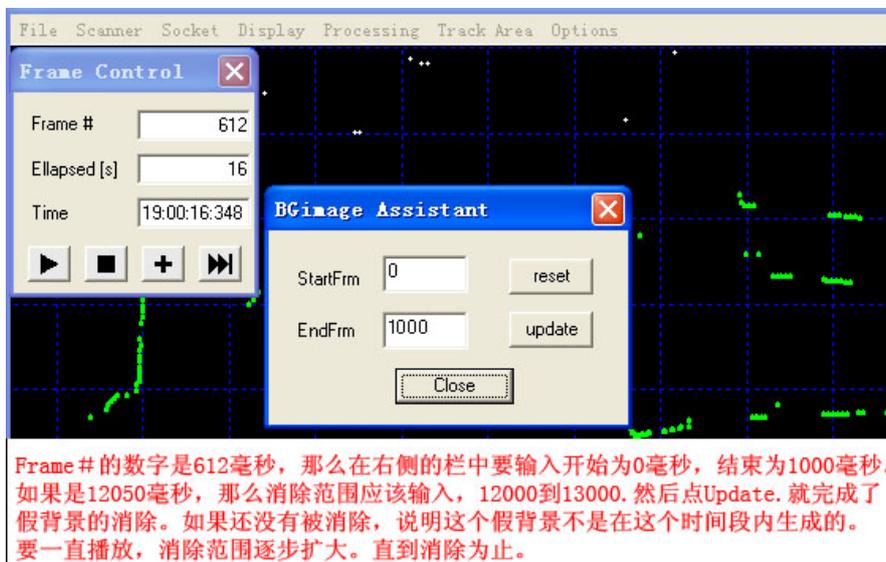


图 4-6 背景文件生成步骤 4

5. 完成消除背景后, 要将这个文件的背景保存, 保存时需要改名 (名字后加-s) 并且要保存成后缀名为 bg\* 的文件。例如:

a20080716071000-s.bg1

a20080716071000-s.bg2

...

### 4.1.3 时间取齐

各点采集的数据，待背景文件生成后，要对数据进行时间同步取齐。因为即使在实验前已对各 PC 间进行了时钟同步，但由于各 PC 的运行状态不同，运行一段时间后在时钟差上仍会有所差别。下面就是将同一时间段内所采集的数据进行时间平均，这样使各数据能达到几乎同步的状态。取齐方法如下。

打开 `Run-sync1ms.bat` 批处理文件进行编辑

文件内容是：`SyncLms.exe a20080716194000.lms1 0`

以上文件内容中绿色部分要改成当前处理的文件名。

修改完内容后，保存并退出。然后运行 `Run-sync1ms.bat` 批处理，此时需要等待大约 1 分钟左右。待命令执行完后，在同一目录下会自动生成加“-s”的 lms 文件，此时可删除旧的 lms 文件。

### 4.1.4 数据配准

以上只是为数据的整理做了一些准备。因为有位置，角度，时间差的关系，后期处理的目的是使同一时间采集的数据进行整理，多角度，全方位地拼接。接下来就要对各点所采集到的数据做位置移动及时间快移或慢移来进行配准，以使同一时间段内的数据能完整显示。配准后结果如图 4-7 所示。

