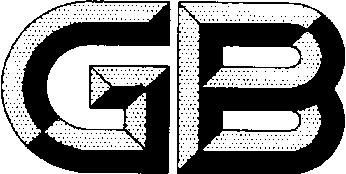
ICS XX.XXX.XX

LXX



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

信息技术 实时定位系统

定位跟踪系统的测试与评估

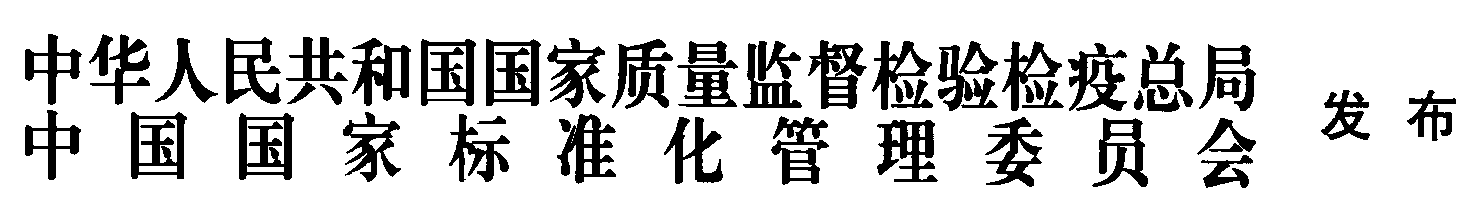
Information technology - Real time locating systems -

Test and evaluation of localization and tracking systems

|  |
| --- |
|  |
|  |

     - XX - XX发布

XXXX - XX -   实施



目  次

[前  言 III](#_Toc517941887)

[引  言 I](#_Toc517941888)

[1　范围 1](#_Toc517941889)

[2　规范性引用文件 1](#_Toc517941890)

[3　术语与定义 1](#_Toc517941891)

[3.1 1](#_Toc517941892)

[3.2 1](#_Toc517941893)

[3.3 1](#_Toc517941894)

[4　缩略语 1](#_Toc517941895)

[5　LTS分类 2](#_Toc517941896)

[5.1　定位传感器类型 3](#_Toc517941897)

[5.2　对现有网络／定位基础设施的依赖 4](#_Toc517941898)

[5.3　离线、特定建筑中的训练 5](#_Toc517941899)

[5.4　位置信息的最终使用者 6](#_Toc517941900)

[6　LTS隐私和安全方面的考虑 7](#_Toc517941901)

[6.1　隐私 7](#_Toc517941902)

[6.2　安全 7](#_Toc517941903)

[7　测试和评估方法分类 8](#_Toc517941904)

[7.1　系统测试与组件测试 8](#_Toc517941905)

[7.2　对定位及跟踪系统内部运作知识的依赖程度 8](#_Toc517941906)

[7.3　可重复性 9](#_Toc517941907)

[7.4　测试场地 9](#_Toc517941908)

[7.5　地面真值 9](#_Toc517941909)

[8　LTS性能指标 10](#_Toc517941910)

[8.1　介绍 10](#_Toc517941911)

[8.2　楼层检测概率 11](#_Toc517941912)

[8.3　区域探测概率 11](#_Toc517941913)

[8.4　各类误差的均值 11](#_Toc517941914)

[8.5　误差矢量的协方差矩阵 12](#_Toc517941915)

[8.6　误差幅值的方差 12](#_Toc517941916)

[8.7　各类误差的均方根值 13](#_Toc517941917)

[8.8　误差向量的绝对均值 13](#_Toc517941918)

[8.9　95%圆误差(CE95)和圆概率误差(CEP) 13](#_Toc517941919)

[8.10　95%垂直误差(VE95)和垂直误差概率(VEP) 14](#_Toc517941920)

[8.11　95%球形误差(SE95)和球概率误差(SEP) 14](#_Toc517941921)

[8.12　覆盖 14](#_Toc517941922)

[8.13　相对精度 15](#_Toc517941923)

[8.14　延迟 15](#_Toc517941924)

[8.15　准备时间 16](#_Toc517941925)

[8.16　可选性能指标 16](#_Toc517941926)

[9　可选的用于关键任务的定位系统性能指标 17](#_Toc517941927)

[9.1　介绍 17](#_Toc517941928)

[9.2　磁化系数 17](#_Toc517941929)

[9.3　弹性 17](#_Toc517941930)

[10　测试和评估的考虑及场景 17](#_Toc517941931)

[10.1　建筑类型 17](#_Toc517941932)

[10.2　流动性的影响 19](#_Toc517941933)

[10.3　位置传感器的失效模式和脆弱性 20](#_Toc517941934)

[10.4　测试和评估场景 20](#_Toc517941935)

[11　T&E报告需求 24](#_Toc517941936)

[11.1　概述 24](#_Toc517941937)

[11.2　测试地点和时间 26](#_Toc517941938)

[11.3　测试环境条件 26](#_Toc517941939)

[11.4　被测系统信息 26](#_Toc517941940)

[11.5　被测系统所含设备 26](#_Toc517941941)

[11.6　终端能力 27](#_Toc517941942)

[11.7　位置数据格式 27](#_Toc517941943)

[11.8　位置更新速率和系统负载 27](#_Toc517941944)

[11.9　RF发射和干扰问题 28](#_Toc517941945)

[11.10　设置程序 28](#_Toc517941946)

[11.11　建立LTS所需的信息 28](#_Toc517941947)

[11.12　LTS　GUls 29](#_Toc517941948)

[11.13　维护 29](#_Toc517941949)

[11.14　试验建筑物的平面图 30](#_Toc517941950)

[11.15　涉及运动实体的T＆E场景的表征 30](#_Toc517941951)

[11.16　T&E结果的数字化显示 31](#_Toc517941952)

[11.17　T&E结果的可视化 36](#_Toc517941953)

[附录A（资料性附录）　局部坐标系与WGS84坐标系的转换 40](#_Toc517941954)

[附录B（资料性附录）　定位传感器及其故障模式 52](#_Toc517941955)

前  言

本部分由全国信息技术标准化技术委员会（SAC/TC28）提出并归口。

请注意本部分的某些内容可能涉及专利。本部分的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分起草单位：。

本部分主要起草人：。

引  言

个人/资产定位和跟踪系统（LTS）存在潜在的巨大市场，可用于在不同的应用领域如：

——应急响应；

——军事；

——执法；

——矿业；

——E-911；

——罪犯追踪；

——个人车辆导航；

——智能手机/社交网络；

——车队的管理；

——工厂/仓库/医院的资产追踪；

——跟踪老人/孩子；

——博物馆/商场个人导航。

一些定位和跟踪应用，如个人导航，车队管理和在工厂/仓库/医院进行资产跟踪， 通常称为基于位置的服务（LBS）。预计到2020年LBS的使用将会显著增长。然而，缺乏标准化测试和评估（T＆E）程序一直是LBS市场增长的障碍，因为：

i）潜在用户无法轻易确定这些系统是否满足用户需求；

ii）当使用不同的度量和程序来评估一个给定的系统时，很难解释T＆E的结果甚至更不利于评估不同的系统；

iii）各买方/辖区生产商使用不同的最低性能要求去开发辖区特定产品，这提高了制造成本。

与LBS相比，很多定位和跟踪应用从某种程度上说属于政府功能，因为政府是最关心这种应用的解决方案有效性的实体。此类应用的例子包括为发布命令、进行控制而追踪消防员进入燃烧的建筑结构，并在消防员有危险时发动救援任务；防止士兵或特种武器和战术部队（SWAT）队员在进入一个躲避了威胁公共安全的敌人或武装分子的建筑物内时发生误伤；导弹和精确制导弹药的制导；这类应用与普通公众使用的定位和跟踪应用相比，如博物馆/购物中心的导航、追踪养老院中的老人、确保儿童没有在学校场地被绑架、货运公司的车队管理等，具有更严格的定位准确性和延迟性要求。

本标准涉及LTS的T＆E。一旦建立了标准化的T＆E程序，就可以为各种定位和跟踪应用设置最低性能要求。例如，由政府机构颁布的法规要求煤矿操作人员在正常采矿期间，以5m内的精度跟踪工作的矿工，在矿山发生爆炸或屋顶坍塌等灾难性事件之后，以100m内的精度跟踪工作的矿工。将T＆E问题与最低性能要求分开是有意义的，这是因为同一T＆E标准可能适用于不同的定位和跟踪应用，但最低性能要求通常因应用种类而异。本标准仅涉及T＆E，不针对定位和跟踪应用置最低性能要求。

由于以下几个原因，LTS的T＆E具有挑战性：

i）许多系统以“联网”的方式工作。也就是说，为估计一个或多个设备的位置，几个设备之间需要相互通信。因此，LTS的性能受到这些设备相对于彼此的位置影响，即网络拓扑结构。

ii）设备所处的物理环境影响它们之间的通信，估计到另一个设备距离或方向，以及LTS性能。例如，一个木结构的单户住宅和一个钢筋混凝土结构的大型高层建筑，它们里面的无线电频率（RF）通信完全不同。

iii）尽管对LTS的T＆E来说最好采取“黑匣子”方法，但需要识别各种位置传感器（例如全球定位系统（GPS）、RF测距、RF到达方向估计、加速度计、陀螺仪和高度计）的故障模式，因为这在设计一个综合的T＆E程序时是有用的。当用户进入建筑物内后，一些系统允许部署被称为“面包屑” 的设备。另一些系统基于它们在建筑物内不能得到任何定位和跟踪帮助的假设设计，这种系统不允许部署“面包屑”设备。因此，T＆E程序必须考虑这些可能性或LTS的不同类别。

本标准的主要目的是开发针对LTS的性能指标和T＆E方案。在政府运营和普通公众应用场景的不同应用领域中，LBS都被设想了。因此，工业、消费者、贸易、政府和分销商都受到本标准影响。已尽一切努力使本标准适用于尽可能多的室内定位和追踪应用中。本标准提供了如何报告T＆E结果的明确指示，即为更好地展示T＆E工作的结果，要记录什么信息以及包含什么样的表格和图形/图表。因为需要在若干不同类型的建筑物中进行“网络部署”和测试，即使在本标准发布后，LTS的T＆E也很复杂。不应该期望LTS的T＆E可以在实验室中完成。性能结果可能取决于T＆E程序中使用的特定建筑物，但至少将会有一个标准化的方式来实现T＆E，如果根据该标准在同一建筑物中对多个LTS进行评估，评估结果是可以相互间比较的。定位和跟踪技术并没有发展成熟。未来几年新的系统和技术将出现，但不管出现什么技术前沿，T＆E程序都可以标准化，本质上也将促进技术发展。在没有T＆E标准的情况下，目前LTS市场存在不确定性，用户很难确定LTS产品示范满足他们的要求，供应商的声明也很难被证实。因此，这是的确是本标准出台的正确时间。

将此标准扩展到其他应用领域，例如被困在地下矿山的矿工，潜水车的导航或在人体内移动的小型医疗设备，可能是未来标准的主题，将成为这一“基础”标准的延伸。

作为最后一点，在本标准中“定位和跟踪”一词已被用来表示系统的类型。但是，这不是用于提及这种系统的唯一术语。ISO/IEC JTC 1 SC 31使用术语RTLS，在本文中它也已全名出现。SC 31在审议过程中考虑了使用“positioning”术语的情况，即某人/物体配备了适当的装置，利用该装置连接其他的装置一起作为系统的一部分来确定自己的位置。也就是说，“positioning”是自我意识。另一方面，SC 31将“locating”视为适合该情况的术语，即其他实体需要远程确定某人员/对象的位置。换句话说，“locating”是为了跟踪和问责目的。根据以上提到的术语定义，存在系统需要同时提供“positioning”和“locating”功能的可能（参见5.4.4）。“tracking”是另一个经常使用的术语，它具有时间维度。也就是说，需要跟踪一段时间内某个人/对象的移动。以最简单的形式，跟踪可以通过以一定时间间隔周期性的调用定位能力来完成。然而，跟踪也可以考虑被跟踪的人/对象的移动特性。例如，当消防员在燃烧的建筑物内灭火时其移动速度不可能超过1米/秒。这一信息可以用来更好的评估消防员在任何特定时间的位置。“location system”是文献中使用的另一个术语。在军事应用中经常出现的一个术语是“navigation”。为了将某人/物体导航到某些目的点，有必要且最少要知道人/物体的起始位置。在导弹或智能炸弹的制导应用中，丢失目标或击中其他物体会有灾难性的后果，因此有必要连续不断地知获得导弹/炸弹的位置以确保任何与预期路径/航向的偏差都可以得到纠正。导航包括计算到达目的地的路径。该路径并不总是从起始位置到目的地的直线。例如，考虑在城市街道上导航或为迷失方向的消防员提供从燃烧的建筑物中走出来的指引。即使本文不涉及导航，它涉及的某个人/对象在特定时间的位置是导航过程的组成部分。

本文采用术语“localization”同时涵盖“locating”与“positioning”功能，因为在任何一种情况下人/物都必须“localized”。还采用术语“tracking”来确保该标准不仅仅是关于人/物体位置的快照，而且还涉及随时间的移动过程。事实上，SC 31迄今一直专注于纯基于射频的系统，但本文考虑到系统可能使用各种传感器进行定位和跟踪，包括惯性测量单元（IMUs），IMUs会受到人/物体移动的影响。

信息技术 实时定位系统 定位跟踪系统的测试与评估

范围

本标准规定了定位跟踪系统合适的性能指标和测试与评估的场景，并为如何最佳可视化展现测试评估结果提供指南。

本标准主要适用于室内环境。

规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

本标准无规范性引用文件。

术语与定义

下列术语和定义适用于本标准。

可定位/追踪实体 entity to be localized/tracked

以情景感知/导航为目的，需要知道自身位置的人或者移动机器人，或者在给定时间点或时间间隔内位置需要被追踪机构知悉的人/物。

[ISO 18305:2016，定义3.1]

定位传感器 location sensor

通过测量物理量来估算处于某个参考坐标系中的人/物空间坐标的装置。

[ISO 18305:2016，定义3.2]

实体定位/追踪设备 entity localization/tracking device

含有一个或者多个定位传感器、由人背负或者粘贴到某一物体上、可估算在给定时间点或时间间隔内人/物所在位置的设备。

[ISO 18305:2016，定义3.3]

缩略语

下列缩略语适用于本文件：

AOA：到达角（angle-of-arrival）

AP：接入点（access point）

CCD：电荷耦合器件（charged coupled device）

CDF：累积分布函数（cumulative distribution function）

CE95：圆误差95%（circular error 95%）

CEP：圆概率误差（circular error probable）

ELT：可定位/追踪实体（entity to be localized/tracked）

ELTD：实体定位/追踪设备（entity localization/tracking device）

EMI：电磁干扰（electromagnetic interference）

ERP：有效辐射功率（effective radiated power）

GDOP：几何精度因子（geometric dilution of precision）

GNSS：全球卫星导航系统（global navigation satellite system）

GPS：全球定位系统（global positioning system）

IMU：惯性测量组合（inertial measurement unit）

INS：惯性导航系统（inertial navigation system）

ISM：工业、科学和医疗（industrial,scientific,and medical）

IT：信息技术（information technology）

LBS：定位服务（location-based services）

LOS：视线（line-of-sight）

LTS：定位跟踪系统（localization and tracking system）

MEMS：微机电系统（microelectromechanical systems）

PDOA：到达相位差（phase difference of arrival）

PII：个人身份信息（personally identifiable information）

RF：射频（radio frequency）

RFID：射频识别（radio frequency identification）

RMS：均方根（root mean square）

RSS：接收信号强度（received signal strength）

RSSI：接收信号强度指示（received signal strength indicator）

RTLS：实时定位系统（real time locating system）

SE95：球面差95%（spherical error 95%）

SEP：球概率误差（spherical error probable）

SLAM：自定位与地图构建（self-localization and mapping）

T&E：测试与评估（test and evaluation）

TDOA：到达时间差（time difference of arrival）

TOA：到达时间（time-of-arrival）

TOF：飞行时间质谱（time-of-flight）

UTM：墨卡托方位法（universal transverse Mercator）

UV：紫外线（ultraviolet）

UWB：超宽带（ultra Wideband）

VE95：垂直误差95%（vertical error 95%）

VEP：垂直误差概率（vertical error probable）

WGS84：世界大地坐标系统1984（world geodetic system 84）

LTS分类

定位传感器类型

GPS已经是室外导航和实体（诸如：出租车或卡车）跟踪的主导技术。惯性导航系统（INS）也已用于导航目的很长时间。这些技术趋势早在最近才火爆的主要基于射频的室内定位和跟踪的技术应用之前就已经存在。两种方法在推动LTS近期发展中起到了关键作用。其中一种方法是基于对移动设备或智能手机从蜂窝电话系统基站所接收到的信号进行的处理。这种方法在室内外都可以使用，但它的定位精度不足以满足多数应用场景。另一种是基于接收自在世界各地的楼宇和建筑物中广泛使用的Wi-Fi接入点（AP）所发射的信号的强度。同样，这种方法的定位精度也不能满足某些应用的需求，并且，不是所有的建筑物都有Wi-Fi接入点。

这些努力之后，仍然在探索其他基于射频的方法，特别是用于室内环境的方法。因为，在室内，由于缺乏至少到达4颗卫星的视距（LOS）无线电传播路径，导致GPS接收器无法工作。大约十年前，研究人员已经大大增加了他们的努力，开发了各种射频定位技术。虽然到达角（AOA）估计的方法已经存在很长时间，它也被开发用于室内定位。到达时间（TOA）估计的方法也已经存在了，但它由于超宽带（UWB）通信与测距技术的出现，已经成为新的兴趣的主题。诸如蓝牙、ZigBee、以及RFID等广泛使用的射频技术已经被开发出来用于室内定位和跟踪。其中每种技术和方法都存在优点和缺点。纯粹的基于射频的方法可能无法达到特定应用程序所需的定位精度，或者无法符合特定应用程序的所有的操作性的要求。例如，消防员救火时，不能假设建筑物中有可用的Wi-Fi接入点、RFID标签或阅读器用于定位。因此，最近有相当多的工作在评判那些用于定位和跟踪的其它传感器的使用。其中，融合多个位置传感器的数据产生精确位置估计的混合技术的LTS是特别令人感兴趣和期待的。在这方面，我们可以设计一个LTS，它使用固定的一组或一个足够灵活的在任何时间都可用的位置传感器。例如，当一个移动的平台，例如在周围运动的地面车辆，可以使用广播电台或电视台发射的无线电信号以及发射天线的位置进行定位。这种信号称为机会信号。

下面给出的是位置传感器的非详尽的列表：

——基于射频的位置传感器；

——接收信号强度（RSS）；

——接近度，包括RFID；

——到达时间；

——到达时间差（TDOA）；

——到达角；

——机会信号；

——测距/伪测距仪；

——全球定位系统/全球导航卫星系统（GNSS）；

——差分全球导航卫星系统；

——加速度计；

——陀螺仪；

——磁力仪；

——惯性运动单元；

——计步器；

——测斜仪；

——高度计；

——声学传感器；

——热像仪；

——视觉传感器；

——红外线；

——激光雷达。

更多关于这些传感器的内容和它们的失效模式参见附录B。

单模系统

有些LTS只使用一种类型的传感器进行定位和跟踪。这种系统的一个例子是应用最广泛的Wi-Fi定位系统。这种系统使用Wi-Fi接收器上的接收信号强度指示（RSSI）进行位置估计。具体来说，被定位/跟踪实体（ELT），如一个Wi-Fi客户端，通过测量在建筑中的不同AP的RSSI，估计自己的位置。另外，这些AP相互协作，根据他们接收到的信号的强度来估计被定位/跟踪实体的位置。另一个例子是一个只使用RFID技术的LTS。这种系统的一种变体被称为反向RFID。无源的RFID标签被部署在建筑物中，配备了RFID识别器的被定位/跟踪实体当在标签附近时，可以读取所有的RFID标签。这些信息使能够让被定位/跟踪实体估计自己的位置。

多模系统

这种系统使用多种类型的位置传感器。这种系统也称为混合系统。他们使用数据融合的方法，将各种传感器测量结合起来，得出一个位置估计。融合过程可以在被定位/跟踪实体上进行，也可以在LTS中的指定节点上进行。在某些情况下，没有单模LTS能够满足特定应用的要求。例如，当消防队员在建筑物内的灭火时，他们不能假定建筑物有任何基础设施（Wi-Fi接入点、RFID或其他无线技术）可以帮助进行定位和跟踪。如果消防队员和事故指挥部希望具有定位和跟踪的能力，则必须由他们带到现场的设备提供。如果建筑物对射频传播构成挑战，这将是大型建筑的情况，如钢和混凝土等重型建筑材料，那么任何基于射频的方法都不能提供所需的定位和跟踪能力。（请注意，消防队员也不喜欢用撒面包屑导航的方法，因为面包屑可能被火烧毁，即使它们存活下来也很难取回。）有这样一种情况，即应用的业务需求要求使用多模态LTS，使用GPS在室外进行跟踪，使用惯性导航和某种形式的射频测距方法用于室内定位和跟踪，即使它并非始终可用。

