



第六章 GNSS工作原理

中国民航飞行学院飞行技术学院

张光明 副教授

2009年12月29日



RNAV系统

- A/C位置



GNSS

DME DME

VOR DME

INS/IRS



主要的RNAV导航传感器

- GNSS

- 3D或4D位置
 - 时间+2D或3D定位

- DME/DME

- 2D位置
 - 比GNSS精度低
- 气压高度表测量作为第三维：高/高度

- VOR/DME

- 2D位置
 - 精度低于GNSS，使用受限
- 气压高度表测量作为第三维：高/高度



主要的RNAV导航传感器

- 惯性导航（INS）

- 该导航传感器提供2D位置
- 需要初始化和位置更新（补偿INS漂移）
 - INS使用时间，取决于飞行阶段和INS质量（海洋导航上是几个小时，进近中是几分钟）
- 经常与GNSS和DME/DME混合使用



INS/IRS

- INS: 惯性导航系统
- IRS: 惯性参考系统
- 参考初始位置, 提供航空器的位置
- 利用加速度计测量结果, 计算水平速度
- 通过集成运算
 - 加速度=>地速=>位置/初始位置



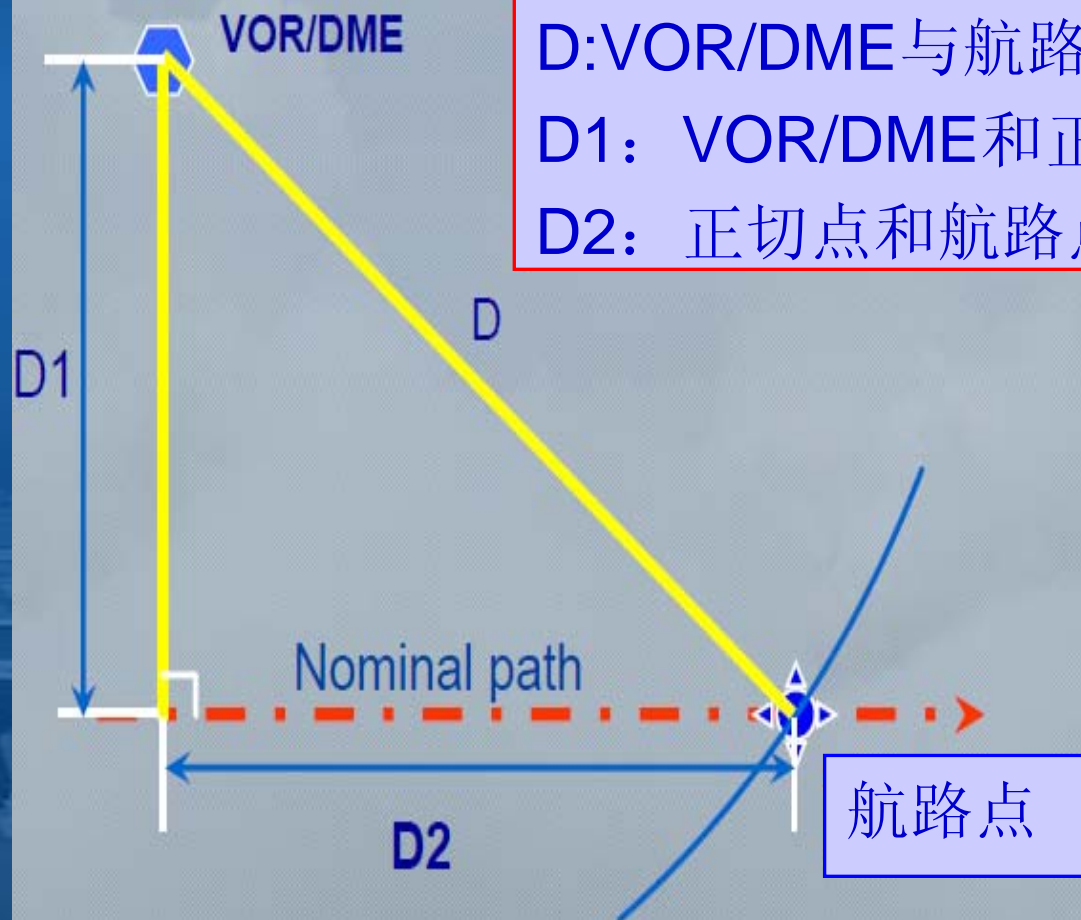
INS/IRS

- **INS:** 装备在一个在飞行过程中始终保持水平的平台（物理平台）上（使用陀螺仪）
 - 为水平导航提供数据
- **IRS:** 平台与航空器结构集成在一起，通过计算，产生保持水平的虚拟平台（使用陀螺仪信息，观测俯仰变化）
 - 为水平导航和垂直导航提供数据（垂直加速度）