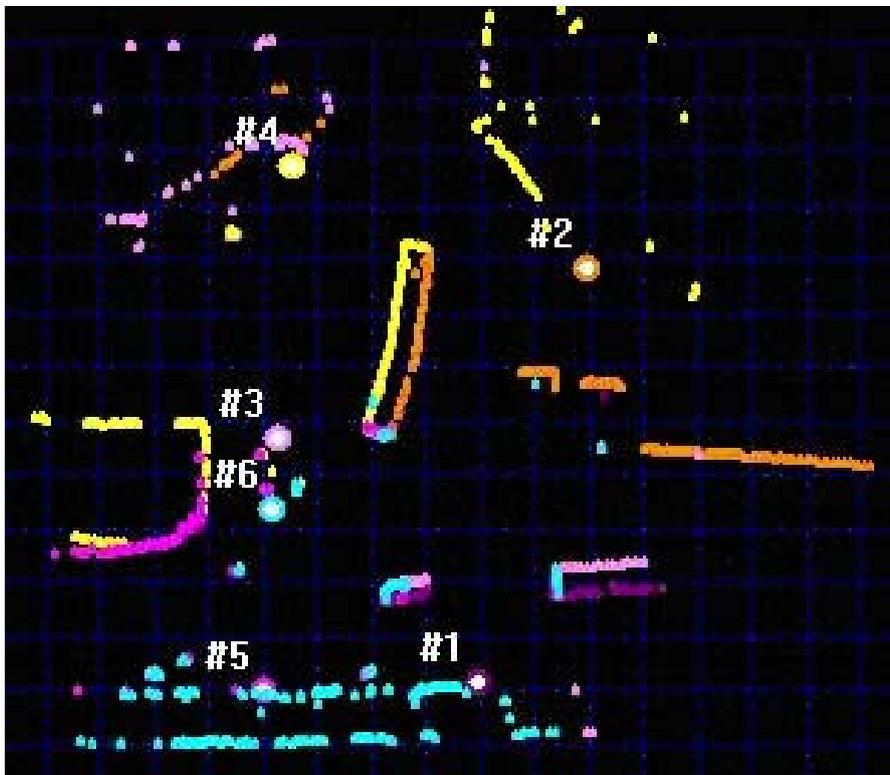


图 4-7 激光数据配准后结果

图 4-7 是将不同激光扫描仪取得的数据配准在一起的结果，图中不同颜色的点即表示不同激光扫描仪得到的数据。下面详细介绍数据配准的方法步骤。

1. 初始的数据全部是在同一位置上，先要将各点采集的数据，通过位置移动和角度旋转，放到相对应的位置上，如图 4-8 所示。

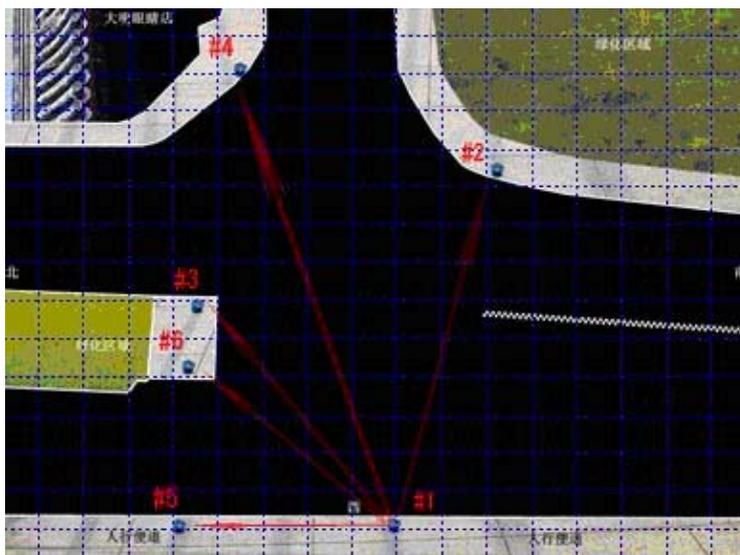


图 4-8 激光数据配准步骤 1 空间位置调整

2. 位置，角度确定后，就是调整各点采集的数据大约有几百毫秒的时间差。通过调整，使它们时差为 0，从而使数据能更好地显示，为数据分析做准备，如图 4-9 所示。

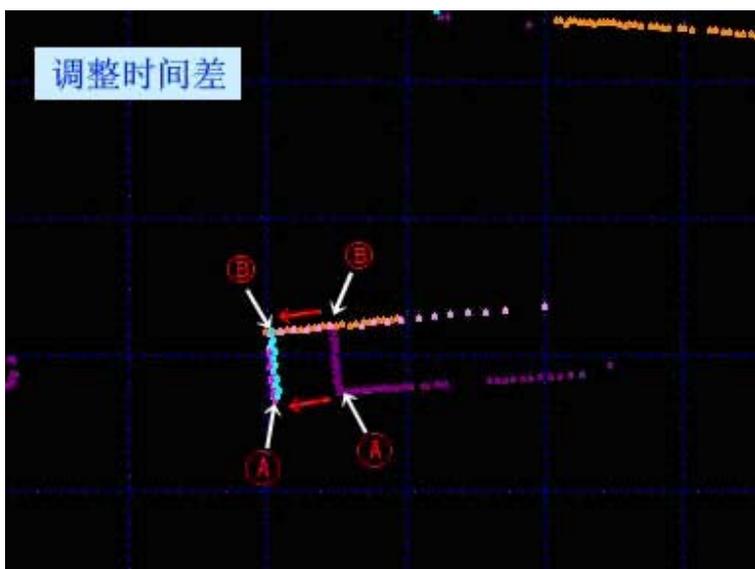


图 4-9 激光数据配准步骤 2 时间调整

3. 空间和时间都调整完毕后，需再重新做一次时间取齐。方法如下。

a.改名: a20080716071000-s.lms1 -> a20080716071000.lms1

b.再次运行 run-synclms.bat 文件。

c.执行完毕后，保留自动生成的 a20080716071000-s.lms1 文件，删除原文件 a20080716071000.lms1

d.修改 Calib 文件内容，如图 4-10 所示。

e.再次用 LmsTrackSrv.exe 打开文件，看一下最后结果。

需要修改的文件内容	
CLIENT1	lms01
CLIENT2	lms02
CLIENT3	lms03
CLIENT4	lms04
CLIENT5	lms05
CLIENT6	lms06
CLIENT16	map
##LD no ang shvx shvy reverse	
LD 1	0.010472 19.980000 0.540000 0.000000 0
LD 2	2.572615 29.740000 39.160000 0.000000 0
LD 3	-0.911062 1.500000 23.420000 0.000000 0
LD 4	-2.356195 2.660000 48.560000 0.000000 0
LD 5	0.020944 0.000000 -0.200000 0.000000 0
LD 6	-2.258456 0.900000 16.580000 0.000000 0
##MAP no scl shvx shvy	
MAP 0	2.186675 -22.120000 -59.980000
##SYNTHIMEADJ no steps	
SYNTHIMEADJ1	674 -> SYNTHIMEADJ1 0
SYNTHIMEADJ2	36 -> SYNTHIMEADJ1 0
SYNTHIMEADJ3	-2 -> SYNTHIMEADJ1 0
SYNTHIMEADJ4	343 -> SYNTHIMEADJ1 0
SYNTHIMEADJ5	2 -> SYNTHIMEADJ1 0
SYNTHIMEADJ6	101 -> SYNTHIMEADJ1 0