设备成本可能是使用多模LTS的另一个原因。在某些情况下，对于给定的系统总成本，多模LTS的性能优于任何单模LTS。多模态或混合LTS的设计是一个活跃的研究和开发领域。

对现有网络／定位基础设施的依赖

需要基础设施的LTS

Wi-Fi定位系统就是这样一个系统，因为它需要建筑内提供Wi-Fi接入点。

另一个例子是使用RFID技术的LTS。目前有两种使用RFID进行定位的方式，即所谓的直接方式和反向RFID。后者已经在5.1.1中加以描述。在一个直接RFID系统中，RFID识别器被部署于整个建筑中，而ELT配备有RFID标签。一旦一个识别器读到一个标签，系统就知道标签处于识别器的附近。如果多个识别器都可以读到，或者说“看到”标签，那么这些识别器的加权平均位置就是这个标签的合理的估计位置。注意，RFID识别器总是主动设备，而标签可以是被动的也可以是主动的。因此，有两种直接RFID系统的实现方式，同时也有两种反向RFID系统的实现方式。

说明每个系统最适合哪种类型的应用是很有用的。在一个商店需要考虑大量需要计数的物品的情况下，直接RFID系统将是合适的选择。在这种情况下，最有合适的是将被动RFID标签被附加到每个货品上，或者将RFID识别器部署在整个商店。这样就可以知道每个货品的位置。请注意，RFID识别器比被动RFID标签贵得多。

另一方面，在跟踪消防员位置的场景中，为每个消防员配备一个RFID识别器，并在整个楼内部署无源RFID标签，成本效益更高，因为必须在任何中、大型建筑物中部署标签的数量，才能以足够准确的方式确定消防员的位置，这要比救火的消防员人数多得多。因此，在这种情况下，反向RFID系统更有意义。

能够进行无基础设施操作的LTS

进入建筑或结构物的消防队员和士兵可能受益于定位能力，但他们不能假定有任何网络或定位基础设施可用。他们只需要带着他们带到现场的设备，就能定位自己或他们的同事。

在这种情况下，一种解决方案是使用惯性导航系统，但如果使用者，如消防队员或士兵，花很长时间在楼宇／结构物里走动，这种系统的相关漂移可能会成为问题。针对这个问题的一个众所周知的解决方案是，偶尔向用户提供绝对位置估计，将惯性导航系统的漂移为清零。例如，当用户到达场地时，锚点可以部署在建筑／结构物外部。锚点是一种收发器，对于LTS其位置是已知的，比如在锚点处通过可用的GPS接收器。如果用户有射频测距能力，知道它与四个锚点的距离，那么用户的三维位置可以通过三边测量法计算。对于任何尺寸的建筑／结构物而言，仍然需要使用惯性导航系统，因为由于墙壁、天花板和其他物体所导致的信号衰减，通常无法确定与多达4个锚点的距离。这只是这种LTS设计的一个例子。根据5.1.2下关于多模系统的讨论，可以使用其他一些位置传感器。

定位节点的实时部署

在某些应用中，当用户到达建筑物时部署辅助设备是可以接受的。例如，应急响应人员可以部署通信中继节点，以不仅方便无线电通信，而且便利定位和跟踪。人们可能会把基于这个概念的LTS看作是一个介于无基础设施和需要建筑物基础设施之间的某种便于定位跟踪的系统。

基础设施／环境的择机使用

有一些LTS可以依赖或不依赖建筑／结构物中基础设施的可用性。当基础设施可用时，它们通常比不使用时表现更好。这被称为择机使用基础设施／环境。这样的LTS的一个例子是，它不需要在建筑物中提供Wi-Fi信号才能工作，但如果有，它将使用Wi-Fi信号，以提供更准确的定位。另一个例子是，当LTS使用来自无线电台／电视台的信号，以及无线电／电视信号传输塔的位置来改进当这些信息不可用时的定位性能。

离线、特定建筑中的训练

需要离线训练的LTS

这种类型的系统最好的例子是Wi-Fi指纹定位系统。假设11个Wi-Fi接入点部署在整个建筑物内。实现Wi-Fi指纹定位系统的方法有三种。这三种方法的第一步都是在整个大楼内选择若干训练点，以便建筑物内的所有区域都有足够的密度。这三种方法中的指纹生成步骤都是离线的，在系统被用来估计装有Wi-Fi接收器的被跟踪定位实体的位置之前完成。

第一种方法中的指纹生成的步骤，称为基于AP的指纹生成，记录在给定训练点的Wi-Fi客户端的所有能“听到”的AP的接收信号强度。因此，对于每个训练点，应该有一个RSSI值的n元组，以及当AP没有听到客户端时的一个缺省的RSSI最小值。对于每个训练点，点的位置以及RSSI值的n元组一起存储在指纹数据库中。定位过程是将ELT所测量的n个AP的RSSI的n元组与数据库中存储的所有指纹进行比较，并根据一定的距离测量方法来选择“最接近”的指纹。ELT的位置估计为与最近指纹相关联的位置或几个最近的指纹相关联的位置的组合。然后，系统将所述位置估计传递给ELT。

第二种方法中的指纹生成步骤，称为基于客户端的指纹生成，包括记录在给定训练点的Wi-Fi客户端的来自n个AP的RSSI。如果客户端无法听到AP，则对于该AP将使用RSSI的缺省最小值。因此，对于每个训练点，应该有一个RSSI值的n元组。这个n元组和训练点的位置存储在指纹数据库中。定位过程包括：将ELT所测量的RSSl值的n元组与存储在数据库中的所有指纹进行比较，并根据一定的距离测量，选择与ELT所测量“最接近”的指纹。

在第一种方法中，定位的责任AP上。AP需要将他们的RSSI测量结果发送给中央处理器，中央处理器搜索指纹数据库以寻找最佳匹配。这有一个优点，即ELT不需要存储或知道任何关于指纹数据库的信息，而且它根本不需要做任何工作。第二种方法的优点是AP不需要发送任何RSSI测量值，但是每个ELT必须存储指纹数据库。这种方法不适合于一般市民参观购物中心。

第三种方法是第二种方法的变体。指纹生成步骤相同，但是当ELT测量来自n个AP的RSSI时，它将n元组发送给定位系统，该定位系统返回一个ELT的位置估计，该位置要么是指纹数据库中与最佳匹配相关联的位置，要么是与几个最近的指纹相关联的位置的组合。这种方法的优点是ELT不需要存储指纹数据库。

这只是一个需要离线训练的系统的例子，但它恰好是最常用的。原则上，它可以和其他无线技术使用相同的过程，比如ZigBee，蓝牙，甚至是RFID。

指纹生成是一个耗时的过程，并且指纹当以下情况时会发生变化：

i）建筑物中安装了新的AP；

ii）AP被移除了；

iii）任何由于新建或甚至家具的移动而导致的建筑物楼层格局发生的变化。在实践中，指纹生成过程必须重复，当或在Wi-Fi发生任何实质性变化后。

因此，指纹生成的需要被认为是这种LTS的一个弱点。

一些Wi-Fi LTS开发人员使用预测模型进行信号衰减，而不是实际测量与每个训练点相关的RSSI值。预测模型可以简单到幂函数的路径损耗模型，也可以像射线追踪方法一样复杂。这种方法比上面描述的指纹方法简单，但不那么精确。它会导致较差的定位性能，但在某些应用中可能是可以接受的。

无需离线训练的LTS

Wi-Fi定位系统不一定需要指纹生成(离线训练)。可以使用公式将由Wi-Fi客户端测量的AP的RSSI值转换为从客户端到AP的距离。然而，由于RSSI值与距离之间的相关性较弱，这种距离估计并不准确。

另一个不需要离线训练的系统就是使用射频测距的例子。在这种情况下，该建筑物配备了若干锚点，其位置已被确定为部署LTS过程的一部分。ELT配备有能够与锚点通信并估计其距离的RF收发器。实体的位置是通过对不同的锚点进行测距来计算的。

位置信息的最终使用者

介绍

当ELT必须被授权跟踪者跟踪，并且位置估计仅在ELT上进行时，需要将位置估计传递给授权跟踪者。如果ELT是一名消防员，而授权跟踪者是在设置于建筑物外的事故指挥部，则可能是这种情况。在这种情况下，ELT和授权跟踪者之间需要无线链路，因为两者不太可能通过有线通信链路进行通信。众所周知，室内无线电的性能远不完美。因此，在这种情况下，这个LTS的一个重要失效模式是ELT和授权跟踪者之间的无线电链路中断。换句话说，即使位置估计是完美的，如果无法将该信息发送到授权跟踪者，也会出现问题。

ELT

购物中心的顾客可能想知道她在哪里，以及如何去一家特定的商店。在这种情况下，位置信息的唯一用户是ELT本身。

授权跟踪者

在城市街道上游荡的罪犯可能需要被警方追踪。在这种情况下，该系统的设计并不是为了帮助违规者在城市街道上导航，而是为了使警察能够在他／她违反规则时追踪并收到通知。（违规者知道她／他将留在哪个地区，哪些禁区是他／她应该远离的地方。）

ELT与授权跟踪者

进入着火建筑物的消防员需要知道他在大楼里的位置。同时，建筑物外的事故指挥部需要知道每一名消防员的指挥和控制地点，以及在消防队员丧失行动能力的情况下展开救援行动的地点。

LTS隐私和安全方面的考虑

隐私

有一些与使用LTS相关的重要的隐私问题，特别是当ELT是人类时。在这种情况下，假定个人可识别信息（PII）将被收集。可能有普遍接受和不关心隐私的使用情况，如消防队员在一个建筑物中救火，在那里事故指挥需要知道哪个消防队员在哪里，消防队员不介意被事件命令跟踪。使用LTS跟踪老年人或儿童，则可能不太会被接受并且存在潜在的隐私问题，则必须确保他们的隐私不受损害，而且位置信息不会被未经授权的人掌握。因此，在某些应用中，可能需要对被跟踪的个人的身份，甚至其运动规律需要进行加密，并确保这些数据的隐私性。

一种对隐私性和个人可识别信息的认识是：它是将个人身份和活动联系起来的能力。如果位置信息不是捆绑在标识信息中或与标识信息一起存储的，观察者(例如，授权跟踪者)就不能将一个人的身份链接到位置信息，那么就不产生个人可识别信息。这是一个重要区别，因为这种方式与从网络上嗅探的“个人”或“非个人”的位置信息不同，这中差别要么会减轻，要么可以使摆脱技术监管的负担。

因此，本文件的实施者必须认识到：

——隐私和数据保护风险的存在与使用LTS的相关性关系；

——不同管辖范围在隐私和数据保护立法方面的巨大差异；

——同时存在横向(包括所有方面／普适的)和特定部门的隐私和数据保护立法，这些立法可能必须同时遵守。

——如果应用跨国界运营，则可能需要遵守一套以上的规则；

——以及，在这一领域界定责任的复杂性，不仅仅涉及一个行为者。

一般来说，实施者应该考虑：

——注意：收集数据时应通知数据主体；

——目的：数据应仅用于所述目的，而不应用于任何其他目的；

——同意：未经数据主体同意，不得披露数据；

——安全：收集到的数据应保持安全，不受任何可能的滥用；

——披露：应告知数据主体谁在收集其数据；

——查阅：应允许数据主体访问其数据并纠正任何不准确的数据；

——问责：数据主体应该有一种方法，让数据收集者对遵循上述原则负责。

关于PM的收集、安全、披露、访问和问责的规则可在ISO/IEC 29100 [1] and ISO/IEC 29101 [2]中找到。

安全

LTS的安全性比其隐私性更难评估。与任何其他信息技术(IT)系统一样，LTS可能容易受到网络攻击。就像任何其他安全问题一样，没有人知道所可能的网络攻击是什么。然而，下面将讨论两个明显的问题。一种是RF干扰攻击，以干扰LTS的正常操作，或影响将位置信息发送到到授权跟踪者的无线电通讯链路。另一种情况是，攻击者假装是应该被跟踪的合法用户，并发送关于合法用户位置的错误信息，或者对其他合法用户的位置估计产生不利影响的错误信息。因此，保护LTS免受网络攻击是非常重要的。

还可以假冒被授权跟踪者，以便获得权限访问有价值的数据，并用于非预期目的。

测试和评估方法分类

系统测试与组件测试

系统测试

定位及跟踪系统的用户十分关注系统是否满足他的需求。用户除了系统的性能，对系统如何运作并不关心。系统测试是将定位及跟踪系统作为整体进行测试，而不是关注系统所使用的单个组件的性能。本文关注的是系统测试。

组件测试

系统开发和研究人员除了关注高性能定位及跟踪系统的设计，也同样关注定位及跟踪系统组件的性能优化。定位及跟踪系统组件可以是一个位置传感器或者是一个位置传感器以及与其相结合的传感器数据处理算法。通过尽可能高地提升一个系统组件的性能，可以提升使用这个组件的单模定位及跟踪系统或者使用这个组件和其它组件的多模定位及跟踪系统。例如：人们追求设计最佳的UWB定位设备、低零漂误差的加速度计、或者高效地多模定位及跟踪系统融合算法。因此，通过测试能够测量定位及跟踪系统组件的性能是很重要的。但是，组件测试并不能告诉我们定位及跟踪系统整体上的性能如何。组件测试不在本文中描述。

对定位及跟踪系统内部运作知识的依赖程度

基于定位及跟踪系统内部原理的测试和评估设计

早些时候曾指出，本文件侧重于系统测试。如果您知道系统中使用了哪些组件，以及如何处理来自这些组件的数据，那么系统测试就可以做得更好。一方面，这将是一种昂贵的方法，因为它意味着为给定的LTS开发定制的测试和评估过程。另一方面，它可以减少对给定的LTS进行测试的次数，从而降低测试成本。例如，一个纯粹的惯性导航系统解决方案不需要在不同的类型建筑中进行测试，因为如果只有用户而不是授权跟踪者需要知道他／她的位置，就没有射频传播问题。

如果某一特定系统在市场中占主导地位并广泛部署，针对系统的测试和评估可能是有意义的。另一方面，对于广泛部署的系统来说，可能不需要测试和评估，因为在那个阶段它的性能可能是众所周知的。本文档不涉及定制的测试和评估过程。

黑盒测试

黑盒测试是本文所采用的测试方法。这意味着系统测试无需了解定位及跟踪系统组件的原理。用户不关心盒子里面是什么。测试评估过程中的大部分环节都不依赖于定位及跟踪系统所使用了什么组件或位置传感器。然而，测试和评估标准必须考虑到定位及跟踪系统可能使用的位置传感器的类型，并且测试人员必须知道这些传感器的失效模式以确保测试和评估过程在定位及跟踪系统可能发生传感器失效的情形下已经准备了足够的测试。

可重复性

可重复测试

可重复性是在相同环境中多次测试给定的LTS时重现相同测试结果的能力。希望具有可重复的LTS测试，但由于需要在相当大的范围内部署“网络”，所以这是困难的。很难重新创造完全相同的条件。很难重新创造完全相同的条件。然而，为了最大限度地提高重复性的可能性，并使一个系统的不同版本之间能够进行公平的比较，应该努力保持测试条件不变。应对测试环境的需要控制的外部影响进行尽可能的监测。这些影响包括，例如，RF干扰。当测试环境中存在显著的扰动时，应丢弃该结果。

对于LTS组件(如RF测距)进行可重复测试比较容易，但组件测试不是本文的重点。

不可重复测试

应尽一切努力控制测试条件。但是，如果无法在一个测试会话后，为下一个测试会话重建相同的测试条件，则可以在相同的建筑物中使用相同的测试和评估方法，在一个会话中测试多个LTS。在这些条件下，仍然可以比较各种测试系统的性能。

测试场地

建筑物范围的测试

这是指将几个建筑／结构物的全部或很大一部分用于测试。这是本文档所提倡的方法。

实验室测试

这主要用于组件测试，如果有了适当的控制，就可以使测试可重复。如果不是不可能的话，在实验室中进行系统级的测试是非常困难的。

地面真值

离线测量测试点

衡量LTS定位精度的一种方法(请参阅CLA\_US\_e\_8中与准确性相关的各种度量标准)是通过在测试和评估过程中使用的在每个建筑物中建立的多个测试点。离线进行测量以确定测试点的在建筑物中建立的某个三维笛卡尔坐标系中的(x，y，z)坐标。测试点应覆盖建筑物的全部或大部分，并具有足够的密度。测试点的位置应是随机的，即测试点之间不应保持固定的距离，也不应显示出某种有规律的部署模式，以消除让任何被测试LTS可以利用，诸如测试点有规律的部署模式，这样的知识来改进其位置估计的可能性。如果LTS依赖RSS的指纹生成，则应确保测试点与采集指纹的训练点不同(见5.3.1)。在测试和评估过程中，应要求被测试的LTS在测试点生成位置估计。然后将这些估计值与“地面真值”(即离线测量的测试点的坐标)进行比较，以评估LTS定位精度性能。

测量过程应以这样的方式进行，以确保测试点的三维坐标的精度至少比所测试的LTS的预期精度高一个数量级。例如，如果LTS的预期精度为3m，那么每个测试点的测量坐标应该是测量坐标与测试点实际坐标之间的欧氏距离不超过30厘米。建议使用精密激光测量设备测量测试点的坐标。即使在使用精密测量设备时，也要注意复合误差，这个误差是这样引入的：使用某一点的测量坐标来确定下一个点的坐标，以此类推。为了提高测量过程的精度，必须使用闭环。也就是说，从一个给定的点开始，不断地测量新的点，然后反向测量，闭合循环并返回到起点。然后在起始点，位置误差会沿着走过的路径反向传播回来。

如果测量设备的成本是问题，另一种替代方法是，如果有建筑物的高精度平面图，则可以使用卷尺进行测量。在这种情况下，每个测试点的坐标可以相对于建筑物中的一个地标进行测量，地标的坐标可以从CAD文件中获得，而不是以另一个测试点进行测量。例如，一个测试点可能在某个地标的东侧1米，北侧50厘米处。这将确保在使用卷尺参照某个地标测量测试点的坐标时，误差不会传播，从而导致误差的积累。

最后，由于某些LTS使用世界大地测量系统84(WGS 84)标准来表示位置信息，测试点的三维笛卡尔坐标应转换为WGS 84坐标，并存储这两组坐标。附件介绍了在测试建筑中建立局部三维笛卡儿坐标系的过程，以及点的坐标在WGS 84坐标系和局部坐标系之间的相互转换。

参考LTS

在建筑物中建立经过测量的测试点的一种替代方法是将“参考”LTS和待测试的LTS一起使用，并比较这两个系统的位置估计，以评估后者的定位精度性能。这种方法的一个优点是它不会干扰被试者的自然运动，因为他／她不需要点击实体定位／跟踪设备(ELTD)上的按钮来要求ELTD处于预先测量的测试点上时生成位置估计。采用这种方法，应确保基准系统的平均精度至少比所测试的LTS的预期精度高一个数量级。这是必要的，因为参考系统的位置估计被视为地面真值。

参考系统可能是相当昂贵的，取决于它需要有多精确。参考系统的两个示例解决方案是：

i）漂移很小的惯性导航系统；

ii）一种超宽带测距系统，其具有部署在建筑物中的多个锚点，以便由ELT承载的UWB收发器能够在建筑物中的任意位置看到至少四个锚点。

还可以将这两种方法结合起来，使用比在（i）中使用的质量更低的惯性导航系统，同时在建筑物中部署比（ii）更少的UWB锚点。

应确保参考系统与被测试LTS不存在任何射频干扰问题。

LTS性能指标

介绍

无论T&E过程使用离线测试点或者是参考跟踪定位系统，性能分析归结为比较在测试下的定位跟踪系统所给出的N（有限数）个测试点的位置估计与这些点相应地面真实坐标。i=1,2,…n,下述为为测试点i引入的术语：

地面真实坐标：

由定位跟踪系统产生的位置估计：

三维误差矢量：

的二范数或者是幅值：

水平误差矢量：

的二范数或者是幅值：

假定z轴与垂直方向相对应。

此外，在一些定位和跟踪应用中，粗粒度比基于上述术语的性能度量更能表征LTS性能。具体来说，当消防员的任务是从失火的建筑物中救出一个人，例如一个倒下的消防员或者一名居民，正确地猜测建筑物所在楼层的位置是至关重要的。同样地，在某些应用中，正确地猜测建筑物所在楼层的“区域”比精确估计水平位置更为合适。因此，对于这两种情况，适当的性能度量是正确猜测的概率。为了方便计算这些概率，假设建筑物有F楼层，可能包括地面以下的楼层，对于j＝1,2，……，F，为楼层j引入以下符号：