VOR/DME RNAV定义

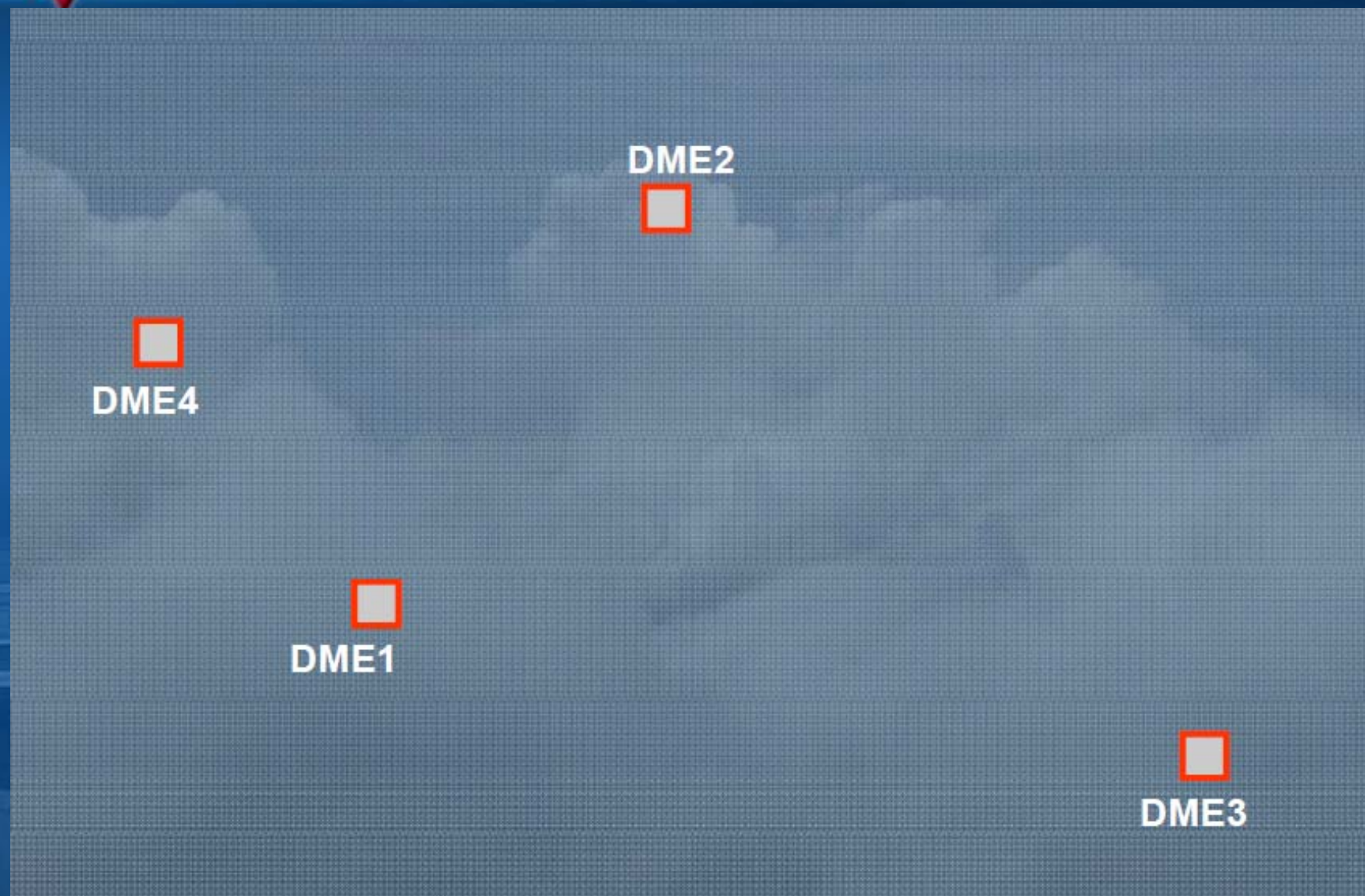
参考站VOR/DME



D: VOR/DME与航路点之间的距离
D1: VOR/DME和正切点之间的距离
D2: 正切点和航路点之间的距离