修改此处内容，时间全部改为“0”

图 4-10 数据配准后修改对应 Calib 文件内容

### 4.1.5 处理结果

上述步骤全部完成后，便得到了配准后的分布式激光数据。一套数据中包括 6 个激光数据文件 (\*.lms?)，6 个背景文件 (\*.bg?)，1 个时间空间配准文件 (\*.Calib)，随后将其压缩备份。

## 4.2 轨迹数据生成

运行 LmsTrackSrv.exe 应用程序，按下图所示步骤操作生成轨迹数据。

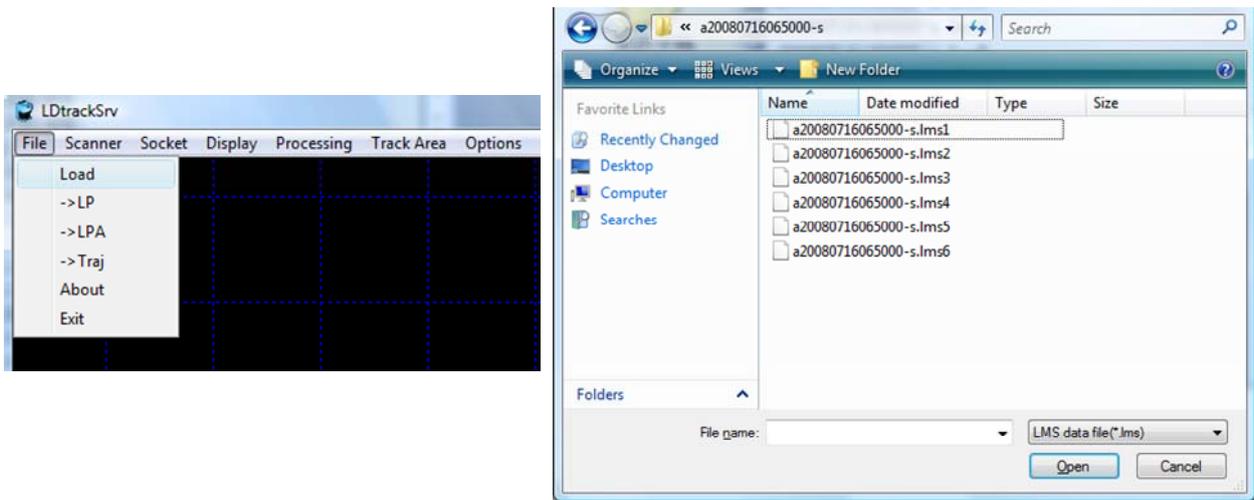


图 4-11 轨迹生成步骤 1 读取激光数据文件

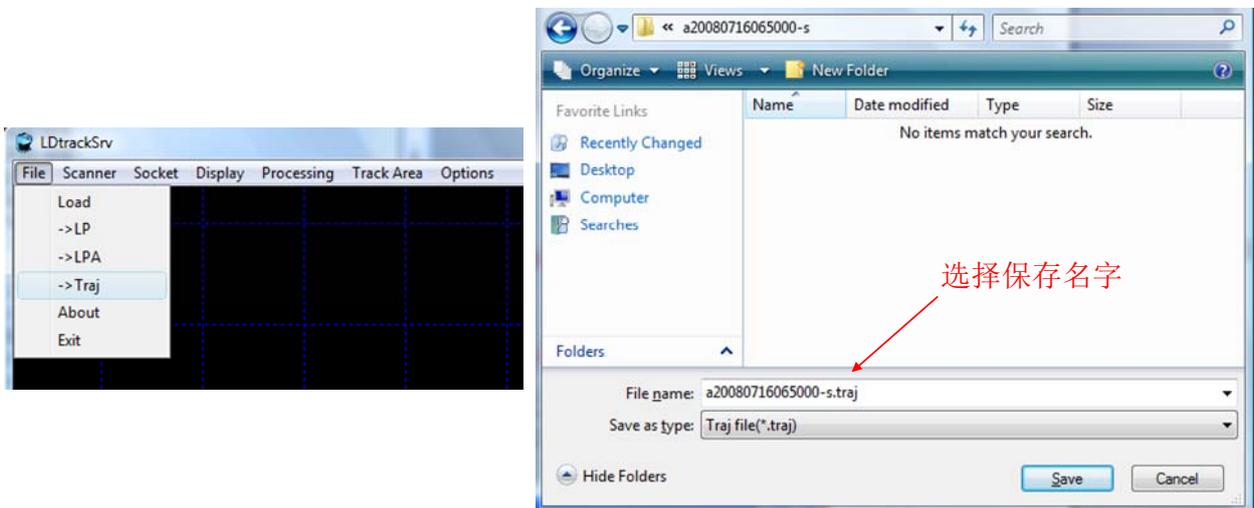


图 4-12 轨迹生成步骤 2 设置轨迹数据文件

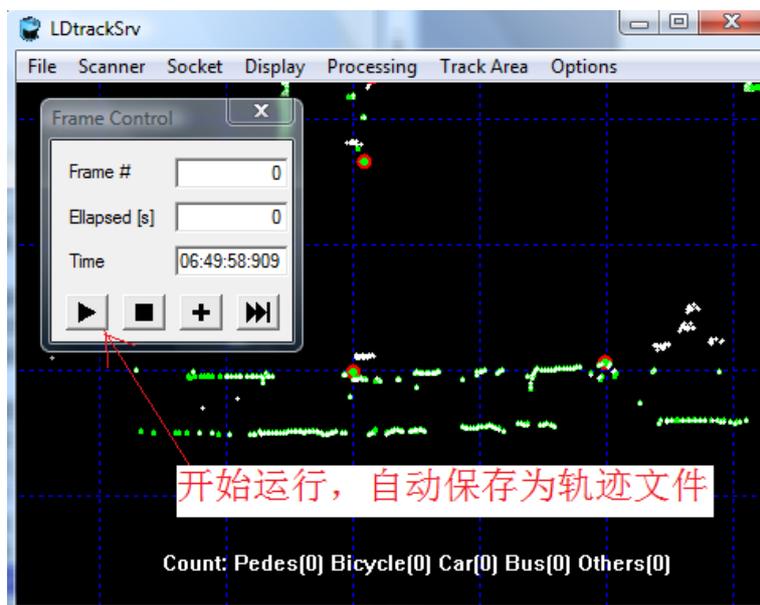


图 4-13 轨迹生成步骤 3 自动生成轨迹文件

经上述步骤生成的轨迹数据文件 (\*.traj) 中按时间顺序记录了经过路口的移动物体运动过程所形成的轨迹，包括位置、速率、方向、大小等静态/动态信息，这些信息是通过融合 6 台激光测距仪的数据得到的，从而完成了由激光数据到轨迹信息的转化，如图 4-14 所示。

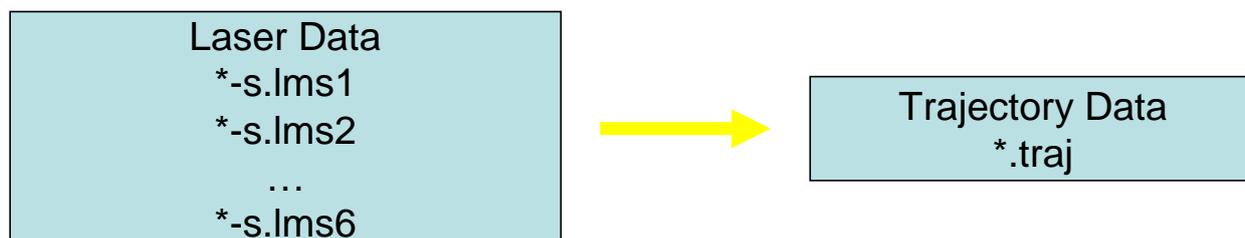


图 4-14 激光数据到轨迹信息的转化

在轨迹文件 (\*.traj) 中，对每一条轨迹，都记录了其编号、种类、大小，然后记录它在每一帧中更为具体的运动信息，记录了帧号、时间（毫秒）、中心点位置、运动方向、运动速率等等，具体数据格式如图 4-15 示例。

```
#trajectory, no, class, length, width, svcnt
#class= {0:people;1:bicycle;2:car;3:bus;4:something else}
#frameno, millisec, trajpx, trajpy, grpx, grpy, tdirvx, tdirvy, dirvx, dirvy, tspeed, speed, ....

trajectory, 6, 1, 1, 0, 0.4, 1