区域数：

楼层区域：

接下来给出的性能指标是某些统计平均值和概率的“估计值”。因此，有必要在每个估计值之上放一个^ ，举例来说，与对应。但是，为了避免混乱，没有^标志引入。

楼层检测概率

表示在N个测试点测试LTS时楼层数正确猜测的次数。楼层检测的概率用以下公式进行表示：



注意，在测试点i测试时，为了猜测楼层数，需要从测试点到楼层数进行映射。如果建筑物的所有楼层的高度相同且是已知数，而且最低层的相对于地面的高度也是已知的，那么这种映射就会非常简单。(假定z=0对应于地面。)如果楼层高度在不同楼层之间变化，建筑物有多个楼层的入口，或者有分隔层，那么映射就会更加复杂。在这种情况下，建筑物的详细平面图和高程数据需要提供给LTS。

注意，一些产品制造商已经发明了术语2.5DS实时定位系统，用于指生成水平位置和被定位实体所在建筑楼层的估计的系统。在这种情况下，楼层数被视为半维数，因为它可能不像水平位置估计那样精确。

区域探测概率

这个度量被定义为一个条件概率，因为如果错误地猜错了楼层，那么很可能正确地猜测区域是无用的。因此，如果,Z表示定位跟踪系统（LTS）正确猜测楼层数和区域数的次数，则区域检测(条件)概率由以下公式估计出：



为了猜测测试点i位于j层的区域号，需要从到第j层的区域号(Le)进行映射，例如。这可能会很棘手，这取决于按区域划分j层的复杂程度。

各类误差的均值

误差向量的平均值用下式估计：



如果N相当大的话，它代表了LTS的总体偏差。通过从LTS产生的位置估计中减去这种偏差，可以在减小3D误差向量大小的均方根(RMS)值的意义上改善LTS的性能。(各种误差的均方根值将在短期内引入。)请注意，任何精心设计的LTS都将具有零的总体偏差（零偏），特别是如果偏差是在几个建筑物中测试的全部结果上计算出来的。此外，还可以通过为在测试中使用的每个建筑物分别计算偏差来获得一些洞察力。

例如，考虑一种情况，一个人进入一座建筑的初始位置是通过具有GPS/GNSS接收装置的定位跟踪系统估计出来的，而且建筑物外部边界的绝对位置(如WGS 84)可供LTS使用。如果人员的初始位置估计或建筑物的绝对位置有显著误差，则这种差异可能影响在人进入建筑物后计算的所有位置估计。这种类型的问题可以通过计算给定建筑物的偏差来检测。

水平误差向量的均值就是由前两个元素组成的子向量。

此外，我们感兴趣的是水平、垂直和三维误差向量的大小估计的方法，分别为：





和



误差矢量的协方差矩阵

误差向量的协方差矩阵估计如下：



的对角线元素是误差向量分量的方差的估计。例如，右下对角线元素是垂直误差的方差。

的迹，用tr()表示，是的对角线元素之和。我们对tr()很感兴趣，因为一旦去除整体偏差，它就是误差向量的大小的均方根的平方。

的非对角线元素也很有用，因为它们描述了各种误差向量分量之间的相关性。这些信息可以帮助LTS设计人员通过检测强相关性并通过修改系统设计来消除它们，从而提高系统性能。

垂直误差的协方差矩阵是左上角的2x2子矩阵

误差幅值的方差

水平、垂直和三维误差大小的方差估计如下：







各类误差的均方根值

误差向量中的元素的均方根值由以下方法给出：

这导致：



和



分别作为水平和三维误差的大小的均方根值。

请注意：



当且仅当LTS的总体偏差为零(或已被消除)等号成立。

误差向量的绝对均值

当计算出误差分量的规则均值时，正负误差相互抵消。这促使引入了误差向量的绝对平均值：



95%圆误差(CE95)和圆概率误差(CEP)

CE95被定义为包围 95%的以x-y平面原点为圆心的最小圆的半径。明确为；



式中表示在这个上下文中集合的大小。R95是与CE 95等价的术语。

CEP是CE95非常相似。两者之间的唯一区别是，CEP采用50%概率的定义及其在CE95使用95%。



一般来说，绘制水平误差大小的经验累积分布函数(CDF)是一个好的想法。这是单变量r的阶梯函数，对于所有r<0,函数值为0，在的每个经验值处，以跳跃，在的最大值处函数值达到1，之后一直保持这个水平，对于同样适用。（请注意，如果有n个样本取值，则函数值在处的跳跃高度为。一旦绘制了这个经验累积分布函数(CDF)函数，那么CE 95和CEP就是这个函数在0.95和0.5处的相反值。

95%垂直误差(VE95)和垂直误差概率(VEP)

VE95被定义为最小非负数，这样95%的数值落在之间。具体表示为：



VEP与VE95非常类似，唯一的区别是VEP用50%来定义，VE95用95%进行定义。明确为：



再一次，绘制垂直误差绝对值的经验CDF是一个好的方法。一旦绘制了这个经验累积分布函数(CDF)函数，那么VE95和VEP就是这个函数在0.95和0.5处的相反值。

95%球形误差(SE95)和球概率误差(SEP)

SE95被定义为包围 95%的以三维直角坐标系原点为圆心的最小球体的半径。明确为：



SEP与SE95非常相似。两者之间唯一的区别是，SEP采用50% 的定义，SE95采用95%进行定义。

明确地,



再一次，绘制三维误差绝对值的经验CDF是一个好的方法。一旦绘制了这个经验累积分布函数(CDF)函数，那么SE95和SEP就是这个函数在0.95和0.5处的相反值。

覆盖

这是由C表示的度量值，测量了定位跟踪系统满足其 “最低性能要求”时的评价区域/空间的百分比。换句话说，如果在N个测试点之外的n点，定位跟踪系统满足最低性能要求，则C = n / N。在测试和评价（T&E）过程中最好分别计算每一个建筑物的C。因此，在这方面，N的适当数值是给定建筑物中的测试点数，而不是所有建筑物中使用的测试点总数。

为了计算这个度量，必须明确最低性能要求的含义。有几种可能的选择。如果对于一些由由LTS应用程序指定的，，测试中的定位跟踪系统在i点满足系统最低性能要求。

另一种选择是，对于一些非负数和V，、。对于某些，还有另一个选择。

如果允许在每个测试点进行几次测量并获得相应的位置估计数，则可以使用上一段中使用的三个精度度量的均方根值的上界作为在测试点满足最低性能要求的条件。请注意，给定测试点的每个RMS值都是根据在该测试点进行的测量计算的，而不是在不同测试点上计算的。

为了使这个度量正确的代表区域/空间的部分，应该确保评估区域/空间由合理密度、均匀分布的测试点覆盖，且不会优先考虑任何一个测试点。换句话说，应该有相同的数目，比如m，在每个测试点上所做的测量测量次数应该相同，其中m≥1。这与本文档后面引入的可用性度量的计算方式形成了对比。

在计算和报告覆盖值时，我们需要指定位置估计是否需要提供给ELT或者跟踪当局。后者要求在ELT和跟踪当局之间提供无线电链路。因此，让和表示被定位实体和跟踪当局分别看到的覆盖率。还可以计算需要在ELT和跟踪当局都知道位置估计的情况下的覆盖范围。

注意 这一度量主要用于基于射频定位的定位实体。如果定位跟踪系统有惯性分量，则根据ELT在建筑物内的路径，可以得到不同的覆盖值。

相对精度

有时，一个ELT相对于另一个ELT的相对位置，甚至两者之间的距离，比两个ELT的绝对三维坐标更重要。例如，当一名消防队员进入一栋着火的大楼营救另一名消防员时，情况就是如此。

如果救援人员知道摔倒的消防队员在离他2米以内，那么他就可以通过触摸来搜索周围的区域，即使是在漆黑的烟雾弥漫的环境中。如果救援人员和摔倒的消防员之间的距离是从他们的位置估计值中计算出来的，那么必须确保位置估计大约是在同一时间获得的，并且救援人员知道该信息有多大延迟(参考后续的8.14)。

如果LTS具有对等测距，即两个ELT除了可能与任何锚节点的距离之外，还可以直接估计它们之间的距离，则此度量特别有用。请注意，在协作定位方案中，系统同时估计所有ELT的位置，刚才引入的“定位实体间”距离将是有用的，并将提高所有ELT的定位精度。

这个度量由“”表示，定义为两个ELT之间的实际距离与由LTS估计该距离的之间的绝对差的平均值。

当后一种估计是通过寻找两个ELT的位置估计之间的距离来计算时，在ELT运动的情况下，必须小心地使用同时获得的位置估计。

延迟

在LTS中传播位置信息可以基于推送协议。在前一种情况下，ELT或跟踪机构向LTS发送请求以生成ELT位置的估计。在后一种情况下，LTS每T秒自动生成这样的位置估计，并使该信息可供ELT或跟踪当局使用。LTS也可以容纳这两种协议。也就是说，LTS每T秒生成一次位置估计，但也可以在任何时候满足对位置估计的请求。

显然，过时的地点信息没有多大价值。然而，什么是“过时”取决于ELT的移动速度。对于固定物体，如工厂地板上的一件设备，如果LTS“立即”报告设备的位置，跟踪当局会感到高兴。即使情况并非如此，而且LTS需要几秒钟才能找到设备，跟踪当局也不会感到非常失望。当涉及到跟踪或导航一个快速移动的物体，如无人驾驶飞行器或战斗机，一个人可能不愿意容忍超过几分之一秒钟的延迟，来获得一个位置估计。主要的一点是，不管当前的LTS应用程序是什么，位置估计的最终用户都关心LTS生成该估计所需的时间。这种时间延迟称为延迟。

对于具有推送协议的LTS，延迟被定义为从LTS开始计算位置估计的那一刻起的延迟，该过程每T秒发生一次，直到该估计被计算并提供给该位置信息的最终用户。请注意，延迟时间可能大于T秒。此外，无论最终用户是ELT还是跟踪当局，都会产生影响。(在某些LTS中，ELT很容易获得位置估计，但向跟踪当局报告位置估计可能会有问题，因为它需要ELT和

跟踪当局之间的无线电链路，而且由于衰减、分组传输冲突等原因，无线电通信可能会出现延迟。) 因此，让和分别表示在具有推送协议的LTS中向ELT和跟踪当局报告位置估计的延迟(如果存在的话)。

对于具有协议的LTS，延迟被定义为从对位置估计的请求提出的那一刻起所经过的时间，直到估计被交付给请求者为止。再次，有必要区分提出请求的ELT和这样做的跟踪当局。让和分别表示在具有拉协议的LTS中向ELT和跟踪当局报告位置估计的延迟(如果存在的话)。

当然，在计算上述四个延迟度量中的任何一个时，最好收集大量数据并报告平均值和标准差。

也就是说，当LTS在多个建筑物中的许多位置生成位置估计时，应该收集延迟数据，以便在计算任何延迟度量时都有很好的可信度。

准备时间

在某些应用程序中，设置LTS所需的时间是一个关键问题。对于这些应用程序，LTS应该很容易设置。例如，当消防队员到火灾现场时，他们不能花半小时甚至15分钟在进入燃烧的建筑物前建立一个LTS，因为生命处于危险之中。因此，从建立LTS到能进行操作所需要的时间，需要测量和报告。

可选性能指标

定位精度

对于一个给定的位置，相比于测量一次，我们会对测量过几次并且检查过其统计数据的LTS定位精度有更多的信心。然而，这有两个问题。

首先，在每个测试点进行几次测量将使测试过程更加昂贵。第二，这不仅仅是在每个地点进行几次测量的问题。ELT如何接近给定的测试点也很重要：从哪个方向、以什么速度和移动方式(步行、爬行等)。例如，如果LTS有一个IMU，这些属性会影响定位精度。

作为折衷，当LTS的目标是定位一个静止的对象时，可以计算这种类型的度量。在这种情况下，对象可以放置在给定的测试点和在该位置进行的多次测量。然后，可以计算水平、垂直和三维误差的均方根值，如“覆盖”部分中所建议的那样。我们甚至可以用在给定测试点上所做的测量来计算度量值，如CE 95、VE 95或SE 95。

注意 这一指标主要用于基于射频的LTS。如果LTS有惯性分量，则根据ELT在建筑物内的路径，可以得到不同的覆盖值。

可用性

我们可以计算LTS满足其“最低性能要求”的面积或空间的百分比，就像在“覆盖”那部分中所做的那样，或者时间的百分比。后者是计算可用性的基础，在这种情况下，人们必须允许在评价区域或空间的某些地点比在其他地点更经常地找到ELT。换句话说，并不是所有的位置都是平等的！因此，为了计算可用性，需要了解ELT在评估区域或空间上停留时间的概率分布。很难确定这种分布，因此，这一指标被设计为可选的。注意，度量的值取决于逗留时间的概率分布。

在实践中，我们所需要的是当LTS试图估计i点的位置时，ELT在测试点i 的概率，。由于假设测试点能够以足够密度覆盖评估区域或空间，所以假设这些概率相加为1。

(这排除了该实体位于测试点以外的任何位置的可能性。)如果G是LTS满足其最低性能要求的测试点的指标子集，则可用度用下式表示：



再一次，我们必须指定LTS在给定的测试点上满足其最低性能要求的含义。“覆盖”章节部分中提出的六个公式中的任何一个都可用于这一目的。(其中三个与RMS值一起起作用，其余的则不作用。)

注意这一指标主要用于基于射频的LTS。如果LTS有惯性元件，则根据ELT在建筑物内的路径，可以得到不同的可用性值。

可选的用于关键任务的定位系统性能指标

介绍

当生活处于危险之中时，提出一些“假设”的问题并如何做出一些想法很重要, 并且应该了解在这种情况下LTS性能可能会如何下降。例如，当消防队员进入燃烧的建筑物时，他们部署的LTS设备可能会遭到破坏 由于爆炸和随后的屋顶坍塌，煤矿中可能会发生同样的情况，甚至可能会影响LTS性能的世俗环境因素，本节讨论这些问题。

这些是重要的问题，但它们也依赖于应用程序。 也就是说，煤矿和跟踪煤矿工人出了什么问题与潜艇上可能出现的问题以及这些问题会如何影响导航系统有很大不同。 由于这些原因，计算本节中提出的两个性能指标是可选的。 如果此T＆E标准的用户决定计算这些度量标准，他/她应指定他/她正在使用的性能指标，更重要的是描述在哪些减轻条件下进行测试。

磁化系数

该度量标准衡量由于在使用LTS的地点的正常操作期间可能发生的事件而导致的“系统性能”的降低。 例如，某些机械可能会在煤矿的日常操作中打开，这可能会影响LTS的性能。 系统性能可以用第8章提出的任何性能指标来表征。

弹性

这个度量衡量的是由于LTS将被使用的地点的事件/灾难性事件导致的“系统性能”的降低。事件的范围/范围需要被指定，以便人们可以了解哪些组件 LTS可能会因事故而受到损害，例如，煤矿发生爆炸可能会破坏LTS使用的一半锚节点，问题是LTS是否能够满足事故后的性能要求。 通过禁用一部分锚节点来模拟这样的事件后环境，然而，进行这种分析通常需要有关LTS内部机制的信息，这在黑盒测试中是不可能的。 其特点是第8章提出的任何性能指标。

测试和评估的考虑及场景

建筑类型

介绍

许多LTS使用一个或多个RF组件来便于定位或使用无线电来(1)使BLT能够在在BLT上计算估计值时向跟踪当局报告其位置估计，或(Ii)当估计在该节点或跟踪当局处计算时，让集中数据处理节点或跟踪当局将该位置估计传递给BLT。众所周知，射频在建筑物和结构中的传播受建筑物/结构及其地板的大小影响。规划和布局，楼层数量，使用的建筑材料，建筑物/结构内部的内容以及发射和接收射频设备的位置。 建筑材料和建筑物/结构的内容也可能影响磁力计的性能，如果在LTS中使用的话。 因此，在评估LTS的性能时，在T＆E过程中使用多个建筑物很重要。 但是，应确保这些建筑物都不会构成“爆炸性环境”。不用说，必须确保被测LTS的射频辐射不会引起建筑物的任何爆炸。

本条款为此提出了五种类型的建筑物，并按照它们对LTS构成的挑战顺序进行呈现。 所有五种建筑类型都应用于符合本文件的任何LTS T＆E练习。 除非另有说明，否则应在下面指定的五种建筑类型的所有区域进行测试。

木结构独栋住宅

就许多基于RF的LTS而言，这是最简单的测试站点类型。 它代表了一个典型的独栋住宅。 如果LTS在这种类型的建筑中不能很好地完成，那么它在下面的小节中描述的接下来的四种类型中将不会很好。 在这种类型的建筑中进行测试很重要，因为人们的生活中有很大一部分是在家里度过的。

试验场地应为每层平面至少100平方米的两层楼房。 如果可能的话，建议平面图应该是200平方米或更大。 建筑物不应该狭窄，例如 8米x 25米。 建筑物最好有一个地下室，这样测试中也包括了从地下开始的射频传播。 然而，由于住宅建筑物在世界某些地区没有地下室，只要T＆E报告中陈述了这一事实，就可以在没有地下室的建筑物内进行测试。 另外，世界上某些地区不使用木结构。 在这种情况下，应该使用建筑材料常用类型的建筑物。

中型砖&混凝土办公楼

这种类型的建筑代表了被测LTS的下一个难度级别。许多人工作在办公大楼，他们每天在办公楼里待很长时间。砖和混凝土类型的建筑比木结构建筑重。 办公楼也可能有金属钉。

建议建筑物至少为三层，且每层至少覆盖2000平方米。除了地面以上三层外，该建筑物还应至少有一层低于地平面（地下室，停车场）。

仓库/工厂

也有很多人在工厂，工业厂房和仓库工作。 这些建筑物会有开放的平面图，并可能容纳重型机器，或者可能有通往天花板的金属架，对射频传播和通信构成挑战。

一层地面以上的建筑物，面积至少为5000平方米。 在此类别中应使用天花板不小于5米高的区域。

高层钢结构

确定ELT高层建筑的哪个楼层对许多LTS构成巨大挑战，除非建筑物在每个楼层都有基础设施以便于本地化。 在许多LTS应用中，比起在BLT所在的楼层中准确地知道准确的位置来获得发言权更重要。

建筑物至少十层以上，地下一层（地下），每层至少1000平方米。 （最好2 000平方米）的面积应用于此类别。 金属在这种类型的建筑中自然被大量使用，并且建筑物肯定会有电梯。 尽可能地，LTS应在不同高度的电梯内进行测试。

为了保持T＆E程序的负担/成本可控，可以不在这类建筑物的所有楼层进行测试。 如果采用这样的策略，则最高层的一些层应包含在测试程序中，因为许多LTS在远离地面的位置估计方面存在问题。 此外，应该使用一些相邻楼层来测试LTS是否可以检测高度仅一层的变化。 如果可能的话，最好在具有半个楼层的建筑物中进行测试，即从常规楼层离开常规楼层一半高度的楼层。

地下结构

就像高层建筑的高层对许多LTS构成挑战一样，地下结构也是如此，例如地下几层的停车结构和地下地铁站。 例如，如果LTS使用RF组件并且在地平面上具有锚节点，那么这些锚节点将难以与地平线以下的几个级别的ELTD进行通信。 其他地下结构的例子包括地下矿山和一些洞穴和隧道。

在此类别中应使用面积至少为2 500平方米且地面以下至少6米（最好10米）的地下结构。 如果结构具有许多低于地面的水平面，则需要在所有这些水平上测试LTS以确定当ELTD移动到结构的更深层时是否存在性能下降。

流动性的影响

简介

估计ELT的位置而不考虑其移动的LTS的性能。

历史不受BLT运动的影响。例如，当使用射频测距来估计。

从一个ELT到几个锚节点的距离和三边线被用来估计ELT的5

位置，那么无论bt是移动还是静止，只要距离不同的锚节点估计在大约相同的时间”。另一方面，IMU被在许多LTSS中使用，并且它们测量ELT运动的特性，例如线性加速度和角速度,并使用航位推算将这些测量转换为绝对位置。摄像机通过检查几个视频帧来实现ELT的运动历史,更好地估计ELT的位置。

无论何时使用运动历史来估计ELT的位置，都假定运动模型。 最常见的假设是BLT要么是固定的，要么是人在建筑物中行走。 一些LTS使用计步器来计算步数。 如果ELT的议案不是那些公正的议案提到过，那么LTS在估计ELT的位置方面可能做得不好。由于本文档处理