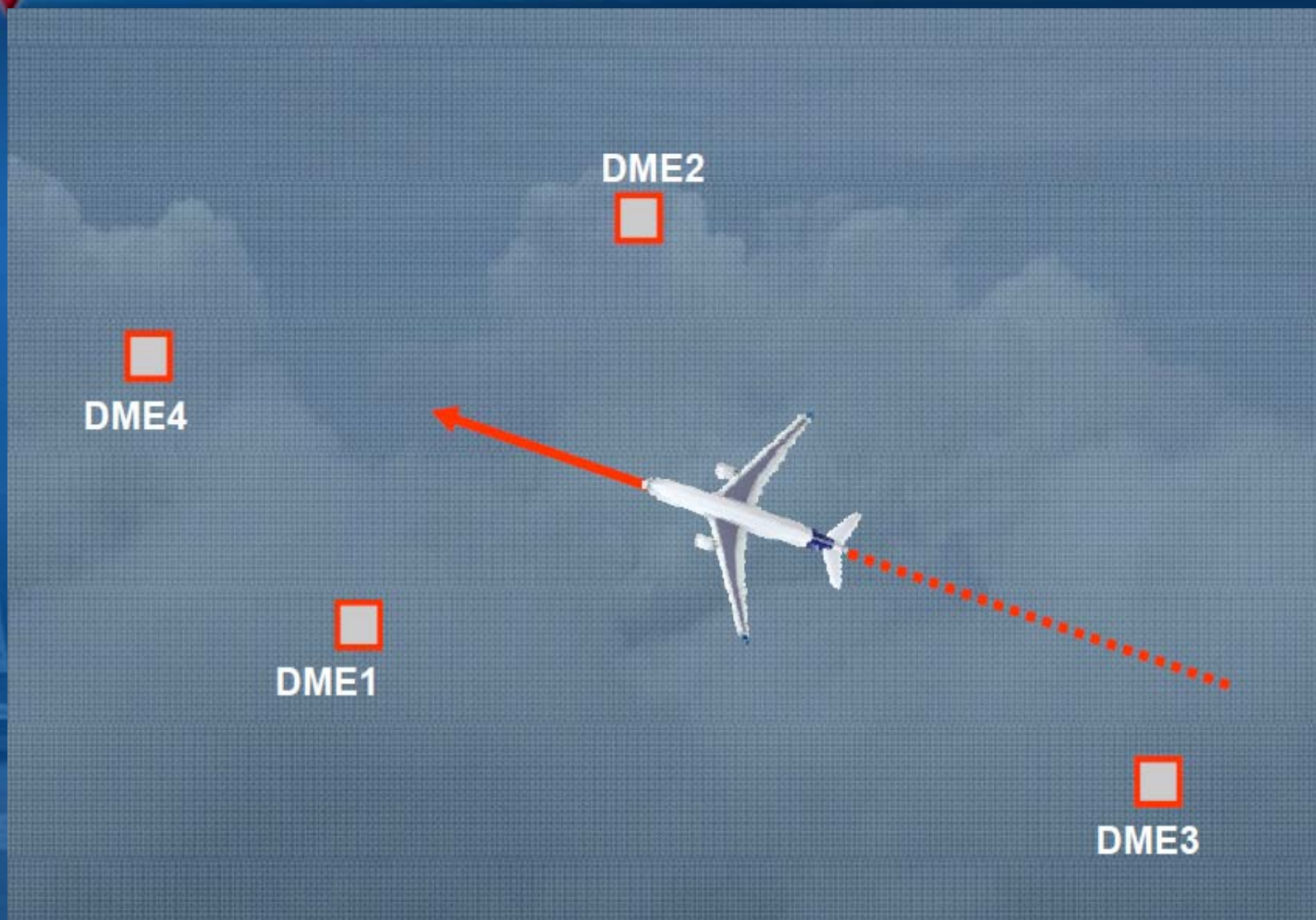


DME/DME 定位





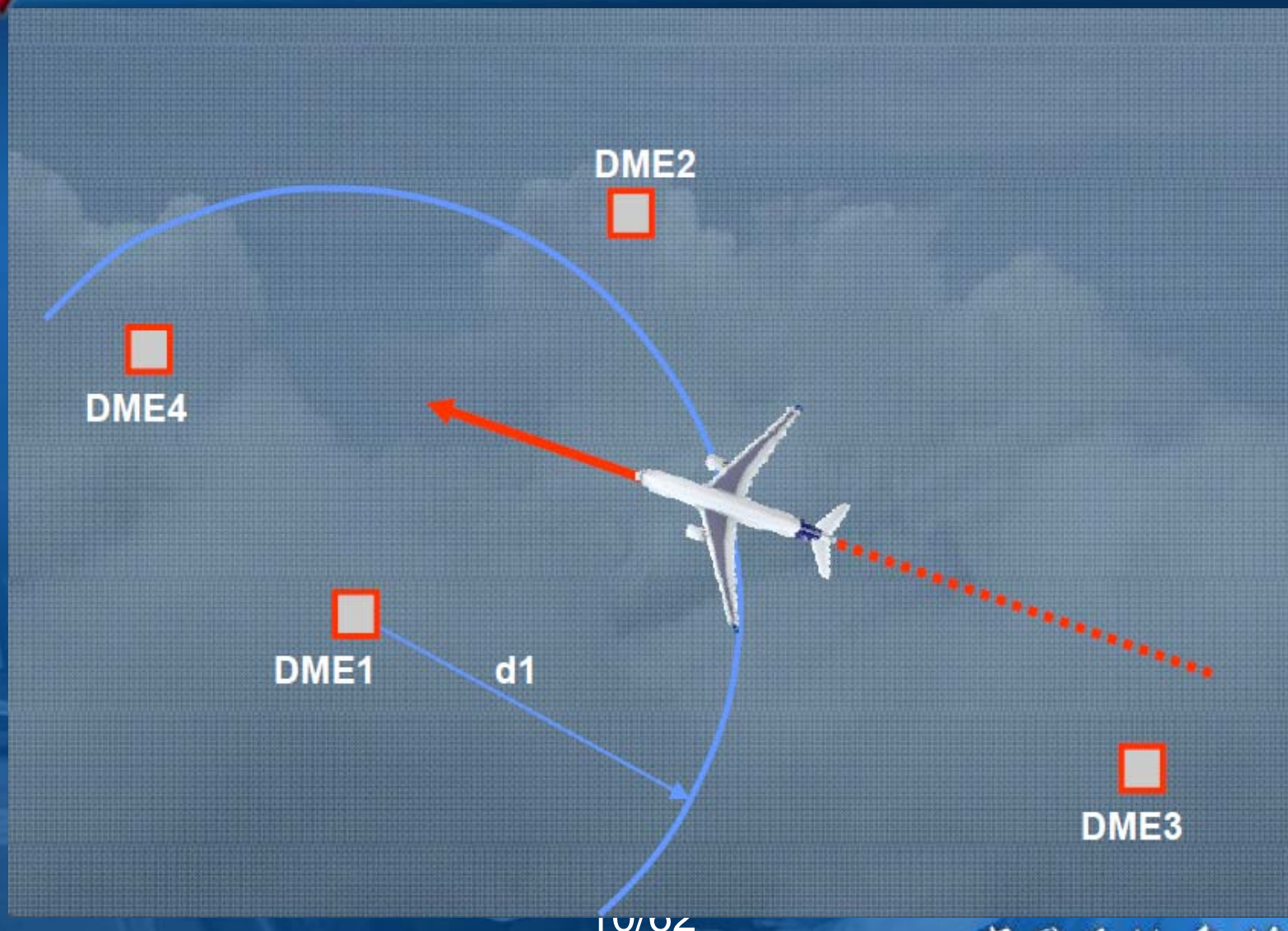
DME/DME 定位



5/02

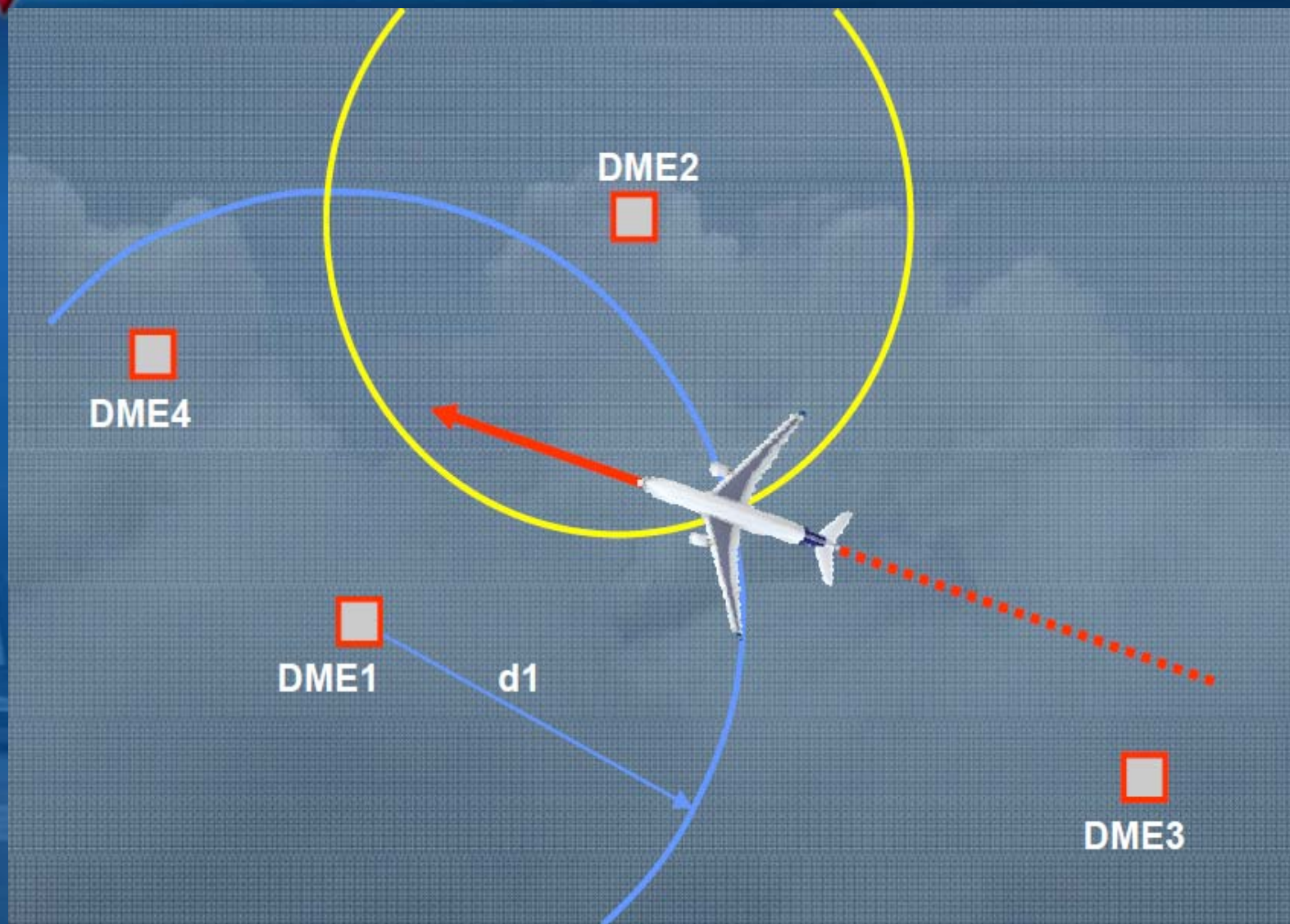