17, 68400557, 0.043, 48.539, 0.043, 48.539, 0.198, 0.980, 0.000, -0.003, 0.000, 3.294, 0.956, 0.29
16, 68400529, 0.043, 48.542, 0.043, 48.542, 0.198, 0.980, 0.046, 0.195, 0.000, 3.532, 0.950, 0.313
15, 68400503, -0.003, 48.348, 0.043, 48.542, 0.193, 0.981, 0.046, 0.191, 0.000, 3.243, 0.956, 0.29
14, 68400476, -0.003, 48.351, 0.043, 48.546, 0.000, 0.000, 0.046, 0.195, 0.000, 7.548, 0.950, 0.31
....
trajectory, 3, 2, 3.2, 1.8, 1
24, 68400743, 18.908, 6.778, 18.908, 6.778, 0.978, 0.207, 0.000, 0.000, 0.000, 4.160, 0.990, -0.14
23, 68400716, 19.942, 6.863, 19.942, 6.863, 0.978, 0.207, 0.173, 0.013, 0.000, 4.352, 0.966, 0.260
22, 68400690, 19.769, 6.850, 19.769, 6.850, 0.976, 0.217, 0.000, 0.000, 0.000, 4.247, 0.986, 0.168
21, 68400663, 20.613, 7.023, 20.613, 7.023, 0.976, 0.217, 0.000, 0.000, 0.000, 4.462, 0.987, 0.161
20, 68400637, 20.019, 7.629, 20.237, 7.039, 0.987, 0.161, 0.087, -0.087, 0.000, 4.683, 0.987, 0.16
....
```

图 4-15 轨迹文件数据格式示例

接下来，对所有经过配准的完整激光数据进行轨迹输出，16 日数据共输出 64 个轨迹文件，22 日数据共输出 31 个轨迹文件，具体输出信息参见 3.3 实验结果列表中 trajectory out 项。