测试中的lts是一个黑匣子，并且不假定测试人员知道哪些组件和方法。

在不同的移动条件下测试LTS是非常重要的。

固定物体/人

大多数对象或资产都不会自行移动。即使是一个人也可能在相对较长的时间内不动。

一段时间。因此，对静态ELTS的性能进行评估是非常重要的。

步行测试

测试者以大约5公里/小时的速度行走，相当于大约1.4米/秒。在LTS的测试和评估程序中，应包括涉及步行的测试场景，但步行的速度不一定要精确地控制在1.4米/秒。

跑步测试

对于没有针对处理快速运动而进行设计的LTS，跑步测试可能会有问题。人类的最快速度记录约为10米/秒，相当于100米短跑的世界纪录。 但是，人们通常不会在建筑物内快速跑动。 因此，针对LTS的测试和评估，建议跑步测试的速度约为2.5 m / s，相当于9 Km / h或每英里约10,7分钟。

后退行走测试

消防队员在拉水管时可能会发生这种行为。 自然，这将比正常步行慢。 在测试和评估程序中包括这种类型的运动测试很重要，因为它可能会影响LTS中任何惯性测量单元的性能。 针对LTS的测试和评估，建议后退行走的速度为0.5 m / s。

侧步行走测试

消防队员在拔水管时可能会有这种行为。很自然，这是比正常走路慢。在测试和评估程序中包括这种类型的运动测试很重要，因为它可能会影响LTS中任何惯性测量单元的性能。针对LTS的测试和评估，建议速度为0.75米/秒。

爬行测试

消防员和士兵可能会在建筑物内爬行。 这当然对任何惯性测量单元组件都构成挑战。 因此，在测试和评估程序中包含一些爬行功能（尽管测试人员很难操作）是一个好主意。 针对LTS测试和评估，建议爬行速度为0.1 m / s。

在实践中，距离(范围)没有完全同时地进行位置估计。估计时间取决于测距无线电和测距协议中所使用的MAC层协议。

在上使用。如果估计距离的最早时刻与最晚时刻的差异相对ELT的移动速度而言比较小，那么“对于所有实际需求而言”，估计范围的时间是相同的，在三边测量法中没有引入严重的误差。例如，如果ELT是一个在建筑物中行走的人，估计距离的最早的时刻与最晚时刻之间的差只有十分之一秒，那么在这期间ELT的移动不会超过14厘米。

位置传感器的失效模式和脆弱性

5.1中提供了位置传感器的非详尽列表。这些是可用于定位和跟踪的传感器。还有一些可以作为“位置传感器”，特别是在未来开发新的传感器的情况下。本文件所包含的每个位置传感器在某些条件下工作正常，在其他条件下并不正常。重要的是：(i)确定位置传感器在什么情况下不能正常工作或完全失效，以及(ii)确保LTS的测试和评估方案包括可能发生这些失效的小片段。这对于确保测试和评估过程的公平性至关重要。特别是当多个LTS同时测试时，了解各个系统的优缺点以及弱点对定位和跟踪性能的影响程度是非常重要的。在测试和评估场景中包含所有位置传感器的失效模式的唯一例外是，如果我们知道一个或多个特定的传感器没有被任何被测试的LTS所使用。例如，如果被测试的系统中没有一个使用光学静止／视频相机，那么就没有必要在黑暗或光线差的区域测试这些系统，因为这些系统都不会受到这种环境条件的影响。

诚然，识别和描述位置传感器的失效模式并将其转化为设计LTS 测试和评估场景中环节是本文最具挑战性的方面。附录B描述了包含在本文档中的每个位置传感器是如何工作的，以及如何进行定位和跟踪的。并对每种传感器的失效模式进行了定性的讨论。设计LTS测试和评估方案的测试管理员应考虑到这些失效模式，并将其作为小片段包含在方案中。

测试和评估场景

针对给定测试建筑／结构物的LTS测试和评估场景是一份规格说明书，说明涉及多少个ELT，它们是静止的还是移动的(需要考虑不同类型的移动性)，以及在任何给定的时间内，ELT是否位于建筑物中的相同位置或不同的位置。在LTS用来进行位置跟踪的情况下，需要设定授权跟踪者的位置。在资产管理的应用中，授权跟踪者通常位于建筑物的中心位置。在消防场景中，它也可能位于室外。表1定义了用于LTS在消防场景中测试和评估的，授权跟踪者／站点与各类型建筑外立面需要保持的最小间距。由于安全原因，如果建筑物较高，这段距离会更大。如果建筑物有倒塌的可能，在高楼大厦的情况下，在离建筑物较远的地方设置跟踪站才有意义。

消防场景中不同建筑物类型与跟踪站之间的最低要求间隔

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 建筑物编号 | 建筑物类型 | 最小间隔距离（米） |
| 1 | 木质结构，独栋住房 | 5 |
| 2 | 中等尺寸，砖混办公建筑 | 10 |
| 3 | 仓库／厂房 | 10 |
| 4 | 高危钢结构 | 20 |
| 5 | 地下结构 | 10 |

表2描述了在何种情况下可以测试LTS。换句话说，并不是每个场景都可以用于测试给定的LTS。场景描述假设在用于测试的建筑物中有预先测量过的测试点可用(请参阅15，11)。表中引入了ELT类型的概念，以提供对哪种类型的ELT应该使用哪种测试场景的一般指导。这三种类型的ELT是：

物体-在本文档范围内，对象不能自行移动。它可以是停止的(静止的)或在转移中，被人、推车、叉车等移动。

人-一个人可以是静止的，也可以是在移动的。它可以自己改变自己的位置(步行、跑步、倒走、侧走、甚至爬行)，也可以在室内使用高尔夫球车、电动平衡车、轮椅或其它交通工具移动。

机器人-机器人可以是静止的，也可以自己移动。后者使它有别于一个物体。出于完整性的考虑，引入这一类别，但在表2中没有提供针对机器人的导航或跟踪的测试和评估场景。

有一些LTS严格意义上是针对一种类型的ELT。例如，足部安装的惯性LTS旨在帮助人们导航或使跟踪人的位置成为可能，条件是ELTD配备了无线电向授权跟踪者报告位置信息。它不能用于跟踪物体，因为它们不会行走。因此，用测试跟踪物体的场景测试这样的LTS是没有意义的。同样，在涉及爬行的场景中测试用于跟踪物体的LTS也没有意义，尽管原则上被跟踪的物体可能在一个在地板上爬行的人的口袋里。在这种情况下，谈论人员的位置更有意义。用于资产管理的LTS的业务用例中是不包括跟踪爬行人员口袋中的资产的。测试管理员或本文档的使用者应该考虑产品制造商的建议，以便决定使用哪种方案。当然，测试和评估报告应该显示使用了哪些场景测试给定的LTS。

LTS测试和评估场景

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 场景编号 | 场景描述 | ELT类型 | | | 建筑物类型 | | | | |
| 物体 | 人 | 机器人 | 木质结构，独栋住宅 | 中等尺寸砖混办公建筑 | 仓库／厂房 | 高危钢结构 | 地下结构 |
| 1 | 携带ELTD或穿着ELTD的人在建筑物中沿着预先确定的测试路径行走，在测试路径中的某些测试点上停下来，等待3s，提示LTS(通过ELTD)生成一个位置估计，然后再移到下一个测试点，以此类推。(不使用电梯或自动扶梯。) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 携带ELTD或穿着ELTD的人在建筑物中沿着预先确定的测试路径匀速行走，提示LTS(通过ELTD)在测试路径上的某些测试点生成位置估计，然后移动到下一个测试点，以此类推。(不使用电梯或自动扶梯。) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 一个人在建筑物中沿着预先确定的测试路径匀速地推动放置有ELTD的手推车，提示LTS(通过ELTD)在测试路径上的某些测试点生成位置估计，然后移动到下一个测试点，以此类推。(不使用电梯或自动扶梯。) |  |  |  |  |  |  |  |  |

表2-续

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 场景编号 | 场景描述 | ELT类型 | | | 建筑物类型 | | | | |
| 物体 | 人 | 机器人 | 木质结构，独栋住宅 | 中等尺寸砖混办公建筑 | 仓库／厂房 | 高危钢结构 | 地下结构 |
| 4 | 一个人驾驶携带ELTD的叉车，在建筑物中沿预先确定的测试路径行驶，提示LTS(通过ELTD)在测试路径中的某些测试点生成一个位置估计，再移动到下一个测试点，以此类推。(不使用电梯或自动扶梯。) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 一个携带ELTD的人在建筑物中沿着预先确定的测试路径驾驶高尔夫球车或电动平衡车，提示LTS(通过ELTD)在测试路径上的某些测试点生成位置估计，然后移到下一个测试点，以此类推。(不使用电梯或自动扶梯。) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 一个人推着一辆手推车，将5个ELTD紧密排列放在手推车上，沿着建筑物中预先确定的测试路径，停在测试路径上的某些测试点，等待3秒，提示LTS(通过5个ELTD同时进行)在测试路径上的某些测试点为ELTD生成位置估计，然后移动到下一个测试点，以此类推。(不使用电梯或自动扶梯。) |  |  |  |  |  |  |  |  |

表2-续

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 场景编号 | 场景描述 | ELT类型 | | | 建筑物类型 | | | | |
| 物体 | 人 | 机器人 | 木质结构，独栋住宅 | 中等尺寸砖混办公建筑 | 仓库／厂房 | 高危钢结构 | 地下结构 |
| 7 | 两个人，各自携带ELTD，沿着建筑物中预先确定的测试路径匀速行走，提示LTS(通过他们的ELTD)在测试路径上的某些测试点生成位置估计，然后移动到下一个测试点，以此类推。(不使用电梯或自动扶梯。) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | 两个人，各自携带ELTD，从不同的入口在不同的时间进入建筑物，沿着预先确定的测试路径行走，提示LTS(通过他们的ELTD)在各自测试路径的某些测试点生成位置估计，再沿着各自的测试路径继续到下一个测试点，以此类推。(不使用电梯或自动扶梯。) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | 一个人推着一辆手推车，将5个ELTD紧密排列放在手推车上，沿着建筑物中预先确定的测试路径，停在测试路径上的某些测试点，等待3秒，提示LTS(通过5个ELTD同时进行)在测试路径上的某些测试点为ELTD生成位置估计，然后移动到下一个测试点，以此类推。(不使用电梯或自动扶梯。) |  |  |  |  |  |  |  |  |

表2-续

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 场景编号 | 场景描述 | ELT类型 | | | 建筑物类型 | | | | |
| 物体 | 人 | 机器人 | 木质结构，独栋住宅 | 中等尺寸砖混办公建筑 | 仓库／厂房 | 高危钢结构 | 地下结构 |
| 10 | 一个人携带或穿戴ELTD，沿着建筑物中预先确定的测试路径匀速行走，提示（通过ELTD）在测试路径上的某些测试点产生位置估计，再移动到下一个测试点，以此类推。测试者离开建筑物，再重新进入两次，可以是通过不同的入口，最后在这个场景结束时，第三次离开建筑物。（不使用电梯或自动扶梯）。 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | 一个穿戴ELTD的人沿着建筑物中的走廊／通道跑50-100米，并提示LTS(通过ELTD)在走廊／通道的某些测试点生成位置估计。 |  |  |  |  |  |  |  |  |

表2-续

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 场景编号 | 场景描述 | ELT类型 | | | 建筑物类型 | | | | |
| 物体 | 人 | 机器人 | 木质结构，独栋住宅 | 中等尺寸砖混办公建筑 | 仓库／厂房 | 高危钢结构 | 地下结构 |
| 12 | 在建筑物中的走廊／通道上，一个人在20-30米长的走廊／通道上带着ELTD的侧步行走，并提示LTS(通过ELTD)在走廊／通道上的某些测试点生成位置估计。 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | 穿戴ELTD的人在建筑物中的走廊／通道上后退行走20-30米，并提示LTS(通过ELTD)在走廊／通道的某些测试点生成位置估计。 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 | 一个人穿戴着ELTD，在建筑物中沿着地板上的一条直线爬行约20米，提示LTS（通过ELTD）在直线上的某些测试点产生的位置估计。 |  |  |  |  |  |  |  |  |

在部署测试点和设计LTS 测试和评估场景时，应遵循以下指导：

1.如10.1.2所述，单户住宅中每5-10平方米区域内，以及用于LTS 测试和评估的其他每种类型建筑物中每50至100平方米区域内，应设置一个测试点。例如，一栋每层面积为5000平方米的三层建筑，每层应有50-100个测试点，整个建筑物中应有150-300个测试点。

2.测试点应在每栋建筑中随机部署，并且测试点的分布应比较均匀。换句话说，测试点不应按照有规律的模式部署或在彼此等距部署。它们应在每座建筑物的全部区域进行部署。

3.在每个LTS的测试和评估场景中，每个建筑物至少要使用一半的测试点。每个测试点应至少在一个场景中使用。换句话说，在执行所有场景时，应使用整个测试点集合。

4.在可能的范围内，在每个场景中的每个建筑物中所遵循的测试路径的设计方式应使试验对象通过每个测试点，并且每次使用相同数量的测试点，数量在测试和评估报告中具体说明 (见条款11)。这是为了确保建筑物的任何区域都不会优先于其他区域。

5.应确保至少有两座试验大楼内有大量金属。例如，可以是这样的形式：完全由金属板材组成墙壁或大房间里面有很多金属隔断。此要求的目的是使被测试LTS中所使用的RF测距组件失效。

6.在涉及移动性的测试和评估场景中，应确保至少两个测试建筑物中所使用的测试路径必须经过一个容纳许多金属物体的房间或区域，以摆脱LTS中使用的任何磁强计。

7.在涉及移动性的测试和评估场景中，应确保至少两个测试建筑物中所使用的测试路径应有至少50米的直线段，以测量LTS中使用的任何潜在IMU的漂移。

8.在涉及移动性的测试和评估场景中，应确保，在大多数情况下，每个建筑物中的试验对象所遵循的测试路径不会在同一地点开始和结束，以避免在LTS中所使用的任何潜在的IMU中的漂移被消除／减少。尽管如此，在每个建筑中有一个场景是一个很好的主意，在这里开始和结束的位置是相同的，以衡量LTS离闭合循环有多远。

9.如果被测试的LTS有任何光学摄像机，则应确保在恶劣的照明条件下，在每座建筑物中执行一半的测试和评估场景。

10.如果被测试的LTS有任何成像部件，则应确保至少两个用于测试的建筑物中有杂乱的区域。

T&E报告需求

概述

一个全面的 LTS T&E 过程并不那么有用，相比之下伴随产生的一份同样全面的报告才更重要，它

不仅描述了测试的过程并提供测试的结果，而且还记录了许多关于 LTS 的其他重要事实，如果没有这份报告，我们就无法完整的了解 LTS 在测试中的有效性、优点和缺点。本条款详细说明了应在 T&E 报告中记录的内容，特别是在包含图形、表格和图片这类信息方面。另外，一份全面的 T&E 报告应该以公平的方式去与其他各种不同的 LTSs 比较，而不是像比较苹果和桔子那样。

LTS 运作的一个重要方面是所需的设备类型和数量。通常情况下，ELTD 必须由任何移动实体(个人或机器人)携带，这些实体需要知道其位置或被其他人追踪，并将其附着在任何需要定位的资产(固定对象)上2)。此外，LTS可能需要在建筑物内部和/或外部部署其他一些设备。该设备可以提前部署，并在LTS被用于定位/追踪任何ELT之前。这种设备的例子包括Wi-Fi AP和RFID标签/阅读器。或者，设备可以由LTS的用户在他们使用系统进行定位/跟踪的同时部署。例如，消防员抵达发生火灾的建筑，在进入建筑前可以在其外面部署一些设备和/或进入建筑内后部署一些设备。因此，重要的是要记录LTS设备（如果有的话）需要提前部署还是在使用的时候。在大楼内部提前部署的设备通常被称为定位基础设施。使用时部署的设备的安装过程应该简单快捷。正因为如此，“装配时间”度量引入了m。此外，在 T&E 报告中有必要对装配过程进行描述，这样读者就会知道这个过程有多复杂，需要多少人才，多少时间才能完成这项工作。除了安装设备之外，可能还需要在使用前校准现场的一些设备，所有这些都需要在报告中反映出来。

--------------------------------

2)一个例外是多视角相机跟踪系统的情况。具有重叠视野的摄像机不仅可以用来识别人们在建筑物内移动，或者在户外活动，也可以用来追踪他们的活动。在这种情况下，被跟踪的人不需要携带ELTDs。

另一个方面 LTS 运作必须被记录的信息是它需要关于一个建筑的信息程度。

如果没有任何关于建筑的信息（即建筑物的楼面布置图和角的绝对（比如WGS 84）坐标都是无效3）），LTS 就很难友好的提供用户在建筑物内的位置信息。举例来说，当一群消防队员到达一座燃烧着的大楼时，他们所知甚少，这样的情况就会出现。在某些情况下，他们可能不知道这栋楼有多少层楼，更糟糕的是，它可能在不同的侧面有不同的楼层，而且可能不能通过从外观上对建筑物进行视觉检查来检测到这一点。在这种情况下，合理的做法是在到达站点时建立一个局部坐标系。这需要一段时间;因此，在 T&E 报告中，将所需要的过程记录下来是很重要的。如果ELTD配备了GPS / GNSS接收器，它可以在进入建筑物之前提供消防员位置的估计值。如果ELTD碰巧也有一个lMU，那么它可以使用航位推算和消防员的初始位置和运动方向（3D速度矢量）继续估计他的位置并在WGS 84坐标系中报告。这本身并不便于用户使用，因为要从这些信息中推算出消防员在建筑物中的位置并不容易。但是，考虑到在消防员进入建筑物之前已经建立了局部坐标系，WGS 84坐标可以更加友好转换为的局部坐标。如果ELTD没有配备GPS / GNSS接收器，那么LTS可以通过在建筑物外部署几个RF锚节点来工作，该节点的坐标必须相对于局部坐标系进行测量。 T＆E报告中需要再次记录此过程。请注意，即使建筑物具有基于Wi-Fi或其他RF技术的基于RF的定位能力，该功能也不会对LTS有所帮助，因为这样的系统将使用局部坐标系统，基于这段设想的操作，LTS一无所知。

如果ELT是位于建筑物内部的物体，例如在资产定位和管理应用中，则必须有LTS已知的局部坐标系。

上面讨论的所有案例的一个共同特征是，在现场的初始化过程中必须建立一个局部坐标系，或者它可能已经存在，并且LTS已经完全了解它。

处理对建筑物不了解的情况的另一种方式是使用自定位和映射（SLAM）技术，该技术不仅确定进入建筑物的移动实体的位置，而且还为建筑物实时创建3D平面图。

在某些情况下，LTS可用的所有内容是建筑物外部边界的形状，可能是它在地球的位置和朝向4）。 由于一下各种原因，建筑物的平面图可能无法使用：

i）从未制定楼层平面图;

ii）由于原有的楼层平面图已经准备好了，所以它们已经过时了;

iii）楼层平面图确实存在，但对于LTS来说是不存在的。 关于外部边界形状的知识使LTS能够可视化和显示BLT在建筑外边界的位置，这的确是很有帮助的。为了使这种情况发生，一个已知LTS的局部坐标系应该在LTS被使用的时候存在，或者在LTS被使用时必须建立。

如果外边界的绝对坐标（例如WGS 84）已知（这意味着对边界形状的了解），并且如果ELTD具有GPS / GNSS接收器，这样，LTS就能在不需要局部坐标系的情况下，就能在外部边界上可视化并显示出它的位置。虽然不精确，但可以使用Google EarthTM 5)来获得建筑外边界的形状和绝对坐标。

--------------------------------

3）知道建筑物角落的坐标，例如以一个角落盯着逆时针顺序，如果建筑物的所有面都是平面的，就可以唯一地指定建筑物的所有面/外边界。但是，建筑物可能有一些具有曲率的面，在这种情况下，角的坐标不足以了解外部边界。

4）指定位置和方向没有任何不明确之处的一种方式是提供建筑物足够数量角落的WGS 84坐标。 在大多数情况下，形状，位置和方向都可以由建筑物各个角落的WGS 84坐标，以一个角开始，并逆时针进行指定。还有一些其他的方法必须用于那些有弧形外墙的建筑物。

5）Google Earth是GoogleTM提供的产品的商标。 这些信息是为了方便本文件的使用者而提供的，并不构成180和IEC对所命名产品的认可。

请注意，良好的LTS设计将利用外部边界形状的知识，因为已知在建筑物内部的ELT不能位于外部边界之外。 LTS可以使用这个事实来提高其定位精度。

如果建筑物的平面图可用于LTS，则LTS将能够在详细的平面图上可视化并显示ELT的位置，从而可以知道它在建筑物的哪个区域，例如BLT所在的房间。如果ELTD配备GPS / GNSS接收器，如果目标是定位/跟踪进入建筑物的ELT，则ELT的WGS 84坐标和进入前的速度可能必须转换为平面图所暗示的局部坐标。