DME/DME 定位



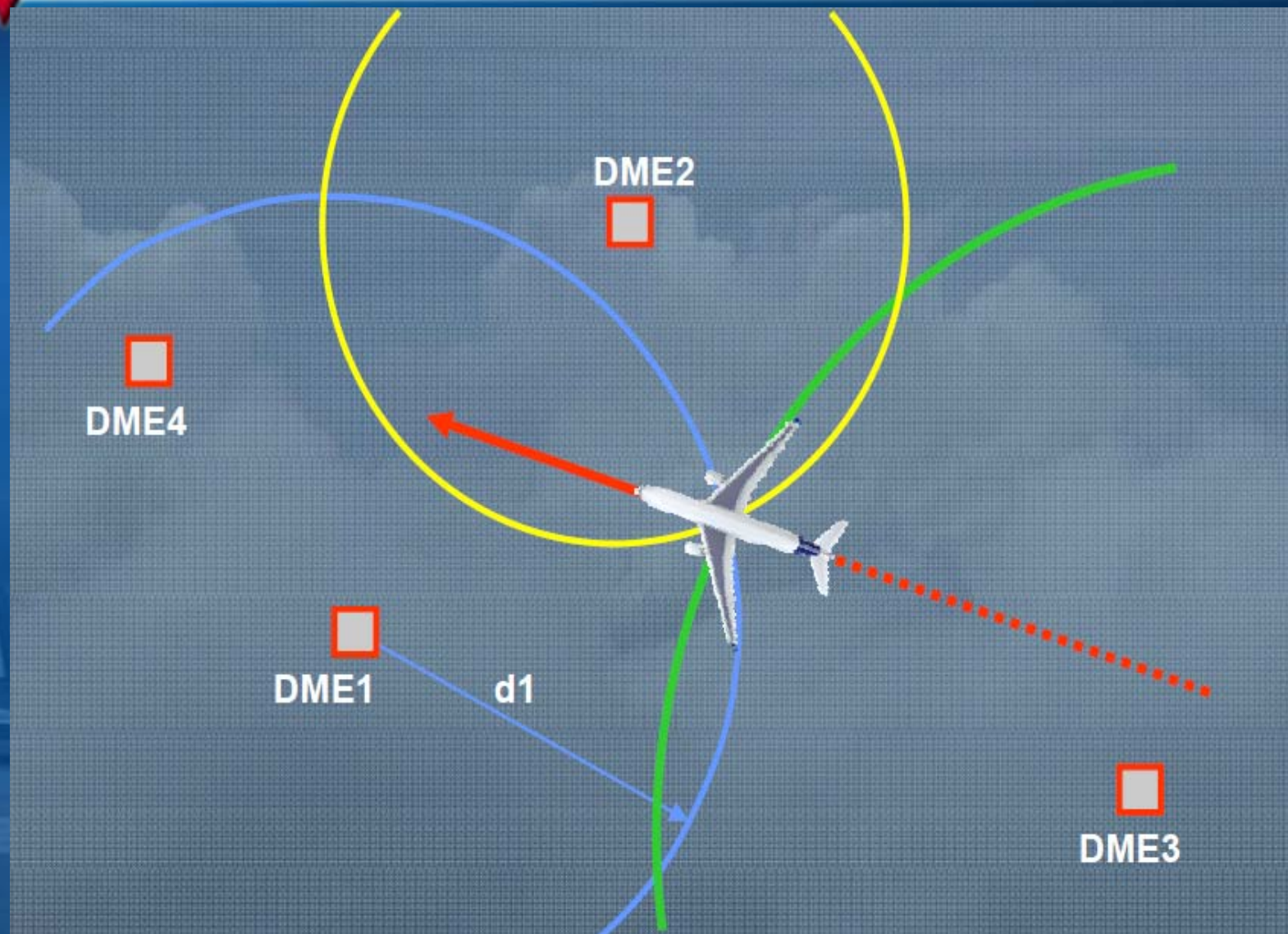


DME/DME 定位





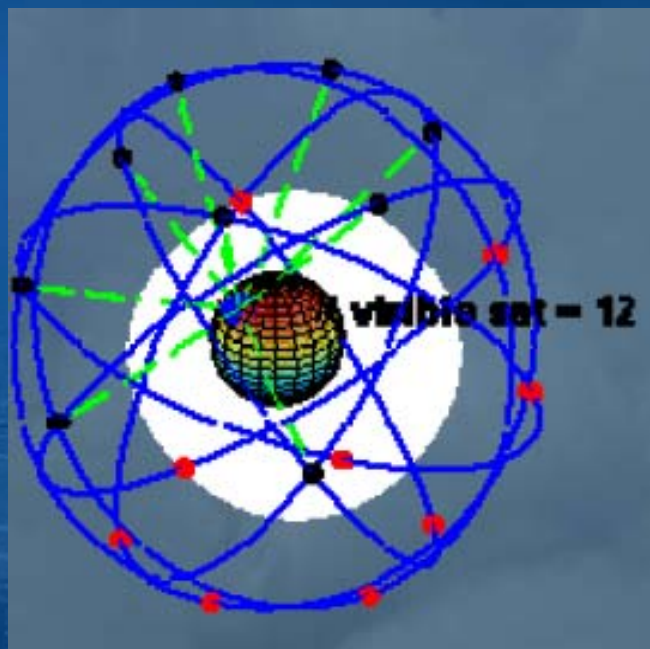
DME/DME 定位



RNAV GNSS: GPS (全球定位系统)