## 4.3 轨迹数据分析

### 4.3.1 基于轨迹数的车辆数目统计

轨迹文件 (\*.traj) 中记录了每一个经过路口监测区域的移动物体的运动轨迹。考虑这一点，最简单的一个想法就是直接对文件中的轨迹数目进行统计。挑出那些属于机动车辆的轨迹，每条轨迹实际上就对应了一辆机动车。因而，直接统计移动车辆的轨迹数，一定意义上就表示了经过路口车辆数目。

据此，对 16 日与 22 日两天共 95 个轨迹文件全部统计其包含的移动车辆轨迹数，将结果作散点图如图 4-16 所示。

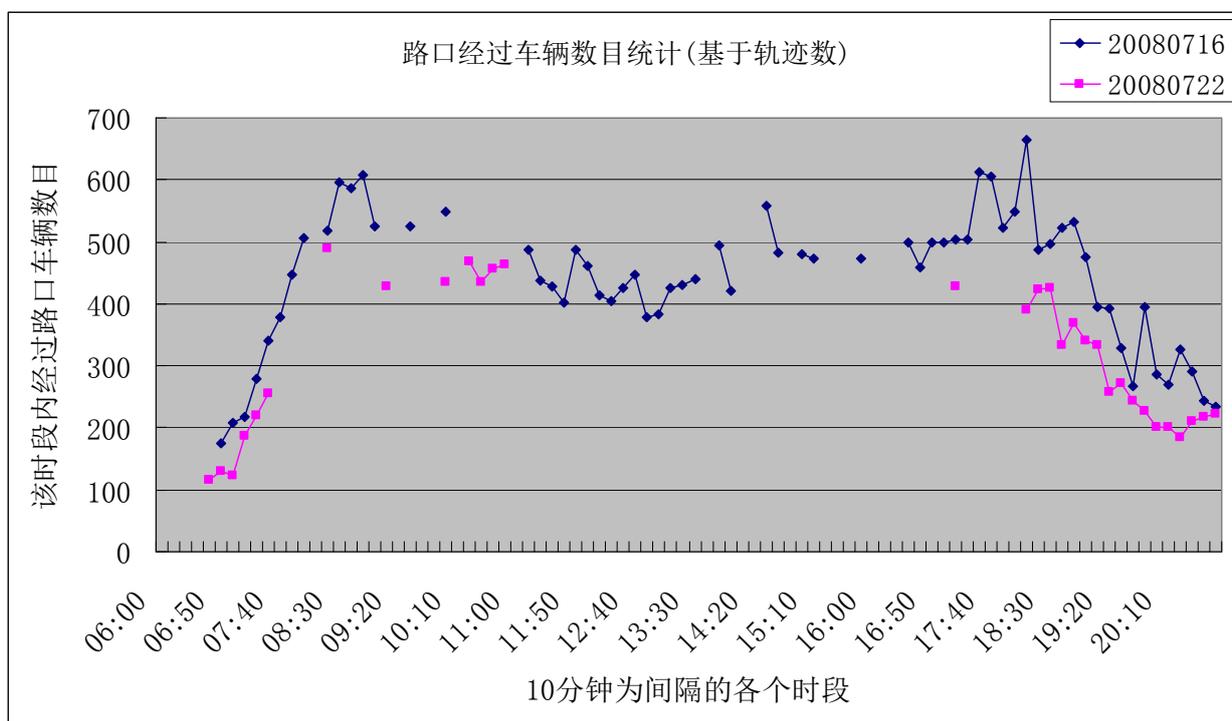


图 4-16 基于轨迹数的车辆数目统计

蓝色和粉色点分别表示 16 日、22 日的结果。受激光数据采集结果所限，从 6:00—21:00 整个时段来看，统计数据并不完全连续。但从图中仍然可以看出，7 月 22 日（限行后）的车辆数目的确要小于 7 月 16 日。同时，在同一天内，不同时段的车流量特点在图中也有一定体现，例如 7 月 16 日早高峰体现明显，6:50—9:00 时段内车辆数目持续增长。

### 4.3.2 基于地图像素的车辆数目统计

将整个交叉路口监测区域分成各个小区域，对不同的小区域而言，经过其上的车辆数目也不相同。因而，如果能对各个小区域经过的车辆数目分别进行统计，那么就得到经过路口的移动车辆在空间上的一些分布信息。