再一次，良好的LTS设计将从建筑平面图的知识中获益，因为已知在建筑物内部的BLT不能超出其外部边界，而且如果BLT在大楼里移动，它就不能穿过任何内部的墙6）。

最后，假设LTS不仅可以使用建筑平面图，还可以使用外部边界的绝对坐标。 如果ELTD有GPS / GNSS接收器，则LTS可以继续使用建筑物内的WGS 84坐标系统，并在平面图上可视化并显示ELT的位置。 否则，在ELT进入建筑物的情况下，可能必须确定其初始位置以及相对于平面图所暗示的局部坐标系的3D速度向量。

总而言之，重要的是要记录LTS运行需要的建筑物的信息程度，因为它会不公平比较一个LTS，例如,全面构建信息(平面图和绝对坐标)与一个不需要任何信息的作比较。记录设置过程也很重要，因为它的复杂程度可能因LTS而异。

本条款的其余部分明确规定了LTS T＆E报告中需要记录的内容。

--------------------------------

6）如果BLT被烧毁，BLT将能穿过内部墙壁，但这是规范的例外。

测试地点和时间

所有LTS测试建筑物的街道地址以及测试LTS的日期应记录在案。

测试环境条件

应记录试验场地的温度，湿度，气压和照明条件。

被测系统信息

应记录制造LTS的公司的名称和被测产品的具体型号。

被测系统所含设备

重要的是列出所有设备，除了在下一小节中处理的ELTD之外，LTS使用或依赖它来运行。以下问题的答案应记录在T＆E报告中：

LTS运行是否需要某些基础设施的存在和可用？（即嵌入建筑物或永久安装在室外的设备，以方便定位/跟踪和/或向跟踪机构报告位置估计）这包括但不限于Wi-Fi接入点，射频锚定节点和RFID阅读器/（主动/被动）标签。详细描述需要的是什么以及每个设备需要存在多少单元。这种设备需要用电线和电缆连接彼此或建筑物网络基础设施，还是无线？设备是电池驱动的还是需要交流电源?如果是电池供电，电池持续多久？对于设备嵌入建筑物中，指定每100平方米建筑面积所需的数量。

在使用LTS的时候，除了前面的项目符号所涵盖的设备之外，是否需要用户在建筑物外部或内部安装任何设备？（这种情况只出现在消防员们到达火场或战斗人员的任务中，例如在建筑物中执行拖把作业时，才会出现这种情况。）详细描述需要安装的设备，每个设备的数量，以及在哪里。

LTS是否有机会使用任何可以促进定位和跟踪的基础设施？描述LTS可以使用哪些机会以及它需要什么额外信息才能这样做。

终端能力

ELTD是特别重要的，因为LTS中可能有很多这样的设备。 应记录下ELTD的以下特征：

尺寸; 具体而言，尺寸以cm为单位

重量以克为单位

在用户携带ELTDS的情况下，ELTD应佩戴在身体上的位置（靴子上，皮带上，用户手中等）

需要电池的类型和多少

在数小时，数天或数月内充电电池寿命

电池充电时间

ELTD是否是典型的智能手机，以及它是否可以在没有连接到云或后端服务器的情况下工作7)

当剩余电池寿命降到某个阈值以下并变得严重不足时，向跟踪管理机构发送警报8）

危险场所（HazLoc）认证; 应规定ELTD是否经认证可用于危险环境。 如果是，认证机构（例如UL（Underwriters Laboratories）[3]，Factory Mutual [4]，ATEX（Appareils destinés a etre utilisés en Atmosphéres Explosives）[5]等）和认证的范围分类。

位置数据格式

T＆E报告应指出LTS是否使用开源或专有格式的位置数据，以及数据是否可在常用的地图绘制软件中轻松显示。

位置更新速率和系统负载

LTS通常以周期性方式更新ELT的位置估计。在ELT正在运动的情况下，更新速度越快，在运动时的速度越快，追踪的质量也就越好。如果相对于BLT速度，更新速度不够快，那么在ELTD上的BLT或跟踪权威显示的运动将会显得不稳定。然而，更快的更新速率意味着LTS的计算负担增加，ELTD电池更快耗尽，并且可能增加使用RF带宽，否则可能用于数据通信。因此，位置更新率是LTS的关键特征。

在资产管理和跟踪应用中，附属于资产的ELTD可能配备有运动传感器。资产运动时的位置更新率高于静止时的位置更新率。 ELT甚至可以在BLT静止时进入睡眠状态以延长其电池寿命。

即使生成单个位置估计，许多基于RF的LTS也会进行多次测量，然后进行滤波/平均。例如，RF测距系统可以多次重复范围估计过程并报告估计的平均值以提高测距精度。同样，在基于RSS的定位中，它有助于平均几个度量，以消除给定位置上RSS的时间变化。

--------------------------------

7)这是追踪使用时的一个重要功能，比如消防员在着火的建筑中，追踪罪犯时等等

8）在一些定位和跟踪的应用中，例如在火灾或煤矿的建筑物中，ELTD电力消耗不应该超过一定的水平这样就不会引起爆炸

另一个与位置更新率密切相关的LTS特征是系统容量，即系统可以同时处理（定位或跟踪）的ELT的数量。事实上，这两个特征之间有一个耦合。例如，LTS可以处理100个位置更新率为10HZ的ELTs或1000个位置更新率为1HZ的ELTs。因此，谈论其中的一个特征，而不谈论另一个，可能是毫无意义的。

T＆E报告应记录被测试LTS可支持的位置更新速率和系统容量的值以及T＆E过程中使用的实际值。如果报告中记录的一组值是基于供应商声明，而不是在T＆E过程中进行独立验证，则应在T＆E报告中明确说明这一事实。

RF发射和干扰问题

确保被测LTS不会对可能在测试现场使用的任何RF系统造成电磁干扰（EMI），这一点很重要。更重要的是，必须确保这种射频系统不会对测试中的LTS造成EMI，从而对其操作和性能产生不利影响。

被测LTS的制造商应提供其产品RF辐射的书面声明，该声明应包含在T＆E报告中。该声明应包括以下信息：

i）LTS发射RF能量的频带;

ii）每个频段的有效辐射功率（ERP）;

iii）每个波段的射频发射的任务周期或空气时间，因为虽然一些LTS组件可能会定期发射射频能量，但不规则的只用来基础需要的其他组件（例如用于ELTD和跟踪机构之间的通信的无线电）可能会变得活跃。

iv）遵守有关射频辐射（例如FCC第15部分或ETSI法规）的任何适当区域性法规以及运行批准。该声明应提供给负责射频系统的个人或任何可能在建筑物内进行的科学实验，并在进行任何测试之前从这些人获得LTS测试许可。

同样，与测试现场使用的射频系统相关的信息，包括频段和相应的ERP，应记录在T＆E报告中，并在任何测试之前提供给LTS制造商，以确保LTS不受建筑中的RF影响。

设置程序

有两种类型的设置。一个用于建筑物内的永久性基础设施，另一个用于LTS使用时必须安装的设备，例如11.5中讨论的消防员和战斗机场景。虽然11.5着重于介绍通过LTS所需设备的类型/数量，本小节讨论安装该设备并使LTS准备好使用的复杂性。

T＆E报告中应详细描述设置程序。例如，在永久性基础设施的情况下，是否需要RSS 指纹在整个建筑物？还有什么需要做的吗？

在使用LTS时的设置程序是一个更加关键的问题，因为通常在这些情况下用户不能在他/她可以使用LTS之前等待很长时间。之前提到，用户可能必须在建筑物外部安装几个RF锚节点，建立局部坐标系，和/或确定几个建筑物角落的WGS 84坐标。所有这些任务都需要时间。因此，在T＆E报告中记录所有必须完成的工作以及需要多少人完成所需工作是非常重要的。

建立LTS所需的信息

T＆E报告中应回答以下问题：

LTS是否需要在建筑物内建立局部坐标系，并在LTS使用之前向LTS提供有关该坐标系的信息？例如，局部坐标系的特征可以在于它的原点位于建筑物的地平面的某个角落处，x轴从地平面的原点沿着建筑物的某个面沿某个方向延伸， y轴从地平面上的原点沿着垂直于第一面的另一建筑物面沿某一方向延伸，并且z轴沿着垂直方向，其具有对应于建筑物的较高楼层的较大的2个值。

如果LTS需要在建筑物中建立局部坐标系，那么是否需要知道该坐标系与绝对坐标系（如WGS 84）之间的关系？这种关系可以通过例如具有局部坐标（0,00），（1.0.0），（0.1.0）和（0.0.1）的点的WGS 84坐标来指定。

LTS是否需要知道建筑物外部边界的形状？

如果LTS需要知道外部边界的形状，是否也需要知道建筑物相对于某个绝对坐标系（如WGS 84）的位置和方向？

LTS是否需要知道建筑物的平面图？

如果LTS需要知道楼层平面图，是否还需要知道建筑物相对于某个绝对坐标系统（如WGS 84）的位置和方向？

LTS是否需要了解在使用LTS之前在大楼收集的RSS指纹目录？

有关LTS要求的任何其他建筑信息应记录在T＆E报告中。

LTS GUls

ELTD GUI

ELTD不一定有GUI。例如，在医院资产管理应用程序中，ELTD只是附加到被跟踪设备上的标签。这样的标签不会有GUI。另一方面，在消防员/战士进入建筑物的场景中，他们会从他们所在建筑的哪个位置获益。在这种情况下，ELTD可能有一个GUI。

GUI鼓励采用和使用。如果人们看不到任何“事物”正在运行或正在工作，那么他们通常不会相信这些好处。设备供应商和系统所有者应该仔细评估GUI的成本，以及在使用和采用方面带来的商业利益，特别是当使用位置信息的用户正在佩戴或直接使用ETLD。

在T＆E报告中应该包含对ELTD GUI的描述（如果有的话），以记录ELTD对用户友好的方式。例如，ELTD GUI的一个有用特征是提供ELT水平位置估计的置信度度量。这通常显示为以水平位置为中心的圆，其半径与估计值的置信度相关。大圈表示估计不准确，信心低。这个描述应该包括GUI提供的信息的类型。包含GUI的一些截图以显示信息的呈现方式将会很有用。

跟踪权限GUI

跟踪管理机构很可能有一个GUI，特别是如果它跟踪几个实体。 GUI不仅可以显示建筑物的平面图上正在跟踪的实体的位置或建筑结构的3D显示，还可以显示关于ELT的一些附加信息。例如，在火灾现场发生事故指令的情况下，GUI可以显示消防队员的生理健康状况（呼吸频率，心率，核心体温，血氧水平等），氧气罐水平，消防员步态，以及他/她是否正在移动或者一直呆在一个位置很长时间。

GUI应该显示哪些信息以及哪种形式进入可用性领域的问题，这超出了本文的范围。但是，如果T＆E报告包含跟踪权限GUI的描述和GUI的一些屏幕截图，这将会很有用。

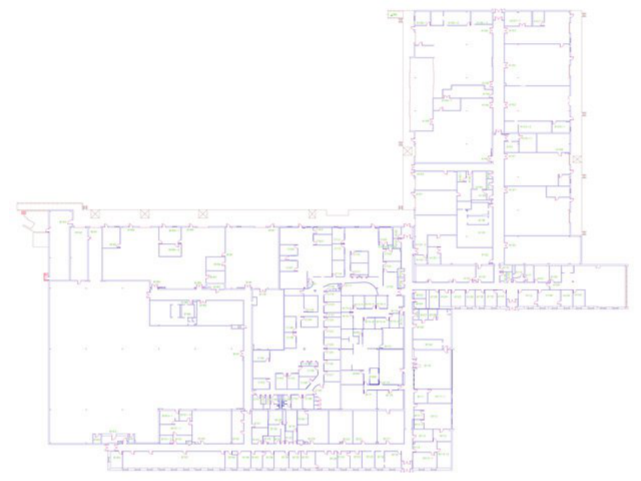
维护

当长期在建筑物中使用LTS时，除了最初的LTS安装和设置外，还可能需要某些维护程序。 例如，维护是医院资产管理和跟踪应用程序中的一个问题，但在消防员/战士到达某个一次性任务的建筑物的情况下则不是。 在后一种情况下，在任务期间可能不需要维护，但仍然必须确保所有LTS设备在到达现场之前处于工作状态。

T&E报告应该包括对所有需要遵循的过程的描述，以使LTS保持工作状态，以及每个过程需要执行的频率。从某种意义上说，这是使用需要考虑的LTS的间接成本。

试验建筑物的平面图

T＆E报告中包含所有用于测试的建筑物的平面图。 对于每栋建筑物，应为用于测试的所有楼层提供平面图。 图1显示了用于LTS测试的单层建筑的平面图。



LTS测试使用的建筑平面图

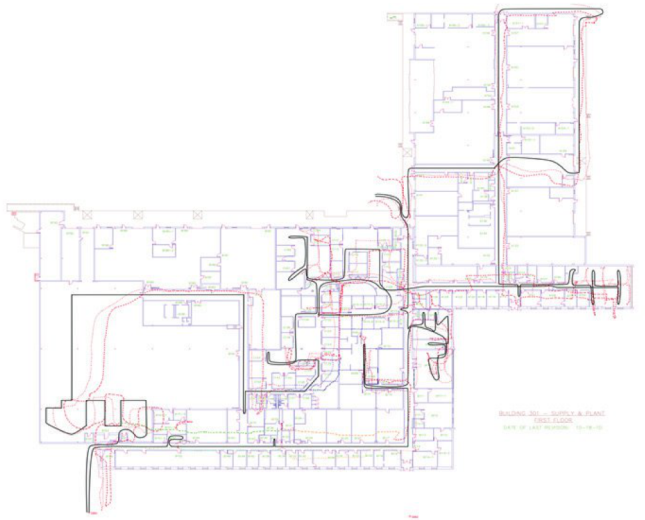
涉及运动实体的T＆E场景的表征

测试不需要公开在建筑物中的测试点的位置，这样能够在将来的LTS T＆E事件中使用相同的测试点，并且任何待测LTS的制造商都不知道测试点的地面真实位置。为每个T＆E场景建立新的测试点代价高昂，因为测量过程需要以足够的精度确定测试点的位置。

在T＆E场景中，一个或多个配备ELTD的测试对象在测试建筑中四处移动，他们在建筑物中行走的过程应记录在T＆E报告中。这包括一个或多个测试对象在建筑物中一起走动并遵循特定路径以及从不同入口和不同时间进入建筑物的多个测试对象，并且每个测试对象根据测试题目遵循指定的路径。 在后一种情况下，不仅应规定路径，而且还应规定每个测试对象相对于第一个测试对象进入建筑物的时间。 任何涉及从建筑物的一层到另一层的测试对象的移动也应该被指定，还需要指定任何涉及从建筑物的一层到另一层的路径。

最后，涉及跑步，倒走，侧走和爬行的测试场景也应明确表征。图2显示了由黑色实线表示的过程，其中两个测试对象位于图1中给出的平面图的建筑物中。（为了查看图2中的所有细节，强烈建议本文件的读者使用400％放大率的计算机显示器上查看此图。）

每个测试对象从L形建筑内角的门进入建筑物，走向图的底部，经过复杂的路径，途中经过了建筑物的不同平面结构以及放置不同物品的区域，而后通过靠近起点的另一扇门离开了建筑物。请注意，测试对象在建筑物中间的某个时间通过建筑物左下部的一扇门离开建筑物，在外面行走约20-30米，从而可以进行GPS定位，然后通过相同的门走回到建筑内。（图中其他彩色线条将在本文后面进行描述。）



两个测试对象的行走路线以及LTS的估计

T&E结果的数字化显示

T&E报告中包含大量的数字结果，我们需要尽力让T&E报告的读者尽可能轻松地通过一系列恰当格式的表格来更好地理解结果。

由于在单个表格中显示所有T＆E结果对于一个建筑物都是非常难以处理的，因此T＆E结果应以四种类型的表格呈现，表格的每行对应一个T＆E场景。表3-6显示每个表格的列标题和作为空间持有者的空白行，用于显示给定方案的各种性能指标的数值。请注意，表4-6中的每一行实际上都是由两行组成的复合行。除表4中的两个概率外，这些表中的条目单位应为米或者秒。

记录LTS性能指标的模板，对于给定的测试建筑，不受整体偏差是否被删除影响。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 场景号 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 | NA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 所有场景平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表3-6中的一些要点/澄清。

实际上，表3可能不包括模板中显示的所有列，因为并非所有的LTS都支持推送和推送协议来传播位置信息（见8.14）。如果LTS仅使用拉（推）协议，则与拉（推）协议相关的等待时间度量仅应在表中呈现。如果LTS支持两种协议，则应提供两种协议的延迟指标，如表3所示。另外，根据位置信息的最终消费者是谁（参见5.4中的三个案例），如果没有跟踪授权，则不需要包含跟踪授权机构所经历的延迟量度。另一方面，如果位置信息的唯一用户是跟踪权限，则仅包括跟踪当局经历的等待时间量度。

应根据位置信息的最终消费者是谁来准备表4-6。如果BLT（跟踪授权）是唯一的消费者，这些表格中显示的准确性度量应基于提交给BLT（跟踪授权机构）的位置估算值进行计算。如果LTS向BLT和跟踪机构提供位置估计，则表4-6中的每一个应包含两次，一次用于BLT，一次用于跟踪机构。

请注意，只有在建筑物中同时存在多个ELT时才能计算相对精度，在这种情况下，应在计算中考虑每一对可能的ELT。这意味着相对准确度只能在方案6,7和8中计算（见10.4）。情景2中的计算很简单，因为ELT被放置在一个测试点，并且所有ELT都估计位置，然后这个过程在下一个测试点重复，依此类推。在这种情况下，任何一对ELT之间的成对距离应该大致为零，这取决于ELT可以彼此接近。在方案7和8中，计算有点棘手，因为所涉及的两个ELT正在运动，因此确定它们之间的地面真值范围具有挑战性。如果当两个ELT中的至少一个位于具有已知的地面真实位置的测试点时启动了距离估计过程，则地面真值范围中的不确定性可以降低。

第二次ELT很可能不会在当时的测试点。因此，现阶段已知的是距离估计，获得这一估计的时间以及启动成对测距的BLT的地面真实位置。未知的是第二个ELT的地面真实位置，因此两个ELT之间的地面真值范围。第二个ELT的地面实况位置可以通过线性插值获得，通过知道ELT在测量操作之前访问的最后一个测试点之上的时间点以及之后访问的第一个测试点，以及第二个ELT在这两个测试点之间的路径。刚刚描述的用于确定地面真实范围的过程的缺点是第二ELT在两个测试点之间以恒定速度移动的假设，这与真实情况可能不一致。请注意，ELT上的时钟被假定为同步。如果ELT具有点对点测距能力，则范围估计过程很简单。否则，发起的ELT必须向LTS发送请求以估计第二LTS的位置，并因此估计两个ELT之间的范围。

用于记录对于给定测试建筑物的第一组LTS性能度量的模板，无论其受整体偏差是否被移除

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 场景号 | 移除总偏差前/后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 所有场景平均值 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |

用于记录对于给定测试建筑物的第二组LTS性能度量的模板，无论其受整体偏差是否被移除

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 场景序号 | 移除总偏差前/后 | CE95 | CEP | VE95 | VEP | SE95 | SEP |  |  |  |
| 1 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 所有场景平均值 | 前 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

用于记录对于给定测试建筑物的第二组LTS性能度量的模板，无论其受整体偏差是否被移除

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 场景序号 | 移除总偏差前/后 |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 7 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 8 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 9 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 10 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 11 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 12 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 13 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 14 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |
| 所有场景平均值 | 前 |  |  |  |  |  |  |
| 后 |  |  |  |  |  |  |

除了每个T＆E场景都有一行外，表3-6在底部应该有一个特殊的行，表示所有T＆E场景下各自的性能指标的平均值。在表4-6的情况下，这些平均值在所有T＆E情景中计算的整体偏差被移除之前/之后呈现。

当不再使用场景指标，而是使用所有的测试建筑物的平均值时，将使用类似表3-6但是只有一行的表格，这种表格将呈现表3-6中所示的所有性能指标。

表7是应包含在T＆E报告中的安装时间模板。安装时间应以秒为单位报告。

各种测试建筑物的安装时间

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 建筑1 | 建筑2 | 建筑3 | 建筑4 | 建筑5 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |

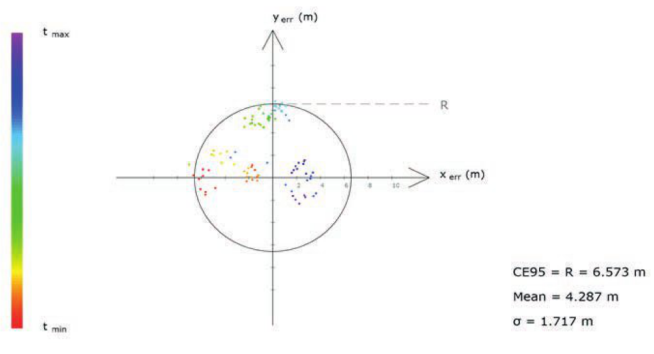
请注意，本节中提出的表中未列入8中提出的某些性能指标。这种遗漏有多种原因。覆盖范围和可用性均不包含在内，因为它取决于“最低性能要求”的含义。然而，可用性在本文档中被指定为可选的性能指标。如果知道在哪个应用中应使用测试中的LTS并且对“最低性能要求”有精确定义，则可以直接使用T＆E场景1来测量每个建筑物的覆盖范围，但也可以计算覆盖率数据的平均值以得出LTS的总覆盖范围数字。