- 拥有24颗卫星的卫星星座

- 在WGS84中计算位置



- 全球覆盖

- 精度10米

- 数据库导航

- 市场GPS接收机价格便宜



导航电文

- 每个卫星都将永久的发送一个导航电文，包括：
 - 识别码（PRN码）
 - 位置（卫星的空间轨道位置）
 - 时间(GPST)
 - 健康状况
 - 其他





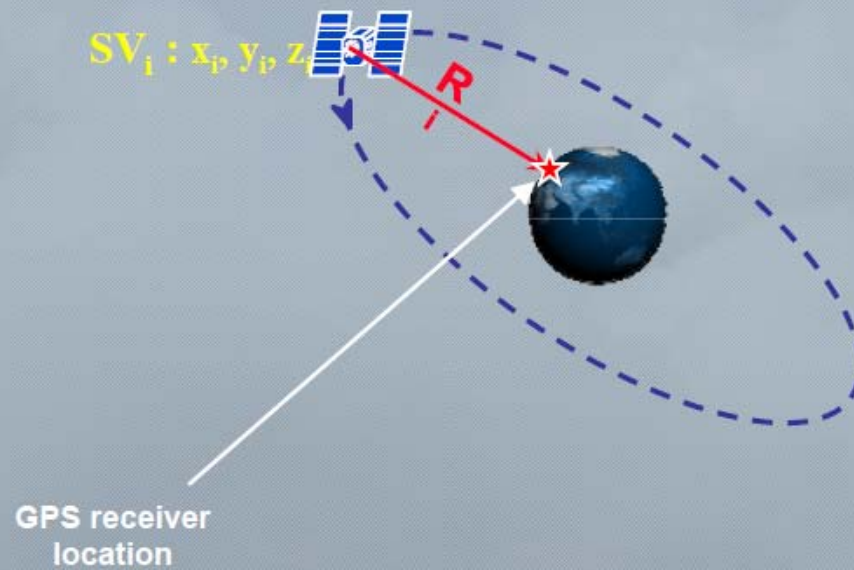
GPS receiver
location

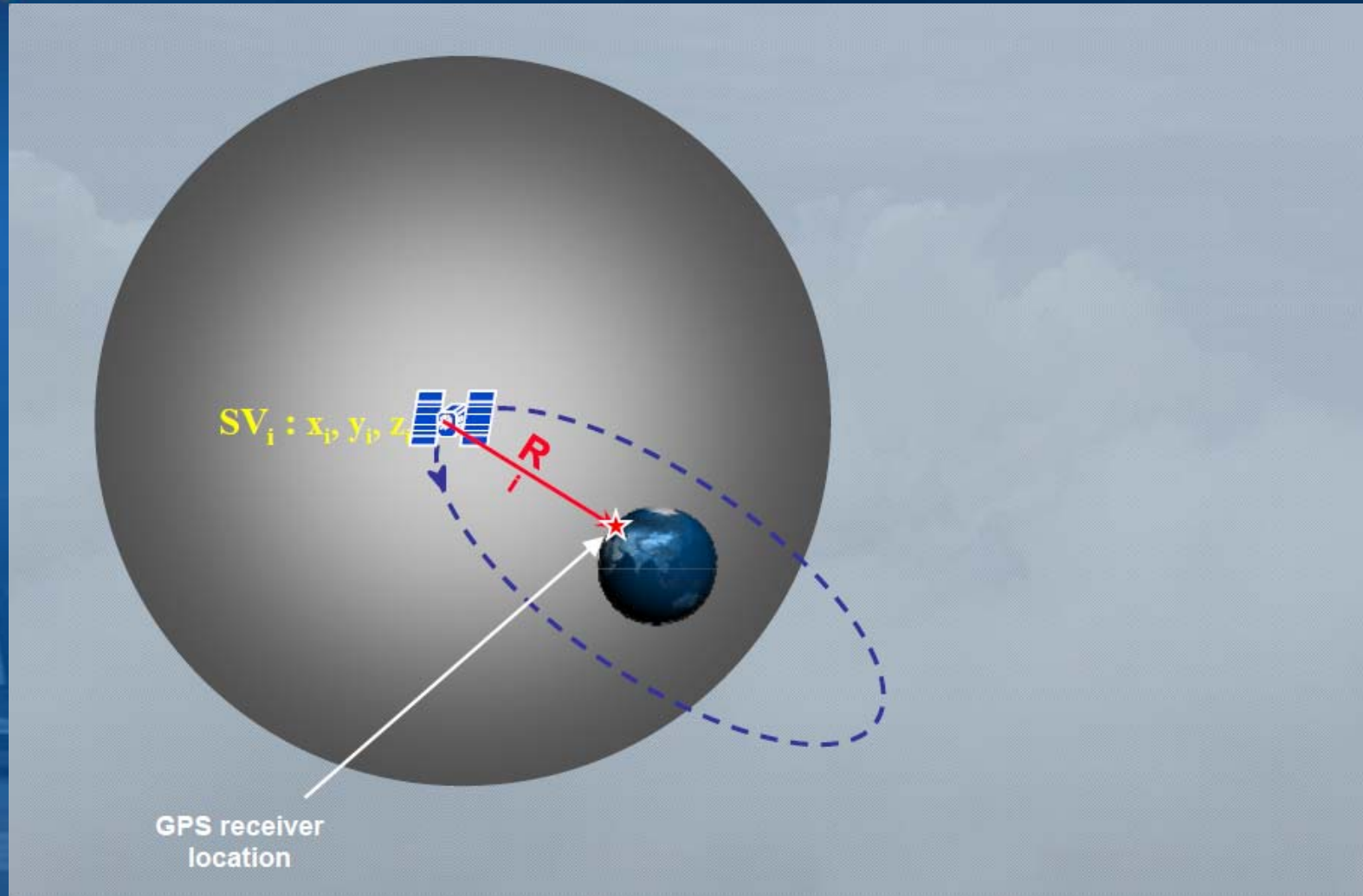
$SV_i : x_i, y_i, z_i$