在实际程序中，将交叉路口监测区域（90m\*60m）映射到一个 900\*600 的图像上，图像中每个像素即代表实地 10cm\*10cm 的区域。

在轨迹文件 (\*.traj) 中，可以准确知道检测目标在路口区域移动过程中所处位置。根据这一点，对于每个像素点，都对经过它的车辆轨迹进行计数，如图所示。

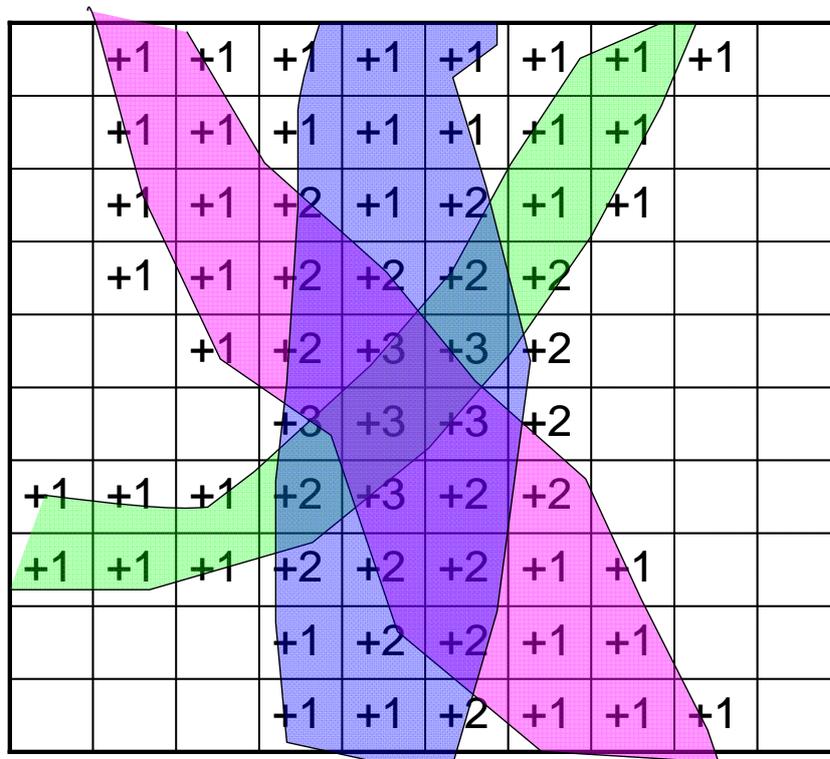


图 4-17 像素统计方法

经过 10 分钟的计数，可以得到不同像素点各自经过的车辆数目。把这些数目按照灰度显示在图像上，就反映出这 10 分钟内经过路口车辆的大致分布。其中，数目大的灰度高，白色较深，反之灰度低，白色较浅。

图 4-18 分别是 16 日和 22 日两天实验中不同时间段车辆数目的分布。时间段选取分别为 6:50， 8:20， 18:10， 20:40 。

Above: July 16th Below :July 22nd

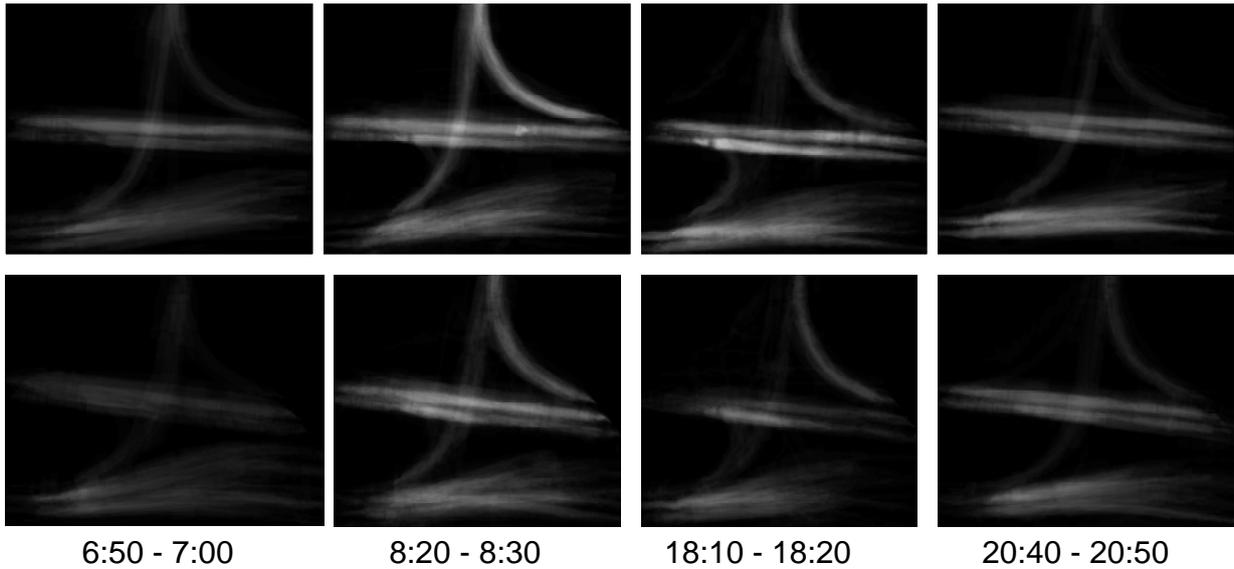


图 4-18 16 日和 22 日四时间段车辆数对比

由图 4-18 可以看出，在同一天的不同时间段，车辆数目的差别比较明显，而且在具体道路方向的选择上具有不同的分布特性，例如，16 日 8: 20—8: 30 时段自南向东、自北向东的车辆都比较多，到了 18: 10—18: 20 时段在这两个方向上数目明显减少，而自南向北方向的车辆数目则有所增多，这是纵向比较。

对于 16 日和 22 日两天的数据，在横向上应该也有个比较，虽然从图中基本能够看出各个时段 22 日数据灰度普遍要比 16 日同一时段浅，但为了得到更直观的体现，我们使用最大像素累计值来做比较。

即，对于任意时间段所得到的图像，挑出其中灰度值最大（即经过车辆数目最多）的像素点，记录其数值。图 4-19 即为 16 日和 22 日两天内不同时间段内最大经过车辆数目的统计。