这里也未讨论同样作为可选性能指标的具体位置定位准确度。同时根据第9条的依赖于应用程序的性能指标也未被讨论。但是，这不应妨碍测试组织设计和执行适当的测试并报告在表3-6中未包含的性能指标的结果。

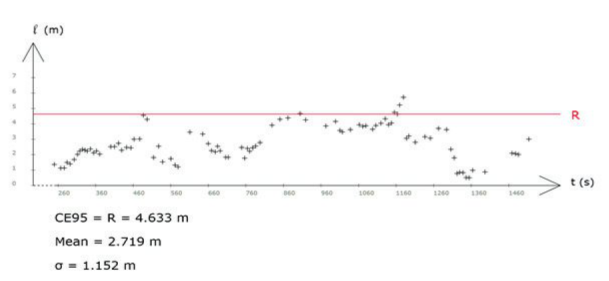
T&E结果的可视化

除了1.16中提出的表格之外，找到使用适当的图表和数字来表达T＆E结果的方法和信息方法非常重要。这将使得人们更容易理解T＆E结果。下面提供的数据和图表应包含在每个T＆E场景和每个测试建筑的LTS T＆E报告中。

图3显示了在建筑物中大约100个测试点测试LTS后得到的水平误差向量。左侧的颜色图表用于显示从T＆E场景开始到结束的时间进度。在这种情况下，一个研究对象进入建筑，在建筑中行走，直至最后从入口走出。由于在建筑物中采取的路线是已知的，如果具有相同颜色的一组误差向量接近代表CE95的圆圈（在这种情况下恰好是6.573米），那么就可以得出结论LTS在测试期间对应于特定时间窗口的建筑物的特定区域中确实相对较差。该图还显示了水平误差幅度的平均值和标准偏差。

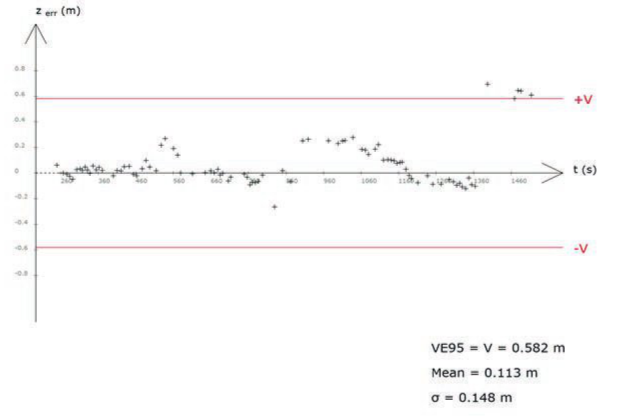


随着测试时间的演进的使用颜色编码的水平误差的空间分布图



水平误差随时间变化图

图4提供了与图3大致相同的信息。它显示了水平误差随时间变化的幅值大小。

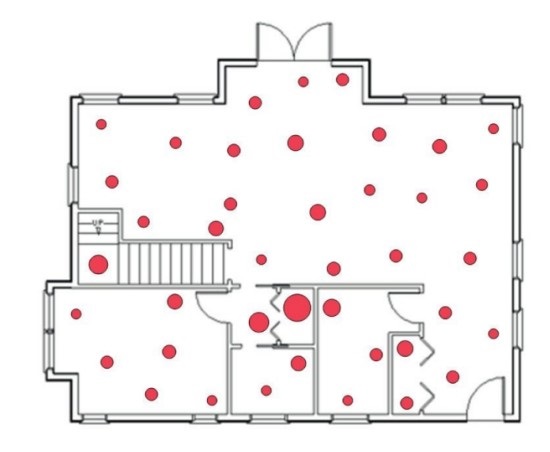


垂直误差随测试时间的幅值变化

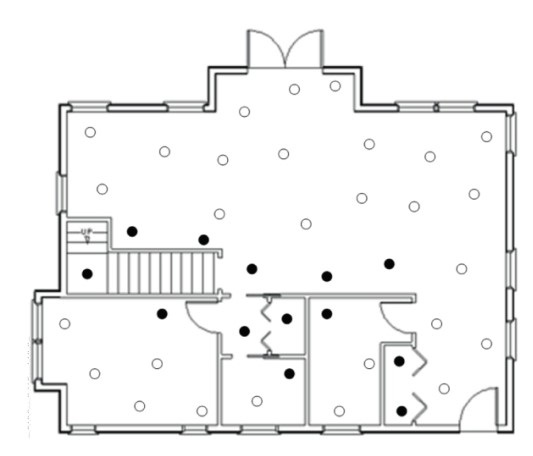
图5描述了作为测试时间函数的垂直误差的演变。它还显示了VE95以及垂直误差绝对值的平均值和标准偏差。

如前所述，图2中的黑色实线表示在建筑物中走在一起的两个测试对象之后的路线。红色点划线表示测试对象轨迹的LTS估计值。这是另一种显示LTS建筑物哪些区域表现不佳的方式。请注意，虚点线的颜色会变为橙色，绿色和蓝色，这些颜色分别对应于测试对象在不同建筑物区域的倒走，侧走和爬行。

图6描述了建筑物内各个测试点的位置特定精度。具体来说，每个测试点处的圆的半径与在该测试点处进行的多次测量的C595成正比。或者圆的半径与几次测量的水平误差的大小的RMS值成比例。



不同尺度的圆表示具体的定位误差图



使用白（黑）圆圈表示测试点的最小误差性能是否满足要求图

图7显示了在建筑物内使用的测试点的位置，每个测试点都有白圈或黑圈。白色（黑色）圆圈意味着该测试点的聚合测试结果满足（不符合）最低性能要求。例如，根据圆形颜色，CE95或测试点处水平误差大小的RMS值可能低于（高于）用户指定的阈值。

使用VE95或在建筑物内每个测试点进行的多次测量的垂直误差的绝对值的RMS，可以生成与图6和图7类似的图。

（资料性附录）  
局部坐标系与WGS84坐标系的转换

介绍

本附录描述了两个坐标转换程序，并为每个程序提供了MATLAB程序。

-将建筑物内部或外部的点的本地3D笛卡尔坐标转换为WGS 84坐标的过程。

-将建筑物外或其屋顶上的点的WGS 84坐标转换为在该建筑物里建立的本地3D笛卡尔坐标9）。

在描述这些程序之前，我们需要经过一些预备步骤。

建立本地3D笛卡尔坐标系和其他预备步骤。

假设建筑物至少有一个平面外墙。 绝大多数建筑物满足这个要求。但是也有例外情况，例如圆形或椭圆形建筑。

如果建筑物具有多个平面外墙，请选择最长的一个，并让本地3D笛卡尔坐标系的x轴平行于该墙。x轴本身可以位于建筑物的顶层或楼顶。

具体来说，在建筑物外或其屋顶上选择两个点，以确保：

-它们都具有多个GNSS卫星的LOS视野

-它们尽可能远离彼此

-并且它们沿着最长的平面外墙，以便于连接它们的线平行于墙10）

但水平点2的X坐标不需要比点1大

使用精密激光测量设备来建立y轴，使得xy平面变成水平的，y轴从x轴逆时针旋转90度，从上方看时，点1和点2将具有相同的y坐标 ，但该坐标不一定是零。

z轴在原点处垂直于xy平面，使用右手法则确定垂直方向，让较高的z值对应为点的高程

使用激光测量设备精确测量两点的坐标（x，y，z），i = 1,2

使用差分GNSS设备（如d-gps）准确测量两点的WGS 84坐标（lat，long，alt，）i = 1,2

9）我们假设该点位于一个具有足够数量GNSS卫星的LOS视图的位置，以便可以测量其WGS 84坐标。 这样的一点不能在建筑物内部，因为那里的GNSS信号可能不存在或很弱

10）严格来说，不需要完全满足上述情况。因为可以为任何彼此远离的任意一对点设计类似于本附件中提供的坐标转换程序。但为了简单起见，我们选择提出转换算法是假定连接两个点的线平行于墙。

将两点的纬度和经度坐标转换为通用横轴墨卡托（UTM）坐标，这是一种2D（东向，北向）坐标系统。 令表示UTM坐标。图A 1显示了一个可以进行这种类型转换的MATLAB程序。

function [x,y,utmzonel]=deg2utm(Lat,Lon)

% -------------------------------------------

% [x,y,utmzonel]=deg2utm(Lat,Lon)

%

% Description: Function to convert lat/lon vectors into UTM coordinates (WGS 84)

% Some code has been extracted from UTM.m function.

% Inputs:

% Lat: Latitude vector. Degrees. +ddd.ddddd WGS84

% Lon: Longitude vector Degrees. +ddd.ddddd WGS84

%

% Outputs:

% x, y, utmzone. See example

%

% Example 1:

% Lat=[40.3154333;46.283900;37.577833;28.645650;38.855550;25.061783];

% Lon=[-3.4857166;7.8012333;-119.95525;-17.759533;-94.7990166;121.640266];

% [x,y,utmzone]=deg2utm(Lat,Lon);

% fprintf(‘%7.0f’, x)

% 458731 407653 239027 230253 343898 362850

% fprintf(‘%7.0f',y)

% 4462881 5126290 4163083 3171843 4302285 2772478

% utmzone =

% 30 T

% 32 T

% 11 S

% 28 R

% 15 S

% 51 R

%

% Example 2: If you have Lat/Lon coordinates in Degrees, Minutes and Seconds

% LatDMS=[40 18 55.56;46 17 2.04];

% LonDMS=[-3 29 8.58;7 48 4.44];

% Lat=dms2deg(mat2dms(LatDMS)): %convert into degrees

% Lon=dms2deg(mat2dms(LonDMS); %convert into degrees

% [x,y,utmzonel]=deg2utm(Lat,Lon)

%

% --------------------------------------

% Argument checking

%

error(nargchk(2, 2, nargin)); %2 arguments required

n1=length(Lat);

n2=length(Lon)

if(n1~=n2)

error( ‘Lat and Lon vectors should have the same length’);

end

% Memory per-allocation

%

x=zeros(n1, 1);

y=zeros(n1, 1);

utmzone(n1,:)=’60 X’;

% Main Loop

%

for i=l: n1

la=Lat(i);

lo=Lon(i);

sa=6378137.000000;sb=6356752.314245;

% e=(((sa ^ 2)-(sb ^ 2)) ^ 0.5)/sa;

e2=(((sa ^ 2)-(sb ^ 2)) ^ 0.5)/sb;

e2cuadrada= e2 ^ 2;

c=(sa ^ 2)/sb;

%alpha = ( sa- sb) / sa; %f

%ablandamiento=1/alpha; % 1/f

lat=la\*(pi/180);

lon=lo\*(pi/180);

Huso=fix((lo/6)+ 31);

S=((Huso\*6)-183);

deltaS=lon-(S\*(pi/180)):

if (la<-72), Letra=’C’;

elseif (la<-64), Letra=’D’;

elseif (la<-56), Letra=’E’;

elseif (la<-48) Letra=’F’;

elseif (la<-40), Letra=’G’;

elseif (la<-32), Letra=’H’;

elseif (la<-24), Letra=’J’;

elseif (la<-16), Letra=’K’;

elseif (la<-8), Letra=’L’;

elseif (la<0), Letra=’M’;

elseif (la<8), Letra=’N’;

elseif (la<16), Letra=’P’;

elseif (la<24), Letra=’Q’;

elseif (la<32), Letra=’R’;

elseif (la<40), Letra='S’;

elseif (la<48), Letra='T’;

elseif (la<56), Letra='U’;

elseif (la<64), Letra='V’;

elseif (la<72), Letra='W’;

else Letra='X’;

end

a=cos(lat)\*sin(deltaS);

epsilon=0.5\*log((1+ a)/(1- a));

nu =atan( tan(lat)/cos(deltas))-lat;

v=(c/((1+(e2cuadrada\*(cos(lat))^2)))^0.5)\*0.9996;

ta=(e2cuadrada/2)\*epsilon^2\*(cos(lat))^2;

a1=sin(2\*lat);

a2=a1\*(cos(lat))^2;

j2=lat+(a1/2);

j4=((3\*j2)+a2)/4;

j6=((5\*j4)+(a2\*(cos(lat))^2))/3;

alfa=(3/4)\*e2cuadrada;

beta=(5/3)\*alfa^2;

gama=(35/27)\*alfa^3;

Bm=0.9996\*c\*(lat-alfa\*j2+beta\*j4-gama\*j6);

xx= epsilon\*v\*(1+(ta/3))+500000;

yy=nu\*v\*(1+ta) +Bm;

if(yy<0)

yy=9999999+yy;

end

x(i)=xx;

y(i)=yy;

utmzone(i,:)=sprintf(‘%02d %c’, Huso, Letra);

end

用于将WGS 84(lat,long)坐标转换为UTM坐标的matlab程序

通过使用以下等式将UTM坐标系的原点移动到点1，为点2定义一组新的UTM坐标：



轴相对于轴的旋转角度可以通过以下公式计算

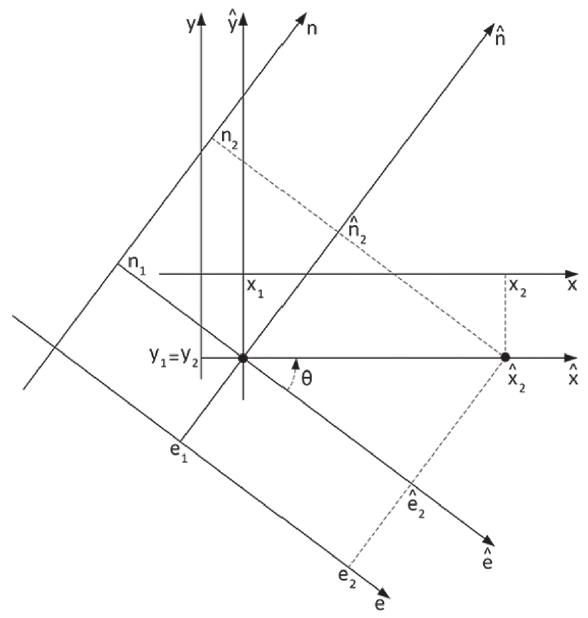


请注意，和是逆时针测量的。

下面的公式建立了任意点（不一定是前面介绍的点1与点2）的坐标和它的坐标之间的关系。



图A2展示了这两个坐标系之间的关系，图中具有黑色实心圆的是点1和点2，其中点1在左边，点2在右边。



各种坐标系之间的关系

从WGS 84坐标转换为本地3D笛卡尔坐标

在给定建筑物外或其屋顶上某点的WGS 84坐标的条件下，本节给出了将这些坐标转换为本地3D笛卡尔坐标的步骤，主要是将坐标转化为。方向的高度转换仅仅是xy平面的高度进行平移，即

该过程的第一步是使用图A1中给出的程序将点的坐标转换为的UTM坐标

利用下述公式用这些坐标转换到空间



使用A2给出的矩阵方程将它们转换为（x，y）

最后，通过下述公式将转换



图A3中给出的MATLAB程序将存储在Excel电子表格中的一组点的WGS 84坐标转换为本地3D笛卡尔坐标，并将结果写入另一个Excel电子表格中，注意该程序调用了图A1中展示的算法。

%% This script is used to convert points from WGS 84

% (Lat, Long, Alt) coordinates to Cartesian coordinates (x, y, z)

% Needed inputs:

% 1)An excel file of WGS 84 points in (Lat, Long, Alt). For example: points\_WGS84.xls

% 2)x,y,z coordinates for a reference WSG84 point

% 3) Row index of the reference point: For example: point 1

% Script output: A Excel file consisting of x,y,z coordinates for the WGS 84 points

% For example: points\_xyz.xls

% Note: x, y, z shall be in meters

%%

% First, we need to convert points from WGS 84 to UTM

clear all;

format long;

AA=xisread(‘points\_WGS84.xls’);

[BB(:, 1), BB(:, 2), z]=deg2utm(AA(:, 1),AA(:, 2));

CC=xisread(‘known\_waypoints.xls’);

[DD(:, 1), DD(:, 2), z]= deg2utm(CC(:, 4), CC(:, 5));

% Save the UTM coordinates (Easting and Northing) into the same

% file points\_WGS84.xls in columns 4&5.

% xlswrite(‘points\_WGS84’,B,’D1’);

% Calculate rotation angle relative to North from known\_waypoints % by

% picking the two farthest known waypoints on the same side (assume that we

% pick % points 1 and 2 from the known\_waypoints

% file)

theta=atan((DD(1,2)-DD(2,2))/(DD(1,1)-DD(2,1));

% Move the Origin of the UTM coordinates to the reference point (assume that is Point 1)

BB(:,1)=BB(:,1)-DD(1,1);

BB(:,2)=BB(:,2)-DD(1,2);

% Rotate new UTM coordinates with the (-)theta angle into x,y

cosin\_matrix=[cos(theta), sin(theta); -sin(theta),cos(theta)];

[m,n]=size( BB);

for i=1: m

BB\_rotated(i,:)=((cosin\_matrix)\*BB(i,1: 2)’)’;

End

% Add x, y, z of the reference point (assume that is point 1 in known\_waypoints) into

% the B\_rotated to create the x, y, z coordinates for all of the WGS 84 points.

points\_xyz1(:,1)=BB\_rotated(:,1)+CC(1, 1);

points\_xyz1(:,2)=BB\_rotated(:,2)+CC(1, 2);

points\_xyz1(:,3)=AA(:,3)-C(1,6)+CC(1,3);

% Save the x, y, z coordinates into a file named

xlswrite(‘points\_xyz1’, points\_xyz1);

% End

用于将一组点的WGS 84坐标转换为(x,y,z)的MATLAB程序

从本地3D笛卡尔坐标转换为WGS 84坐标

本节中介绍的过程与A3中给出的过程相反，即将给定点的本地3D笛卡尔坐标转换为WGS 84坐标，主要工作是将转换为。Z方向高度的转换仅仅是进行了平移，即将xy平面的高度加到z坐标上。

第一步是将转换为



使用A2结尾给出的矩阵方程将这些坐标转换为。接下来通过简单的平移将这些坐标转换为



最后一步是将UTM坐标转换为WGS 84坐标，可以使用图A4中给出的MATLAB程序完成。

function [Lat, Lon]=utm2deg(xx, yy, utmzone)

% -------------------------------------------

% [Lat, Lon]=utm2deg(x, y, utmzone)

%

% Description: Function to convert vectors of UTM coordinates into Lat/Lon vectors

% (WGS84)

%

% Inputs:

% x, y, utmzone

%

% Outputs:

% Lat: Latitude vector. Degrees. +ddd.ddddd WGS84

% Lon: Longitude vector: Degrees. +ddd.ddddd WGS84

%

% Example 1:

% x=[458731;407653;239027;230253;343898;362850];

% y=[4462881;5126290;4163083;3171843;4302285;2772478];

% utmzone=[’30 T’;’32 T';’11 S;'28 R’;’15 S’;’51 R’];

% [Lat, Lon]=utm2deg(x, y, utmzone);

% fprintf(‘%11.6f’,lat)

% 40.315430 46.283902 37.577834 28.645647 38.855552 25.061780

% fprintf(‘%11. 6f’,lon)

% -3.485713 7.801235 -119.955246 -17.759537 -94.799019 121.640266

%

% Example 2: If you need Lat/Lon coordinates in Degrees, Minutes and Seconds

% [Lat, Lon]=utm2deg(x, y, utmzone);

% LatDMS=dms2mat(deg2dms(Lat))

% LatDMS =

% 40.00 18.00 55.55

% 46.00 17.00 2.01

% 37.00 34.00 40,17

% 28.00 38.00 44.33

% 38.00 51.00 19.96

% 25.00 3.00 42.41

% LonDMS=dms2mat(deg2dms(Lon))

% LonDMS =

% -3.00 29.00 8.61

% 7.00 48.00 4.40

% -119.00 57.00 18.93

% -17.00 45.00 34.33

% -94.00 47.00 56.47

% 121.00 38.00 24.96

%

% -------------------------------------------

%Argument checking

%

error(nargchk(3, 3, nargin)); %3 arguments required

n1=length(xx);

n2=length(yy);

n3=size(utmzone, 1);

if (n1~=n2 || n1~=n3)

error(‘x,y and utmzone vectors should have the same number or rows’);

end

c=size(utmzone,2);

if(c~=4)

error('utmzone should be a vector of strings like"30 T”’);

end

% Memory per-allocation

%

Lat=zeros(n1,1);

Lon=zeros(n1,1);

% Main Loop

%

for i=1:n1

if (utmzone(i, 4)>’X’ || utmzone(i,4)<’C’)

fprintf(‘utm2deg: Warning utmzone should be a vector of strings like”30 T”, not”30 t”\n’);

end

if (utmzone(i, 4)>’M’)

hemis=’N’; % Northern hemisphere

else

hemis=’S’;

end

x=xx(i);

y=yy(i);

zone=str2double(utmzone(i, 1: 2));

sa=6378137.000000;sb=6356752.314245;

% e=(((sa^2)-(sb^2))^0.5)/sa;

e2=(((sa^2)-(sb^2))^0.5)/sb;

e2cuadrada=sa^2;

c=(sa^2)/sb;

% alpha=(sa-sb)/sa; %f

% ablandamiento=1/alpha; %1/f

X=x-500000;

if hemis=='S'll hemis==’s’

Y=y-10000000;

else

Y=y;

end

S=((zone\*6)-183);

lat=Y/(6366197.724\*0.9996);

v=(c/((1+(e2cuadra\*(cos(lat)^2)))^0.5)\*0.9996;

a=X/v;

a1=sin(2\*lat);

a2=a1\*(cos(lat))^2;

j2=lat+(a1/2);

j4=((3\*j2)+a2)/4;

j6=((5\*j4)+(a2\*(cos(lat)^2)/3;

alfa=(3/4)\*e2cuadrada;

beta=(5/3)\*alfa^2;

gama=(35/27)\*alfa^3;

Bm=0.9996\*c\*(lat-alfa\*j2+beta\*j4-gama\*j6);

b=(Y-Bm)/v;

Epsi=((e2cuadrada\*a^2)/2)\*(cos(lat))^2;

Eps=a\*(1-(Epsi /3));

nab=(b\*(1-Epsi))+lat;

senoheps=(exp(Eps)-exp(-Eps))/2;

Delt= atan(senoheps/(cos(nab)));

TaO=atan(cos(Delt)\*tan(nab);

longitude=(Delt\*(180/pi))+S;

latitude=(lat+(1+e2cuadrada\*(cos(lat)^2)-(3/2)\*e2cuadrada\*sin(lat)\*cos(lat)\*(TaO-lat))\*(TaO-lat))\*…\*(180/pi);

Lat(i)=latitude;

Lon(i)=longitude;

end

用于将UTM坐标转换为WGS 84(lat,long)坐标的MATLAB程序

图A5中给出的MATLAB程序将存储在Excel电子表格中的一组点的本地3D笛卡尔坐标转换为WGS 84坐标，并将结果写入另一个Excel电子表格中，注意该程序调用了图A4中展示的算法。

%% This script is used to convert points from a Cartesian coordinate (x,y,z) to WGS 84

% coordinate (Lat, Long, Alt)。

% Needed Inputs

% 1) A excel file of presurveyed points in (x, y, z) and ( Lat, Long, Alt). For example:

% known\_waypoints.xls

% 2) A excel file for x, y, z points that need to be convetred into WGS 84 coordinate.