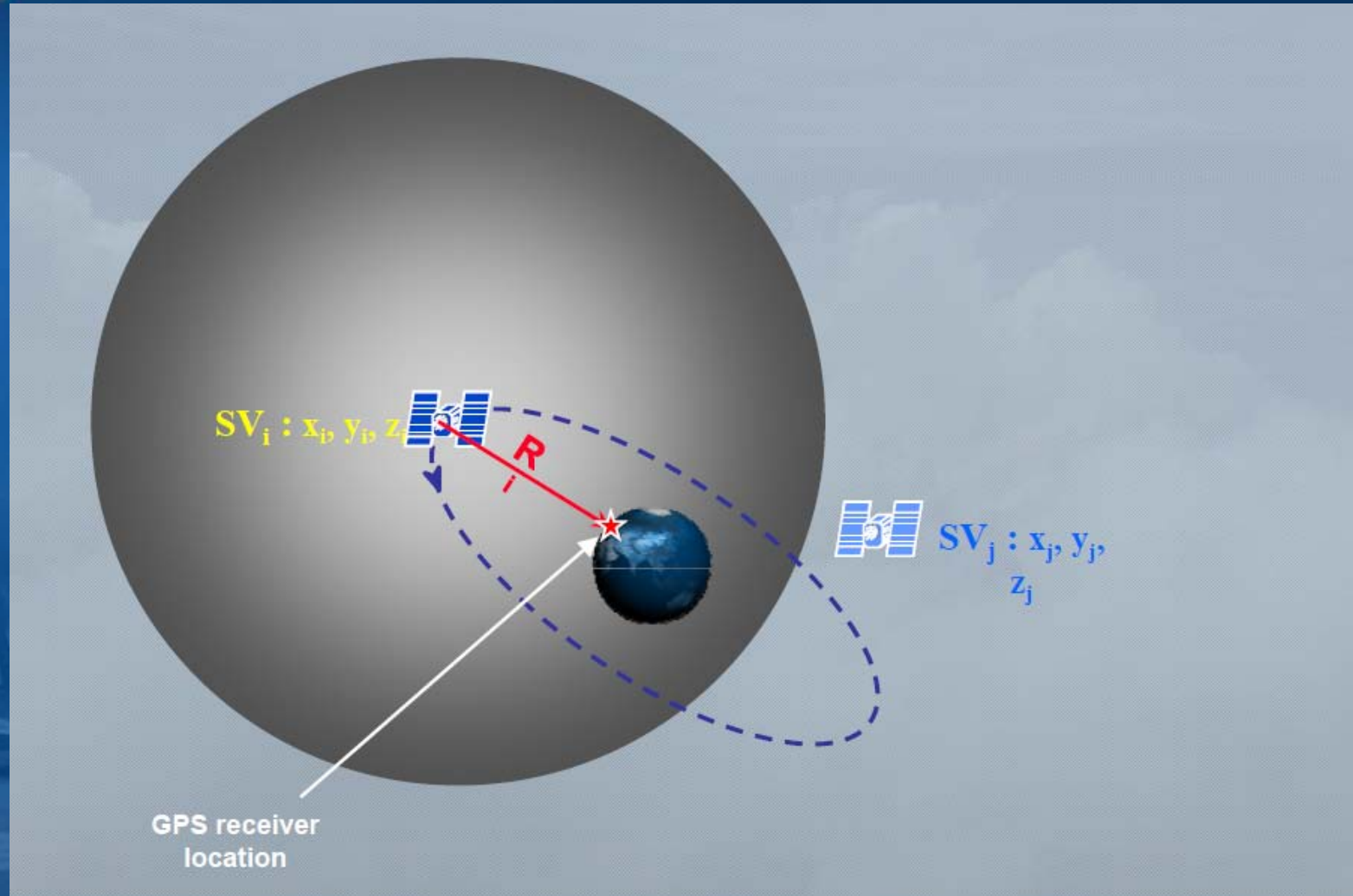


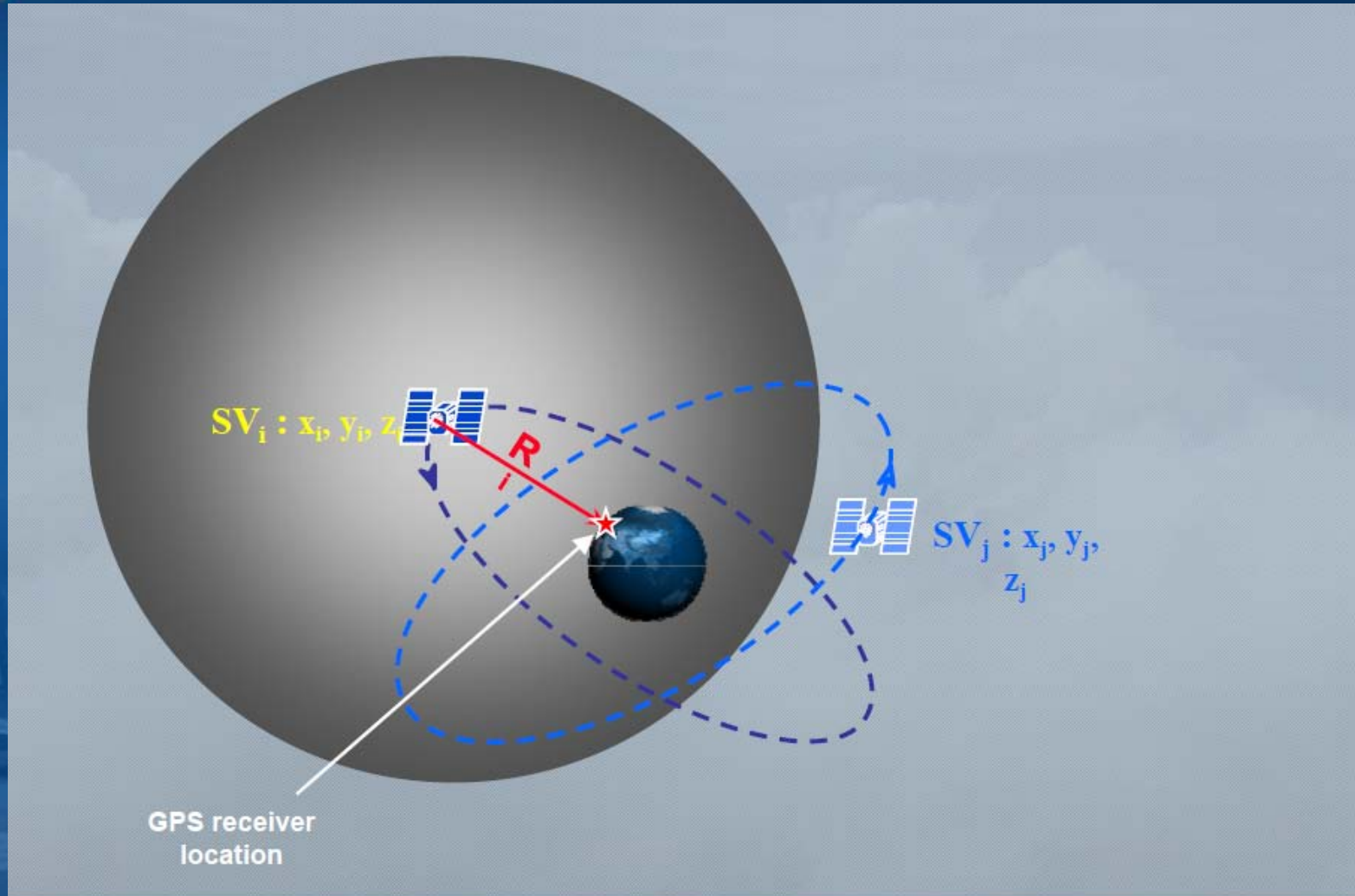
GPS receiver
location

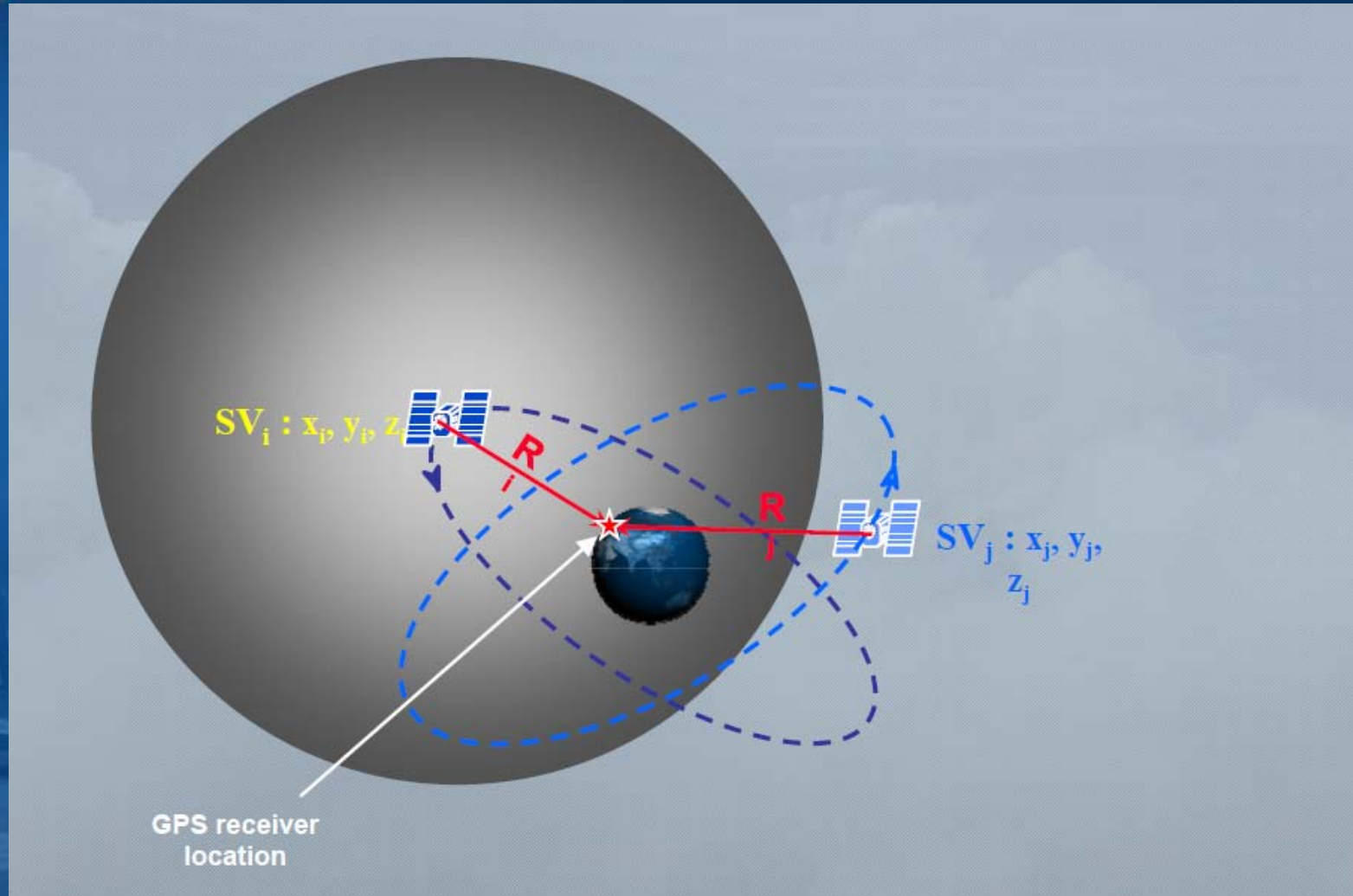