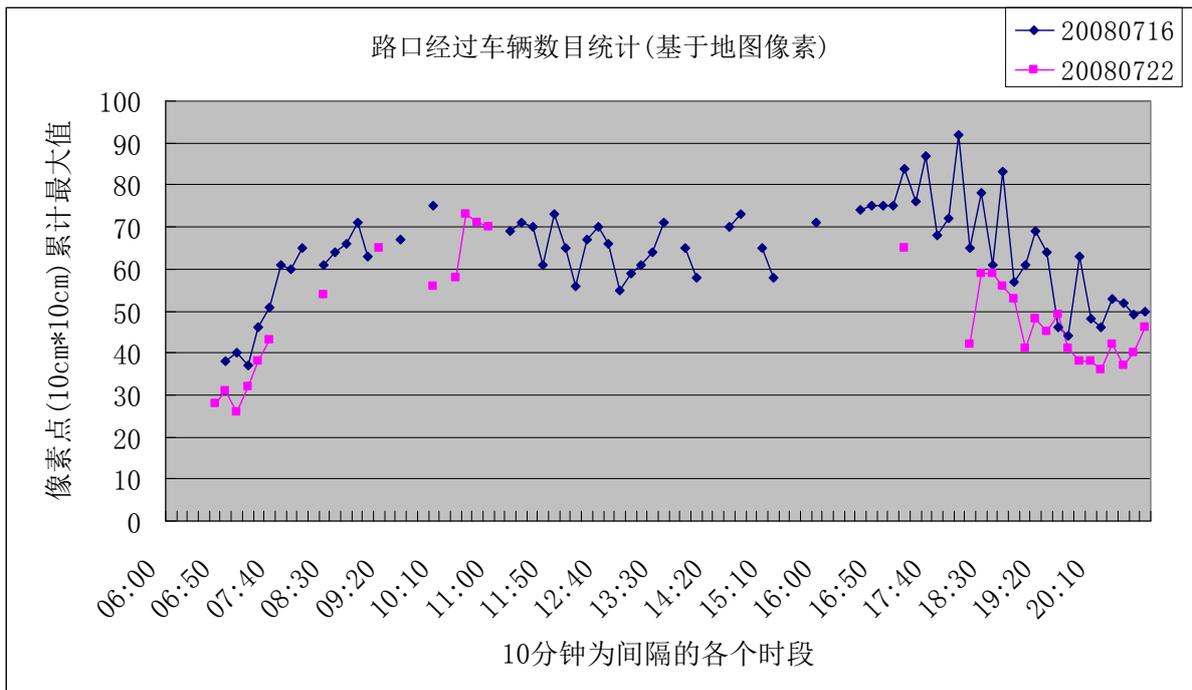


图 4-19 基于地图像素的车辆数目统计

### 4.3.3 基于帧的车辆数目统计

在激光扫描得到的数据中，由于扫描仪自身的频率特性（37.5Hz），1秒钟大概有37~38帧数据。对于长达10分钟的数据，一共该有22500帧左右。每帧数据中有多少条轨迹，即表示着在该时刻的一瞬间路口监测区域内有多少辆机动车辆，这实际上是从另一个角度反映了车辆的数目。

由轨迹文件得到的帧序列与轨迹序列具有下图所示的关系，对同一条轨迹，在帧序列中的出现可能并不连续，例如24号轨迹，在142帧后消失，在145帧又出现。实际上移动物体在这段时间内仍然处于路口监测区域中，但其轨迹却出现了中断，这可能是因为遮挡、无反射点等原因导致原始激光数据的缺失。

Frame NO.	1	...	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	...
Object NO. 23															
Object NO. 24															
Object NO. 25															
Object NO. 26															
Object NO. 27															
			3	4	3	5	3	3	3	4	3	4	3	3	

图 4-20 轨迹数据在帧序列中中断示例

对于上面所说的问题，需要采用插值的办法将轨迹中断部分补齐，目前采用最简单的线性插值来完成，补齐了各条轨迹在帧序列中中断的部分。

将轨迹数目补齐之后，对两项数值来做统计：

1. 1组数据（即22500帧）中哪一帧的轨迹数目最多（Max）
2. 1组数据（即22500帧）每帧平均有多少条轨迹（Avg）

统计结果如下图所示。从这两项数值来看，22日的车辆数量大多要少于16日，但是同一天之内相邻时段的数量波动却很大，这可能还是与路口自身的交通特性有关（如红绿灯，前后路口车流影响等）。