% For example: points\_xyz.xls

% 3) A reference point from the known waypoints

% 4) 2 farthest known waypoints on the same side

% 5) An UTM zone

% Script output: A Excel file consisting of WGS 84 coordinates for the points in

% points\_xyz file. For example: points\_WGS84.xIs

% Note: x,y,z must be in metres

%%

% First, we need to convert the known waypoints from WGS 84 to UTM

clear all;

format long;

A=xlsread(‘known\_waypoints’);

[r,s]=size(A);

[B(:,1),B(:,2),z]=deg2utm(A(:,4),A(:,5));

C=xlsread(‘points\_xyz‘);

% Calculate rotation angle relative to North from known\_ waypoints

% by picking the two farthest known waypoints (assume that we pick

% points 1 and 2 from the known\_waypoints file)

theta=atan((B(1,2)-B(2,2)/(B(1,1)-B(2,1)));

% Move the Origin of the x,y,z coordinates to one of the reference point

% (assume that is Point 1)

C(:,1)=C(:,1)-A(1,1);

C(:,2)=C(:,2)-A(1,2);

C(:,3)=C(:,3)-A(1,3);

% Rotate x, y, z coordinates with the theta angle into x',y’,z’

cosin\_matrix=[cos(theta),-sin(theta);sin(theta),cos(theta)];

[m, n]= size(C);

for i=1:m

C\_rotated(i,:) =(cosin\_matrix\*C(i, 1: 2)’)’;

end

% Add Northing and Easting of the waypoint 1 into the C\_rotated to

% create the UTM coordinates for all of the x,y,z points

points\_UTM(:, 1)=C\_rotated(:,1)+B(1, 1);

points\_UTM(:, 2)=C\_rotated(:,2)+B(1, 2);

% Convert points\_UTM into WGS 84 (Lat/Long)

% Note that you must know your UTM zone. For example z=’18 S’;

for i=1:m

[points\_WGS84(i,1),points\_WGS84(i,2)]=utm2deg(points\_UTM(i, 1), points\_UTM(i, 2), ‘18S’);

end

% Convert z into WGS 84 altitude

% Note that you must know WGS 84 Alt for one way points. Assume that

% waypoint 1

points\_WGS84(;3)=C(:,3)+A(1,6);

% Save the UTM and WGS 84 coordinates into a file named points\_WGS84.xls.

xlswrite(‘points\_WGS84’, points\_WGS84);

xlswrite(‘points\_UTM’, points\_UTM);

% End.

用于将一组点的本地3D笛卡尔坐标(x,y,z)转换为WGS 84坐标的MATLAB程序

MATLAB坐标转换程序的验证和验证

建议任何申请本附件的人员核实并验证所提供程序的正确性。我们已尽力确保程序正确，但是在一个新平台上运行程序时，总是会有不可预见的问题。验证程序正确的最佳方法是从已知WGS 84坐标的一组点开始，将这些坐标转换为本地3D笛卡尔坐标，然后将这些坐标转换回WGS 84坐标，并得到与初始WGS 84坐标相同的结果。同样，将设定点的本地3D笛卡尔坐标转换为WGS 84并转换回到本地3D笛卡尔坐标也应获得相同的结果。

（资料性附录）  
定位传感器及其故障模式

概述

本附件的目的不是提供本文档中讨论的位置传感器的完整特性。 例如，在本附件的范围内，位置传感器消耗多少功率或者多大/多重无关紧要。重要的是从定位和跟踪性能的角度，识别给定位置传感器不能“正常”执行或彻底失败的环境条件和使用情况。为了实现这个目标，需要知道位置传感器是如何工作的，并且便于定位和跟踪。本附录提供了各种位置传感器的操作说明，并对每种传感器无法正常工作的已知条件进行了定性讨论。

基于射频的定位传感器

概述

大多数基于射频的LTS依赖于大量RF收发器的可用性，这些收发器被称为锚节点，可嵌入建筑物基础设施或位于室外。 锚节点可以是Wi-Fi AP，蓝牙设备，ZigBee设备，RF ID标签/读取器，UWB收发器等。在大多数情况下，锚节点是静止的。然而，在某些应用中，人们可以将其配置为配备有参考LTS设备的移动锚节点，该参考LTS设备准确地（至少相对于基于与锚节点的RF通信而工作的受测LTS）持续的估计锚节点的位置。基于RF的LTS如何精确地定位ELT的位置在很大程度上取决于锚节点的位置的精确度。因此，锚节点位置的任何未记录的更改都会对大多数基于RF的LTS造成影响。例如，将建筑物内的Wi-Fi AP移动到不同的位置并不常见，无需仔细调查新位置和更新锚节点位置记录。尽管提出这样的场景并非不合理，一般在一个或多个锚节点之后对LTS进行测试，或者在未通知被测LTS的情况下明确移动Wi-Fi AP，但本文档不包含此类T＆E场景。

至少有两个例外情况要求LTS应明确知道其锚点的位置。 一种是基于RF的指纹识别，如在5.3.1中描述的在Wi-Fi系统的情况下。在这样的系统中，安全节点是必须的，在RF射频处理之后没有移动，但不需要知道锚节点的位置。另一个例外是点对点测距，其中两个RF收发器通过交换消息来估计它们的距离。即使不知道两个收发器的位置，这个距离在与其他信息一起使用时也是定位过程中有用的信息。例如，考虑一种情况需要估计具有对等测距能力的无线网络的节点。网络节点之间的多个成对距离的信息可用于通过算法确定网络中所有节点的相对位置。另外，如果已知几个节点相对于全局坐标系的位置（例如WGS84），则可以确定所有节点相对于同一全局坐标系的位置。

基于射频的定位存在着对任何类型的射频通信产生不利影响的相同问题。这些问题中的一些是由于信道劣化造成的，这些信道甚至会影响点对点通信，而没有任何外部射频干扰源。这些包括多径衰落，信号通过环境中各种物体时的衰减，以及射频信号根本无法穿透金属的事实。这些因素对各种基于RF的位置传感器的影响已在后续小节中记录。

影响基于RF的位置传感器的其他因素与RF通信一样多，包括网络访问，网络外部实体的干扰以及恶意攻击。 当几个实体竞争使用相同的通信媒介时，网络访问总是一个问题。 如果尝试访问频道的实体过多或者要传输的数据太多，那么频道上的频道将会出现延迟，或者其中一些频道可能无法在频道上播放，转而对定位表现产生不利影响 10.4中提供的LTS T＆E场景包括几个涉及多个ELT的场景。

相当明显任何带内干扰或恶意攻击都可能会降低基于RF的位置传感器的性能.作为第一种现象的例子，考虑在超级拥挤的2,4 GHz工业，科学和医疗（ISM）频段中运行的任何基于Wi-Fi的LTS。 任何蓝牙设备，ZigBee设备，2.4 GHz无绳电话，甚至在环境中运行的微波炉都会干扰基于Wi-Fi的定位系统。正确调整RF频谱是一个关键问题。

作为恶意攻击的例子，一些恶意节点可能假装成锚节点。 这肯定会影响任何基于RF的LTS的性能。 本文档未尝试识别所有此类可能的恶意攻击，并且不包含任何T＆E场景，这些场景可用于衡量受此类攻击测试的LTS的弹性。

RSS

使用从一个或多个RF发射机接收的信号的强度来估计ELT的位置有两种主要方式。

更简单但不太精确的方法是使用近似射频路径损耗来将RSS映射到距离，例如路径损耗公式



其中，，d和α分别表示发射功率，接收功率（即RSS），发射机和接收机之间的距离以及路径损耗系数。 在自由空间射频传播中为2，在建筑物和结构内部大于2，在走廊或隧道中像波导一样小于2。α可以高达6-7，这取决建筑材料不同，墙里面的容纳材料，以及墙壁的密度/厚度。注意，除了自由空间的情况外，在上述路径损耗公式中使用α的平均值。显然，计算时为了估计d需要知道PT。该公式依赖于建筑物的布局以及发射机和接收机之间存在着的路径。因此，计算出的距离可能会有较大的错误。在一个极端情况下的发射器和接收器可能在走廊里处于彼此的LOS中。其他极端情况下，两者之间可能存在多处墙壁和他障碍物，而不仅仅是直线

连接它们，但也可以在任何反射路径上。可以通过称为三边测量的算法来估计ELT的位置，其中使用从ELT到3（在2D空间中）非共线或4（在3D空间中）非共面锚节点的范围估计。使用最小二乘法优化算法来估计ELT的位置，当估计超过3或4个锚节点时，定位过度的问题会受限。

该方法的局部性能是范围估计误差方差的递减函数。在更复杂的异构环境中，如具有不均匀平面图的建筑物内容纳具有极大不同射频衰减特性的物体，误差变化更大。

另一种基于RSS信息的定位方法是使用RF指纹识别，在Wi-Fi系统的情况下在5.3.1中进行了描述。射频指纹是一个普遍的概念，但是由于Wi-Fi AP的普及，在大多数情况下，Wi-Fi用于此目的。与将RSS信息映射到距离估计值和使用三边测量相比，RF指纹技术能够产生更好的定位性能。然而，由于建筑平面图的变化，射频指纹往往会随着时间的推移而变得陈旧(比如敲掉现有的墙壁或竖立新的墙壁)，只需移动建筑物周围的大型设备，移除一些锚节点/Ap，或者安置新的。 不可否认，衡量由于平面图的变化甚至移动大量设备而引起的定位精度是不切实际的。

上述两种系统的Wi-Fi版本的一个共同问题是在采用10个甚至100个Wi-Fi或者1000个AP的企业环境中传输功率控制的可能使用。（在非企业环境中使用这种功能的可能性不大）。如果使用发射功率控制，则射频指纹是无用的，并且不能使用路径损耗公式，除非每个RSS测量值都伴随着发射功率在测量RSS时，可能存储在AP发送的分组的报头中。 在这种情况下，通过检查RSS可以有效地衡量路径损失。 这也将解决在系统使用路径损耗公式和三边测量的情况下的相应问题。

在上述两个基于RSS的LTS中，锚节点发射RF信号，并且ELT从它们中的每一个测量RSS。 在这些系统的另一个变体中，ELT传送RF信号，并且每个锚节点测量来自ELT的RSS。

近邻法定位

在其最简单的形式中，当ELT“听到”由锚节点发送的RF信号时，RF锚节点的位置被当作ELT的位置的估计，反之亦然。“听到”意味着能够接收来自发送实体的数据分组并且从而能够知道其身份。“听到”也意味着在传输实体附近或邻近传输实体，即使这个声明需要验证。 如果两者之间的传输介质像波导一样起作用，则RF收发器可能能够从远处听到射频传输信号，两个实体在走廊或隧道中彼此处于LOS状态，情况就会如此。

更一般地，ELT可以听到由几个锚节点发送的RF信号，或者几个锚节点可以听到ELT发送的RF信号。在任何一种情况下，可以通过组合锚节点的位置的某种方式来估计ELT的位置。最简单的方法是平均值，它与锚节点的质心相同。更复杂的替代方案是锚节点的位置与不同锚节点的权重不相等的线性组合。 例如，权重可以由RSS确定，但这实际上是一个基于RSS的LTS，这在B.2.2中有所描述。

尽管基于邻近的定位原则上可以采用任何无线通信标准，但RFID是这类系统中使用最广泛的选择。直接和反向RFID定位分别在5.2.1和5.1.1中描述。阅读RFID标签通常比阅读无源标签容易。当标签安装在金属墙壁或物体上时，读取无源标签变得更加困难。

基于RFID的定位存在的另一个潜在问题是RFID标签是否可以从太远读取。如果LTS配置不当，安装在露天剧场类型建筑物中的所有RFID读取器都可以读取连接到ELT的标签，而不管ELT在露天剧场中的位置如何，转定位精度就会变得非常差。

TOA

如果锚节点发射射频信号的时间和在ELT(紧急定位发射器)的TOA是已知的，那么TOF就是两者之间的差值。如果假定RF信号的传播速度与光速相同，则TOF可用于估计ELT和锚节点之间的距离。这个过程叫做RF测距。正如在前面讨论过的情况一样本附件中，锚节点和ELT的作用可以互换。也就是说，ETL可以是发射机和接收机的锚节点。

定位是通过使用范围估计到至少3到4个锚节点来完成的。本条款的其余部分重点介绍射频测距，这是实现这种定位的关键因素。

影响射频测距性能的因素有以下几个因素：

(1)测量TOA的准确度（测量射频信号传输的时间相当简单）;

(2)发送和接收实体的时钟同步的准确性;

(3)TOA对应于两个实体之间的是否为直接路径（直线）;

(4)当信号从发射机传播到接收机时，RF传播速度与光速的误差。

使用适当的信号处理算法，如果发射的RF信号的带宽和信噪比足够大，则可以精确地测量TOA。UWB(超宽频系统)系统对射频测距特别有效，因为它们符合第一个要求。

RF(射频)系统中的时间同步是一个相当成熟的领域。发射机和接收机的同步是测试系统的一个技术特点。我们不可能设计出一个测试场景来让同步算法变得更好。另一种可能是使用一种双向的协议，它可以减少时间同步的需求。在这种测距协议中，一个节点传输射频信号，并记录精确的传输时间。 第二个节点在接收到RF信号固定延迟后将RF信号发送回第一个节点。第一个节点接收第二个信号，并记录接收时间。此时间与此节点传输第一个信号的时间之差是TOF的两倍加上第二个节点所使用的固定延迟。

能够检测到第一个到达的射频信号是TOA/TOF算法的致命弱点。当射频信号在室内环境中传输时，有许多多路径的射频传播，许多信号的复制，不同的延迟、振幅和相位到达接收节点。如果第一个到达的振幅低于背景噪音水平，那么检测第一个到达，通常与从发射机到接收机的直接路径的射频传播相对应。如果在直线路径上有太多的路径损失，这就发生在NLOS中或者是发射机和接收机距离太远的时候。因此，射频测距系统应该在有一些金属墙壁的建筑物中进行测试，或者在墙壁上有大量的建筑材料，又或者在建筑物中放置一些严重地减弱射频信号的传播的物体在测试。注意，射频信号根本不能穿透金属。因此，如果在直接路径上有一个金属对象，那么测距系统将错误地声明反射路径的长度作为范围。

RF(射频信号)以光速在自由空间中传播。当RF(射频信号)必须穿过墙壁或其他物体时，传播速度将小于光速，这取决于信号必须穿透的材料。因此，当它被TOF和光速的乘积估计时总有一些过高估计。在一幢由不同建筑材料制成的建筑中，可能包括一些金属墙，测试一个带有射频测距部件的LTS是一个好的方法。

TDOA

考虑到ELT会传输宽带或UWB射频信号和两个锚点的情况;根据定义确定其位置，接收该信号并记录接收时间。如果锚节点的时钟是同步的，那么可以计算TDOA。如果进一步假设射频信号以恒定的光速传播(当信号通过物体传播时我们知道假设是不正确的)那么我们就可以计算出从ELT到锚节点之间的距离。如果已知的平面和锚点都是已知的，例如，如果已知这三个都在一个建筑物的某一层上，那么它的位置就会在双曲线的一条线上。如果这个平面还不清楚位置，也就是说，当我们在寻找一种可以在三维空间中任意位置的电子产品时，它的位置就在两张双曲面的双曲面上。

另外，两个锚点可以同时传输它们的宽带或UWB射频信号，而它可以记录接收这两个信号并计算TDOA的时间。它隐式地假设锚节点是同步的，因为它们必须同时传输它们的射频信号。这种变异可能更难实现，因为它必须探测到两种信号，这种信号可能会在几纳秒内到达。注意，由于室内环境中严重的多路径传播，很难只检测到一个信号。

在二维定位中，即当ELT和锚节点位于同一平面时，两个TDOAs的信息将会唯一确定ELT的位置。也就是说，所有需要的是，ELT射频信号需要被三个非共线锚节点接收。在三维定位中，需要三个TDOAs，才能确定其位置。过程中涉及的四个锚节点不应该是共平面的。通过使用多个TDOA信息来确定位置的过程称多点定位。

发现第一个到达的ELT射频信号和信号通过不同的材料导致的射频传播速度的变化，射频多点定位和TDOA与RF TOA都存在这样的两个问题，这很正常。这两项都在2.4有讨论过。此外，锚节点间的时间同步对于多点定位和TDOA技术的成功是非常重要的。但是回想一下，使用TOA的双向测距协议不需要时间同步。

AOA

假设一个锚节点通过全向天线来传输窄带射频信号，而一个装有天线阵列的ELT接收这个信号。AOA技术通常基于测量天线阵列不同阵元接收到的信号相位差。这种机制称为到达相位差(PDOA)。这种技术需要相干相位检测，这意味着天线阵元需要在相位和时钟频率上完美地同步。天线阵列可以是线性的，也可以是圆形的，这取决于天线阵元是沿着直线还是圆形排列的。

在其最简单的形式中，两个天线阵元就足以估计基于本地参考方向的信号到达ELT的入射角。如果ELT能够检测到其相对于某一参考系的方位，那么它就可以估计相对于同一参照系的接收信号的入射角度，如磁北。通过估计从两个锚节点接收到的信号的入射角，ELT就可以估计它的二维位置，除非ELT与锚节点共线。通常地，ELT会在两个有向线的交叉点上，每个有向线分别来自一个锚点的延伸。在三维位置估计中，需要两个角度来确定射频信号到达的方向。这意味着需要使用两个独立的天线阵列。或者，可以以使用一些安装在球面上的天线阵元，也就是天线球。

如果ELT不能估计它的方位，它仍然可以通过至少从三个非共线锚点接收到的信号的AOA差异来估计它在二维位置，此时它在三个不同圆的拱形交点处。请注意，当一个ELT与两个锚点连线的角θ范围在0<θ<π时，ELT位于穿过锚点的两个圆的拱上，并以2（π-θ）为角度测量。这两个圆是对连接两个锚点连线的相互反映。