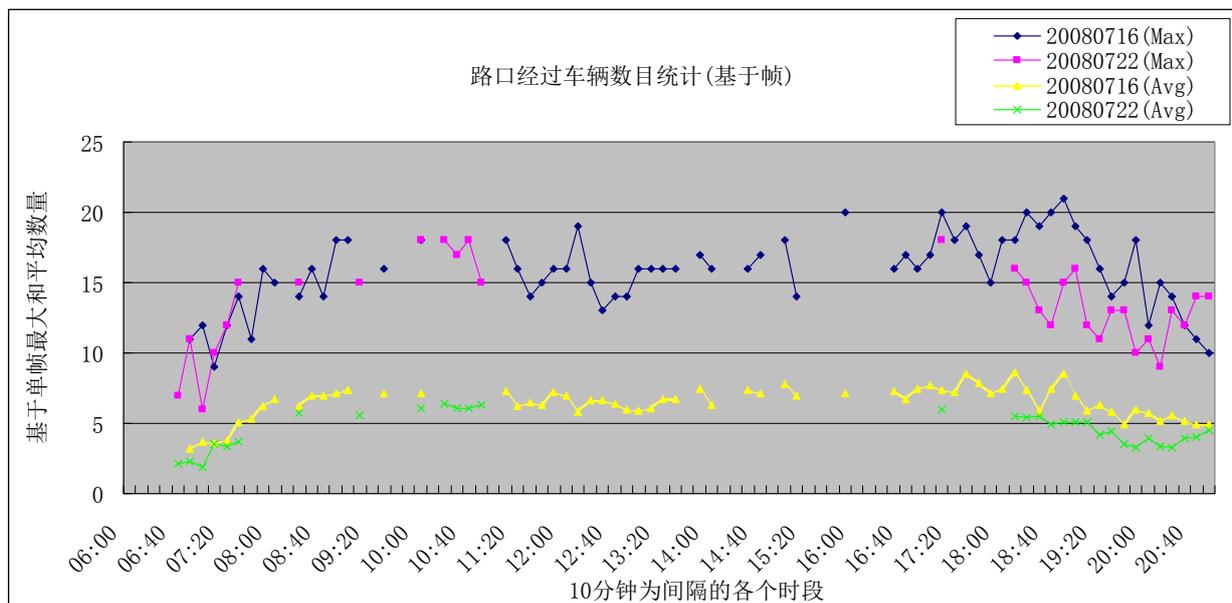


图 4-21 基于帧的车辆数目统计

## 5. 总结

本次实验于 2008 年 7 月 16 日和 22 日两天在北京大学西南门外海淀路和颐和园路交叉路口共采集了近 20 小时的交通数据，并对 6 台激光测距仪的数据做了配准融合。在此基础上，进一步输出了由激光数据处理算法计算得到的移动物体运动轨迹数据，其中包括物体的位置、速率、方向、大小等多项参数。根据这些信息，做了一些简单的交通流量分析。

从研究角度来看，在交叉路口这种人车混行的环境中研究交通行为往往需要足够而详细的数据支持。本次实验在大范围/长时段条件下采集并处理得到的大量路口的移动物体轨迹数据信息，基于这些数据，可以进行更高层次的交通研究分析工作。

本次实验的后续工作将主要从以下两个方向展开：一，激光数据处理算法优化，进而输出更为精确的轨迹数据；二，轨迹数据分析，从交通行为研究角度对已得到的轨迹数据从不同层次做进一步分析，例如图 5-1 所示。

### 数据的应用例

基于检测到的移动目标数据，可以对不同种类的移动目标做以下统计分析。

- 流量
  - 速度
  - 方向
  - 密度
- 等等

同时可以对不同种类的移动目标间的行为关系进行分析，比如，左折，右折车辆与人行横道上的行人的关系，行人，自行车，汽车相互间交通行为的影响等。

本系统所获取的数据可为交通管理，信号管理，交通分析提供详细真实的基础数据。

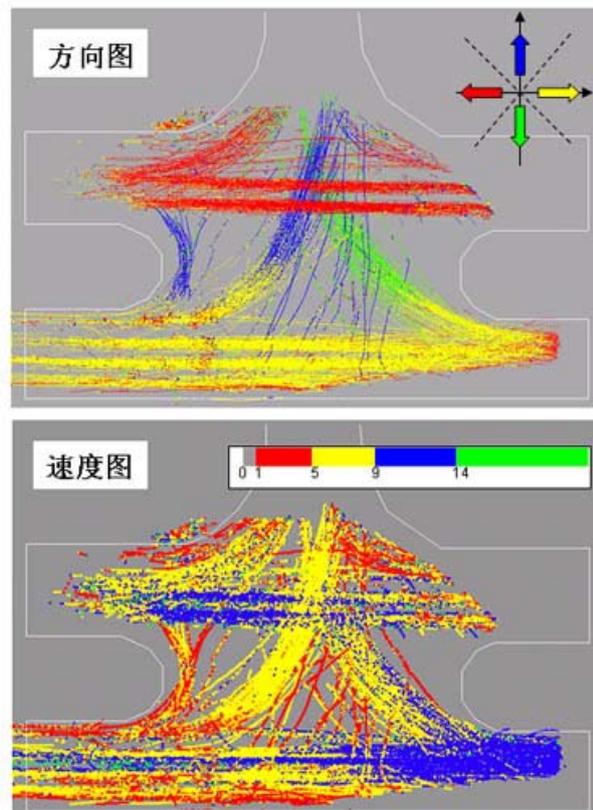


图 5-1 数据分析应用示例

## 致 谢

本次实验从早晨 5 点准备, 6 点半开始数据采集, 到晚上 9 点数据采集结束, 器材搬运, 10 点实验结束, 在北京酷暑中为期两天进行。所有实验参加人员名单如下(排名不分先后)。

熊龙 陈文耀 郭沛洪 侯越 胡程 黄舒颖 焦志刚 金鑫 沙杰 宋轩 唐轲

汪路 王佩 王雨佳 王志鹏 吴垠 张拳石 张新勇 张昕 赵旭婷 赵卉菁

在此向上述老师和同学表示感谢。