另外，可以调换锚点和ELT的角色。也就是说，可以用具有全向天线的ELT发射窄带射频信号，让装有天线阵列的锚节点接收，并进行AOA估计。如果接收机不在发射机的视距范围中，那么很可能到达接收机的多径反射信号比直接路径上的信号更强。AOA算法将最强到达信号的入射角作为发射机的方向，而不是真正的发射机方向。因此，使用AOA估计LTS的位置应该在多径射频传播环境中进行足够多的测试。

最后，还可以使用宽带或超宽频射频信号来进行AOA估计。再一次，接收机将配备天线阵列，但角度估计是基于射频信号T不同天线阵元的TDOA，而不是PDOA。从某种意义上说，这是一种结合了TOA/AOA或TDOA/AOA的技术，这种技术比任何使用单一技术的系统都要强健。

泛在无线信号

当来自后者的信号弱或完全不可用时，这类位置传感器提供了一个替代GNSS的方法，例如在建筑物内部的深处。这种定位的另一个原因是，GPS/GNSS容易受到干扰和欺骗。可用于定位的信号包括数字音频/视频广播信号、模拟电视、AM广播、调频广播和蜂窝基站。技术,可用于定位包括TOA、辐射源、细胞ID {蜂窝基站传输信号的标识符),RSS、载波相位,和估计速率的变化范围。所以,为了能够进行任何的定位，了解这些信号传输的位置是非常重要的。

基于泛在无线信号定位方法的性能受信号的时间信息、信号发射机的数量和位置以及地理位置的准确性影响。然而，也有一些泛在无线信号定位的LTSs，它们不需要在信号中嵌入精确的时间信息。只对传输器的地形、数量和位置的依赖，这就意味着仅仅挑选几栋用于LTS测试的建筑是不够的，必须要认识到其他因素。因此，这些因素可以认为这些位置传感器超出了本文档的范围。

距离/伪距测量

伪距的概念用于GNSS的情境中。 GNSS接收机通过TOF乘以光速来估计GNSS卫星和其之间的距离。TOF是通过从信号到达GNSS接收机的时刻减去GNSS卫星发送信号的时刻所得出的。GNSS接收器时钟采用石英振荡器，精度最高可达百万分之一（ppm）。这表示时钟在两周内仅会漂移超过1~2秒。不管本地时钟多久校正一次，通过上述过程计算的距离总会有误差。但是，在计算多颗GNSS卫星到GNSS接收机的距离时，接收机的时间漂移是相同的。这些具有相同误差的距离被称为伪距。如果GNSS接收机所在的位置，可以接收至少四个GNSS接收机发送的信号，那么它不仅可以估计其到卫星的距离，而且可以精确估计它的时钟漂移，从而能够计算出它在地球表面的位置。

GPS/GNSS

B.3介绍了GNSS的工作原理。GNSS由三部分组成：

——空间段，主要是卫星星座

——控制段，包括至少一个主控站及其相关的监控和数据上行链路站

——用户段，即GNSS接收机和使用GNSS信号的其他系统

每个部分都会引入影响GNSS性能的误差。与空间段相关的误差包括两类。第一类误差是卫星本身产生的定位误差。由于到太阳和月球引力、地球的椭圆几何形状及太阳辐射压力影响，卫星轨道会产生扰动。第二类误差是由于每颗卫星上时钟的漂移和噪声而引起的。尽管卫星上的时钟是原子钟，但仍然会随时间产生漂移。漂移和噪声可作为导航电文的一部分进行建模并播发出来，但依旧会有残差存在。

与控制段相关的误差表现在每个卫星发送的导航数据消息的内容中。一些误差是由于传输误差引起的，还有一些误差是由于基于不完善的模型发送信息引起的。控制段的误差可以分为三类。第一类是星历预测误差，这种误差可以妨碍GNSS接收机跟踪任何给定的GNSS卫星，因为卫星不在接收机计算的位置上。第二类是导航数据误差，这类误差可能存在于从控制段到空间段卫星的、每天两次的导航电文上载中。最后，第三类是电离层预测误差，这取决于导航电文中电离层模型的精确程度。如果控制中心选择应用了错误的因子，GNSS接收机的电离层延迟可能会降低多达50％。电离层延迟与太阳发出的自由电子数成正比。卫星在天顶时的延迟小于卫星在地平线附近时的延迟，且延迟和信号频率有关。如果不进行修正，这将是最大的误差源。

当GNSS信号从距离GNSS接收机20000-25000公里的轨道播发过来时，信号强度非常弱，可以低至-160 dBW。用户段误差源自接收机本身，包括对电离层和对流层延迟的不正确补偿，以及设计中的噪音等基本设计缺陷和通道间偏差、多径消除和整合问题等因素。对流层造成信号传播延迟可根据温度和湿度量进行校正。除了GNSS卫星到接收机的视距，还存在从建筑物和其他物体反射过来的路径，这将导致信号到达时间的扩大，从而降低了精度。

另一个因素是GNSS接收机视距范围内的卫星组成的几何形状。如果这些卫星是（相对）聚集在一起，那么我们会得到差的几何形状和大的三边测量误差。相反的，如果卫星相隔很远，那么我们会得到良好的几何形状和较低的三边测量误差。采用几何精度因子（GDOP）衡量这种现象的影响，其定义为计算位置的误差与基本GNSS测量数据中的误差的比值。

本标准的核心是LTS测试，而不是对如GNSS等LTS的单个组成部分的测试。因此，本标准不提供上述所有现象的测试程序。从LTS测试的角度来看，如果ELT配备了GNSS接收器，则需要确保在建筑物内远离窗户或顶层的区域开展大量测试，在这些区域存在因为建筑材料特性导致GNSS信号穿透进来的可能。

差分GNSS

一种常用的改进GNSS性能的技术是差分GNSS，它包含一个或多个的基准站和若干流动站。基准站由一个GNSS接收机组成，其所在的固定位置坐标通过传统测量技术进行高精度的测量。每个基准站采用两种方法确定视野中的GNSS卫星的距离：

——使用所接收的GNSS信号，三边测量和GNSS接收机所执行的其他计算

——使用基准站的精确已知位置，和从已知的轨道星历表和卫星时间确定卫星的位置。

基准站比较计算的距离。距离之间的差异可归因于卫星星历误差和时钟误差，但主要误差是与大气延迟相关的误差。基站将这些误差发送给其他接收机（流动站），这些接收机及将误差改正引入其位置计算中。请注意，如果流动站有来自多个基准站的GNSS误差数据，它可以使用这些误差的平均值。

如果要实时应用误差改正，则必须在基准站和流动站之间建立数据链路，同时保证基准站和流动站的视野中存在至少四颗GNSS卫星。流动站位置九三的绝对精度取决于基准站位置的绝对精度。

由于GNSS卫星轨道高于地球，只要基准站和流动站的距离不是太远，卫星到基准站的传播路径和到流动站的传播路径上的大气条件是相似的。差分GNSS系统的工作性能在基准站和流动站的距离不到几十公里时是极佳的。请注意，对流层误差随高度而变化。最终的定位误差和非差分GNSS系统一样取决于卫星的空间几何分布。

测试配备差分GNSS接收机的ELT与测试配备非差分GNSS接收机的ELT没有不同。也就是说，ELT需要在建筑物内远离窗户和顶层的区域开展充分的测试，即使在窗户旁边或顶层区域也需进行测试。

加速度计

加速度计是一种可以测量固有或重力加速度的装置。这不一定是坐标加速度，但是加速度与加速度计装置所在参考系中的任何测试载荷所经历的重力现象有关。例如，由于重力的存在，一个静止在地球表面的加速度计的测量量为竖直向上的重力加速度（g = 9.81 m/s2）。相比之下，加速度计自由落体或静止在外太空的测量量为零。

此外，加速度计在惯性导航系统中使用。可以通过对加速度计测量值的两次积分计算线性位移（沿着一条直线的运动）。如果知道初始位置和速度，可通过第一次积分算出瞬时速度，通过第二次积分算出位移。这种方法称为航迹推算。可使用三个相互正交的加速度计测量三维空间的线性位移。请注意，如果运动的过程沿着除了一条直线的其他情况（例如曲线或分段直线），还需要陀螺仪或磁力仪等其他传感器去探测运动方向的变化，这样才可以正确的计算出传感器附着的ELT的所在位置。

考虑到航迹推算使用积分，任何加速度测量中的误差，也被称为测量噪声，都会引起随时间增长的、被称为漂移的积累误差。因此，定位误差和ELT速度估计误差都会随时间增长。因此，任何使用加速度计或陀螺仪等其他传感器的LTS都会受漂移影响，应在使用持续数十分钟的场景中进行测试。如果ELT是一个人，那么此人走路的方式，即他/她是在正常行走、跑步或者爬行，都可能影响加速度计的性能和航迹推算误差。

加速度计准确性也受到与重力模型和未对准因素的影响。加速度计种类繁多，覆盖廉价的、不准确的到高度敏感的、昂贵的。

陀螺仪

陀螺仪是一种基于角动量原理测量或保持方向的装置。陀螺仪可以用来构造陀螺罗经，可在磁力计不能工作或不够精确的情况下，在惯性导航系统中使用。

陀螺仪测量旋转或角速度的变化。如果ELT的方向在某些时间点是已知的，可通过对陀螺仪测量值的积分得到任意时刻的方向。可以使用三个陀螺仪来确定ELT的横滚、俯仰和偏航。同样的，由于涉及航迹推算和积分计算，陀螺仪会受到漂移影响，因此随着时间的推移，对ELT方向的估计会越来越不准确。

磁力计

磁力计是可以测量磁场的传感器。在个人电子设备中磁力计的最普遍应用是电子罗盘，即以地球磁场为参考确定设备的方向/航向。

当被用于个人电子设备中电子罗盘时，霍尔效应和磁阻率是磁力计最广泛使用的工作原理。霍尔效应利用在磁场影响下的电导体中产生的电势差。它们具有相对较高的稳态电流消耗，但对主体设备中金属元件的局部干扰不敏感。磁阻设备具有较低的稳态能量消耗，更敏感并且响应时间更快。但是，它们更容易受到影响，并且必须经常进行消磁，这需要消耗大量的电流。 市场上的典型产品具有小于1微秒的快速响应时间并且在经过适当校正后其结果误差小于1度。

在功能方面，磁力计可以与陀螺罗经相媲美，因为两者都可用于测量方向。在快速移动时磁力计的准确性很差，但它几乎没有随着时间推移的零漂。陀螺仪和陀螺罗经可以对方向的改变做出快速而准确地反应，但它们受漂移影响随着时间推移会积累巨大的误差。同时，它们还需要知道确切的起始方向。结合加速度计、陀螺仪和磁力计，可以快速准确地进行位置和方向估计，该结果随时间推移的漂移也较低。

磁力计误差的主要来源是IC芯片管脚、电池等内部铁氧体引起的干扰。此外，磁力计会受到主体设备附近的铁氧体影响，如金属家具、电脑设备、甚至用户使用的植入不锈钢的物体，以及包或珠宝上的磁针。

IMU

一个IMU通常由3个相互正交的加速度计和3个相互正交的陀螺仪组成。它也可能包含一个磁力计用来协助校准方向漂移。IMU测量补偿后的速度变化（dv）和角度变化（dθ）。一个IMU的误差来源于比例因子误差、每个仪器的偏差和轴的非正交性。这些误差因素都和温度有关。应对导航滤波器提供初始位置和航向。来自IMU的传感器测量值可以用来确定相对于地球重力场方位。通过使用传感器来确定地球自转的轴，高品质的IMU还可以用来确定真北（与磁北不同）方向。在这个过程中的误差来源是初始对齐偏移量和初始位置偏移量。从该点出发后，IMU通过将dv和dθ测量值带入导航方程进行计算。由于到水平通道中的负反馈（正交于重力），存在被称为舒勒循环的，以84分钟为周期循环出现的误差。垂直通道（平行于重力）具有正向反馈回路，除非它是由另一台仪器（通常是高度计）辅助的，否则会呈指数形式发散。惯性导航系统具有免收外部因素影响的特点，并且有很好的短期稳定性。但是，它具有长期的漂移特征，需要补偿或考虑设计中的考虑。方位陀螺仪的质量将提高INS的整体质量。

计步器

计步器是一种用于计量步数从而估计人的行走距离的传感器。在过去，通常采用机电解决方实现计步器，该方案利用了一个来回摆动的铅球摆。目前，现代计步器使用微电子机械系统（MEMS）惯性传感器，即通过加速度数据的软件处理来推断步数。现代计步器的计步准确度在±5％误差以内。

误差主要来源于计步器在人身体的不同佩戴位置的敏感性和人的移动速度的敏感性（缓慢步行通常明显的不准确）。 谈到估计行走距离时，误差来源于对人步长方差的敏感性。 底层MEMS惯性传感器的故障源也适用以上原则。

测斜仪

测斜仪是一种测量斜坡倾斜角度或物体在重力作用下抬高或降低角度的仪器。它也被称为倾斜仪、坡度计、梯度仪、水平仪、方位角计、俯仰和滚动指示器。 它测量抬高角度，即观察者向上看到的正斜率角，也测量降低角度，即观察者向下看到的负斜率角。 测斜仪具有不同类型，包括机械和电子测斜仪。

高度计

高度计是用于测量物体高度的传感器。它也用于航迹推算，斜率检测等。现代高度计最普遍的工作原理是压力感应。在现代个人电子设备中，压力传感器是利用能够检测所施加压力引起应变的压力表，在其上施加压阻效应而实现的。这项技术适用于测量绝对压力，真空压力和差压的传感器。典型的现代设备具有100-1000hPa的广泛测量范围，以及在理想条件下相当于0.1-0.25m垂直位移的高分辨率。

误差的主要来源是环境中的天气和人为压力波动。天气可导致气压强烈波动（最高达±40hPa），可与海拔变化混淆。由于通风系统或风从打开的窗户吹进来等人为压力波动，也会引起类似的效果。

超声波传感器

超声波传感器用于确定发射器和接收器对之间的距离，其原理是通过测量设备发射超声波脉冲的TOA或AOA，或者测量设备同时发射射频和超声波信号间的TDOA。市场上的典型解决方案可以实现几厘米的测距精度。

由于超声信号的功率密度衰减快速，该技术工作范围很短，并通常限定于视距条件下。因此，长延迟多径情况很少见，但是由于声波在硬表面和光滑表面之间反射，如窗户和大理石地板，短延迟多径情况会发生，这可能导致错误的距离估计。在利用射频信号做参考的TDOA原理测距情况下，并发射频信号的故障模式也会导致测距误差。

成像器

概述

在LTS中使用的各种类型的成像器可用以下几种方式分类：

——二维与三维成像 - 二维成像器捕获二维图像，与普通照片一样，没有任何深度信息。三维成像器捕获环境真实的三维图像。例如，可以使用扫描激光雷达或激光照相机系统来建立环境的三维模型。

——静止与运动成像 - 这就像照片和视频剪辑之间的区别。注意基于单一二维（静止）图像不能估计ELT的位置。至少需要两台相机捕获ELT的图像以进行测距。这就是所谓的立体视觉。

——视距与穿墙成像 - 在大多数成像系统中，为将物体记录在图像中，相机和被成像物体间必须存在无障碍的直线。但是，有一些成像系统可以透过墙壁和其他物体进行成像。例如红外或热成像相机可以跟踪穿透墙壁的能量或热源。另一个例子是UWB射频成像系统，它可以有效检测墙壁后面的金属物体或其他（非金属）物体。后者还可用于隐藏武器检测在内等场景。他们都可以用于定位和跟踪。

——相机放置 - 一种选择是将相机安装在人的衣服或头盔上，例如在建筑物内移动的急救人员或在由于地震或爆炸造成的结构性倒塌的结构内移动的机器人。将相机捕获的一系列二维图像或视频剪辑与先前存储的建筑物或倒塌结构相关的位置标记图像库进行比较，可以估计出人/机器人的位置。在这种情况下，通过为安装在人/机器人上的相机分配唯一标识符，为捕获图像与人/机器人间直接建立一对一的对应关系。另一种选择是在环境中安装摄像机的“网络”，以对没有佩戴相机的人或物体进行定位与跟踪。相机是联网的，它们之间可以进行通信和信息交换，这不仅有利于定位和跟踪，还有助于识别ELT。当ELT是在建筑物中移动的人或机器人时，识别工作分为两部分。第一部分是确定进入摄像机视野和离开摄像机视野的人/机器人是同一的。第二部分是确定人/机器人的身份，这必须通过对捕获的图像与各种人/机器人的图像库进行比较来实现。

对上述成像系统，场景复杂度是定位与跟踪中的常见挑战。这个道理在安装摄像头的环境中是显而易见的。如果相机正在捕捉一个房间里的人，那当在他/她的脸部被遮住时就很难识别出该兴趣目标。（也可以根据他/她的步态来识别该人。）同样，当相机安装在人/机器人上时，安装在人/机器人上的相机捕获的图像很可能与图片库中捕获存储的位置标记图像存在差异。图片库中的图像可能是在建筑物空置的时候捕获的，但安装在人/机器人上的相机捕获的图像可能对应建筑物中有许多其他人或物体的情况。

另一个难点是相机与被成像的物体/人之间的距离。这在相机放置在不同位置的场景中都存在。例如，如果安装在环境中的相机正在捕捉远处人的图像，图像或图像序列中仅有少量像素将与该人有关。。这对识别和定位都提出了挑战。

还有一个难点是流动性。 对快速移动的ELT进行识别和定位跟踪的挑战远大于对静止ELT进行识别和定位定位跟踪。同样，尽管一些相机具有减少抖动影响的相应图像处理算法，相机的晃动也会给识别和定位跟踪带来挑战。

接下来进一步研究三种不同的成像模式。

光学成像

光学成像是利用普通照相机/摄像机中的电荷耦合器件（CCD）等图像传感器捕获亮度和色度。这需要被成像人/物体在视距范围里。在该类成像中照明条件差是最常见的挑战。房间/建筑物可能本身照明不良，或者是由于火灾引起的浓雾、爆炸引起的粉尘、公用设施损坏引起的蒸汽而导致的照明条件不良。

红外成像

红外成像的应用实例是消防员在着火的建筑物内使用的热成像相机。其他应用实例包括入侵检测和军事应用。这类成像不需要被成像人/物体在相机的视距内。它的工作基础是温度差异和从人/物体辐射的热量。

红外成像可以检测到人的存在，但它不能用于确定此人的身份。

红外成像系统通常用于检测房间中的人。在一个凉爽的房间里，一个人可能是最热的温度源。但是，如果房间里有热烟或火灾，红外成像系统需要在火灾这个较热的背景下区分相对低温的人。如果在火灾情况下使用红外成像系统进行定位，红外成像系统需要有足够的分辨率和量程，以同时找到房间内最热的物体/人和相对低温的物体/人。搜寻房间内的火灾也可能导致热探测器饱和，导致为该区域提供的具体信息减少。

红外信号不能穿透玻璃窗。因此，如果一名消防员将热成像相机直接对着玻璃窗，他/她在相机中不能看到窗户内的情况，而是看到他/她自己的反射。除了玻璃，如抛光表面等其他光滑或反光材料会反射热辐射并可能对特定热源物体/人的定位提供误导信息。红外成像系统的镜头用于聚集热探测器上的红外辐射。如果系统暴露在高温环境下并且有充足热能可以穿过系统外壳到达热探测器，图像可能会损坏且不能代表镜头的视野。

急救人员穿戴的防护装备可能会损害他们辐射的热信号。消防队员佩戴个人防护设备使他们在火灾中避免热暴露。难以使用热成像仪对封装在防护装备中的消防员进行检测，因为防护装置不仅可以防止热辐射到达消防员，还可以防止消防员的热辐射到达热成像仪。

激光雷达

激光雷达利用遥感技术，通过用激光照射目标并分析反射光来测量距离。它可用于生成高程地图等高分辨率三维地图或对物体进行三维建模。激光雷达使用紫外光（UV），可见光或近红外光对物体进行成像。为适应不同目标，波长可在10μm到紫外光（约250 nm）间变化。激光雷达可适用于各种材料，包括非金属物体，岩石，雨水，化合物，气溶胶，云，甚至单个分子。窄波束的激光雷达可以非常高的分辨率映射物体。

一般来说，有两种类型的激光雷达探测方案：（i）“非相干”或直接能量检测，这主要是幅度测量，（ii）相干检测，对于多普勒和相敏测量是最好的。在相干和非相干激光雷达中，有两种类型的脉冲模型：（a）微脉冲激光雷达系统，该系统在激光器中使用很少的能量，典型值大约在1μJ,这通常是对人眼安全的，（b）高能量系统，该系统用于大气研究。使用扫描和非扫描激光雷达都可以实现三维成像。

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_