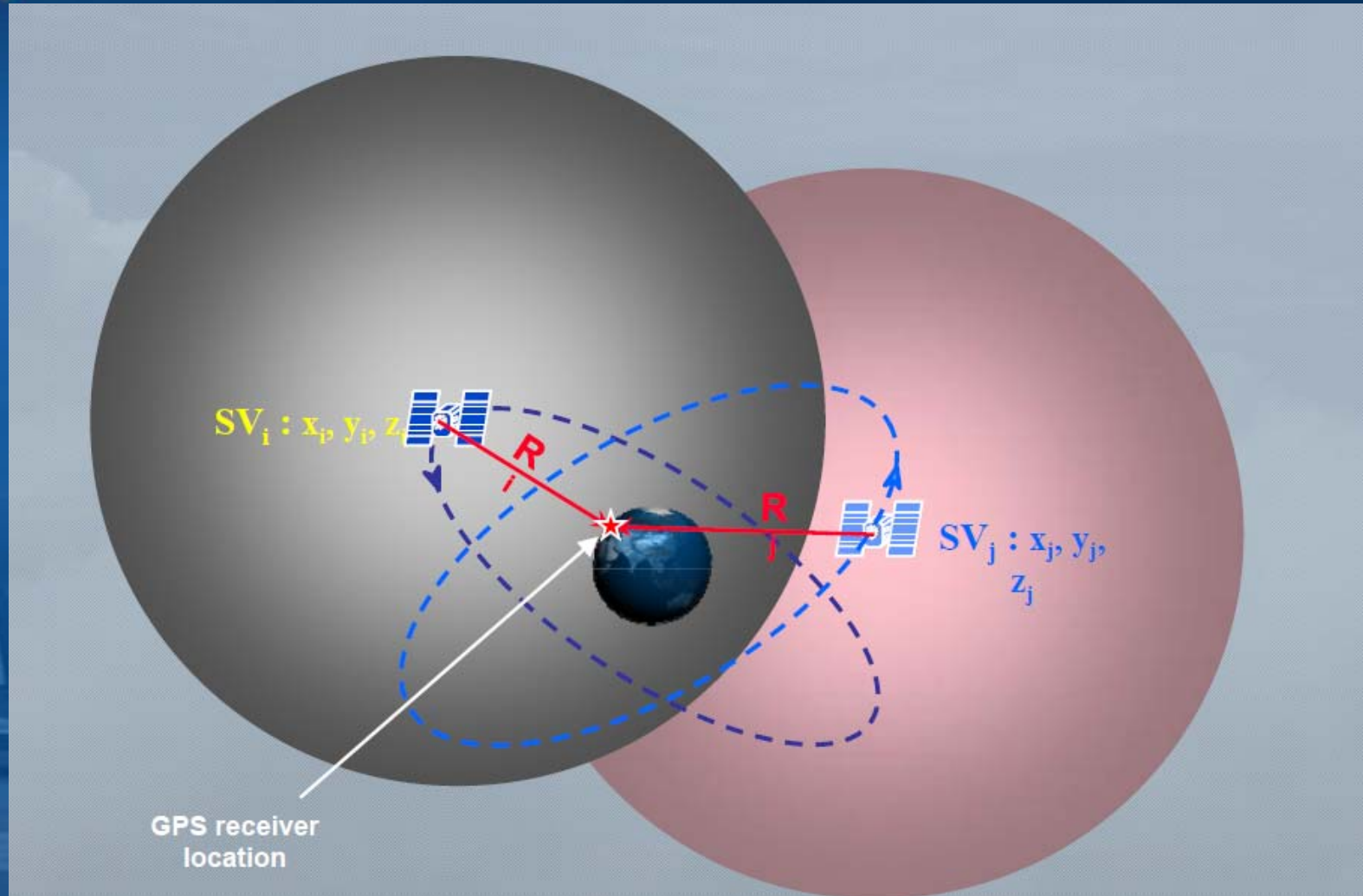


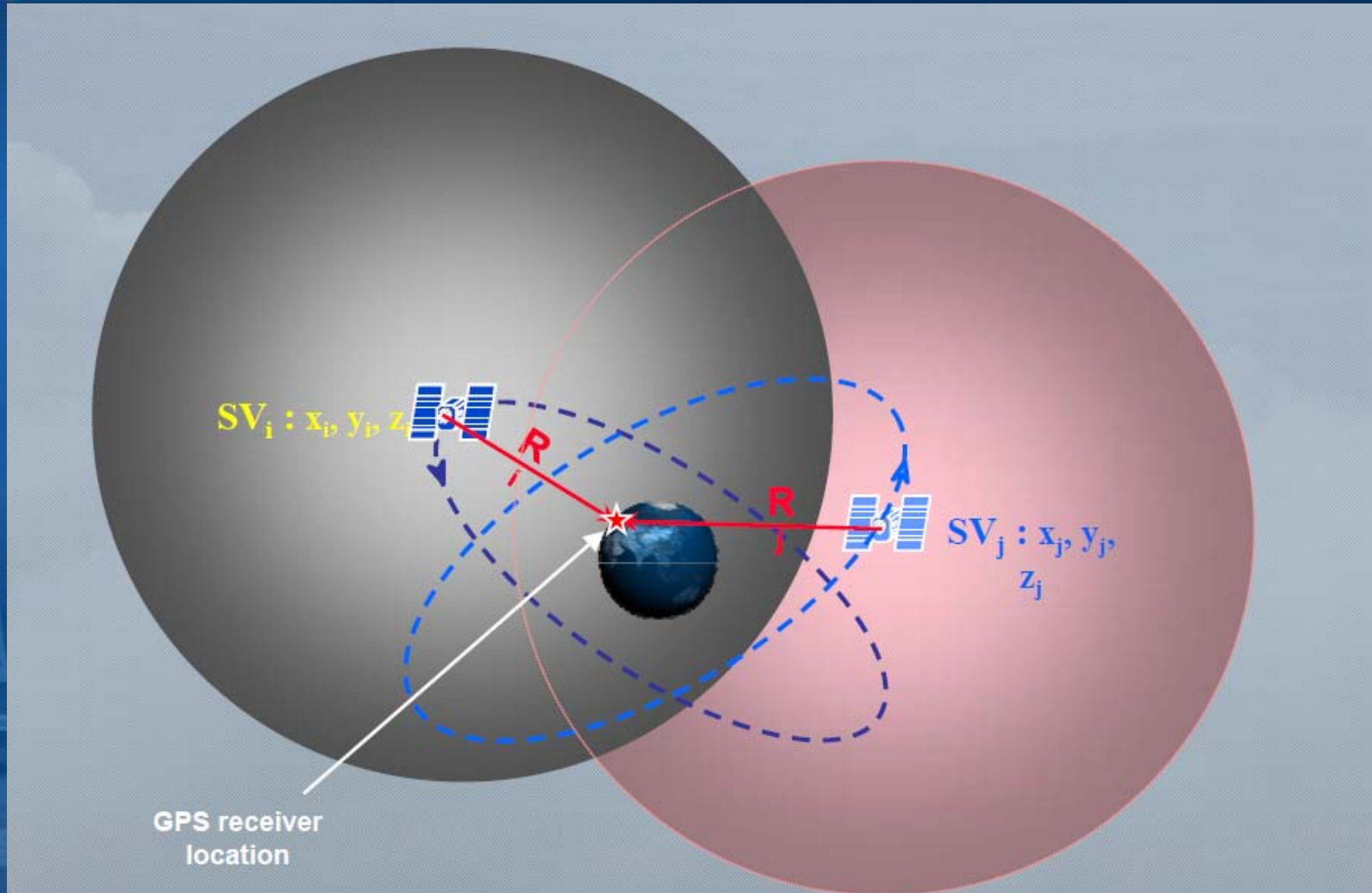


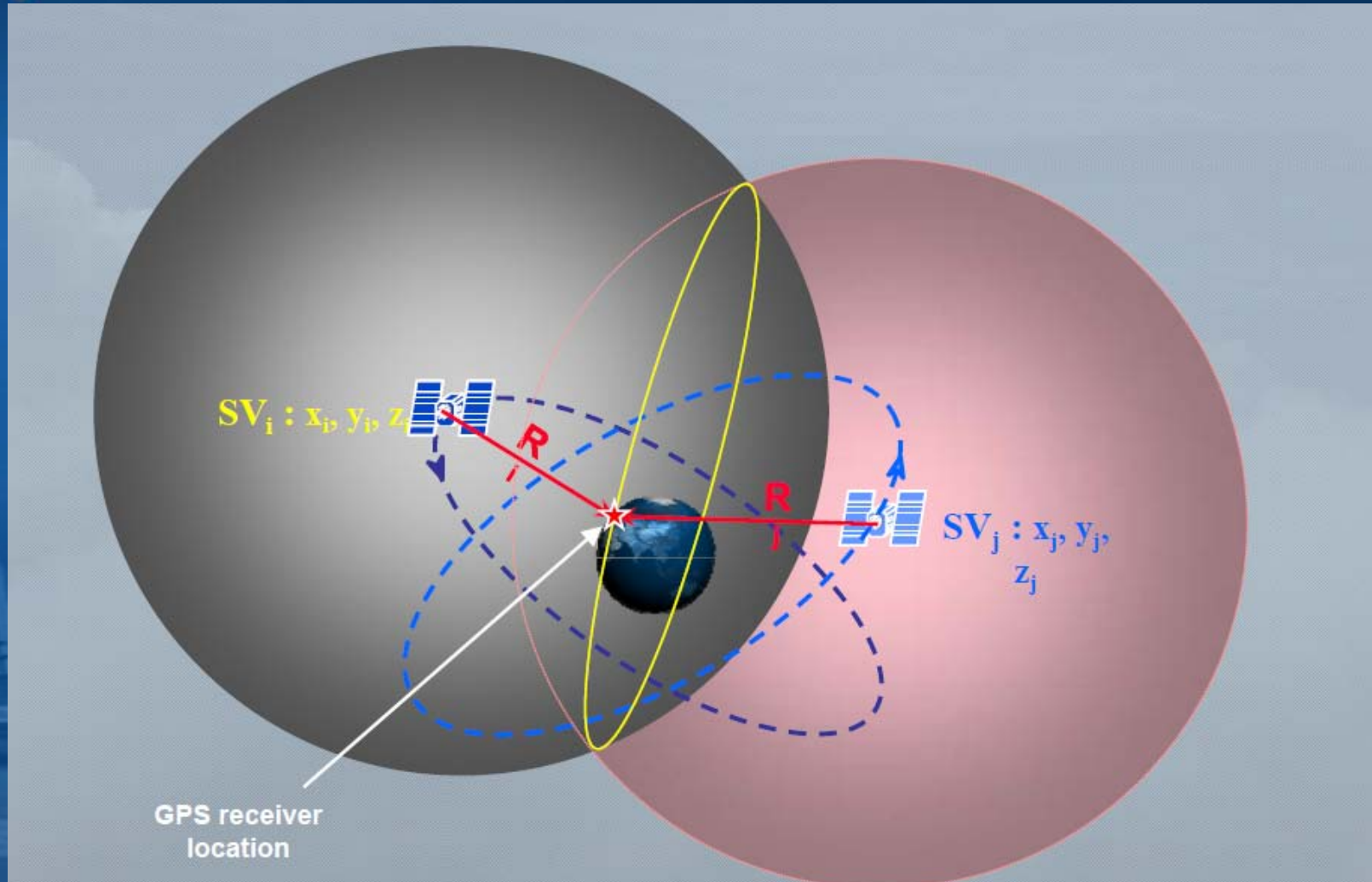


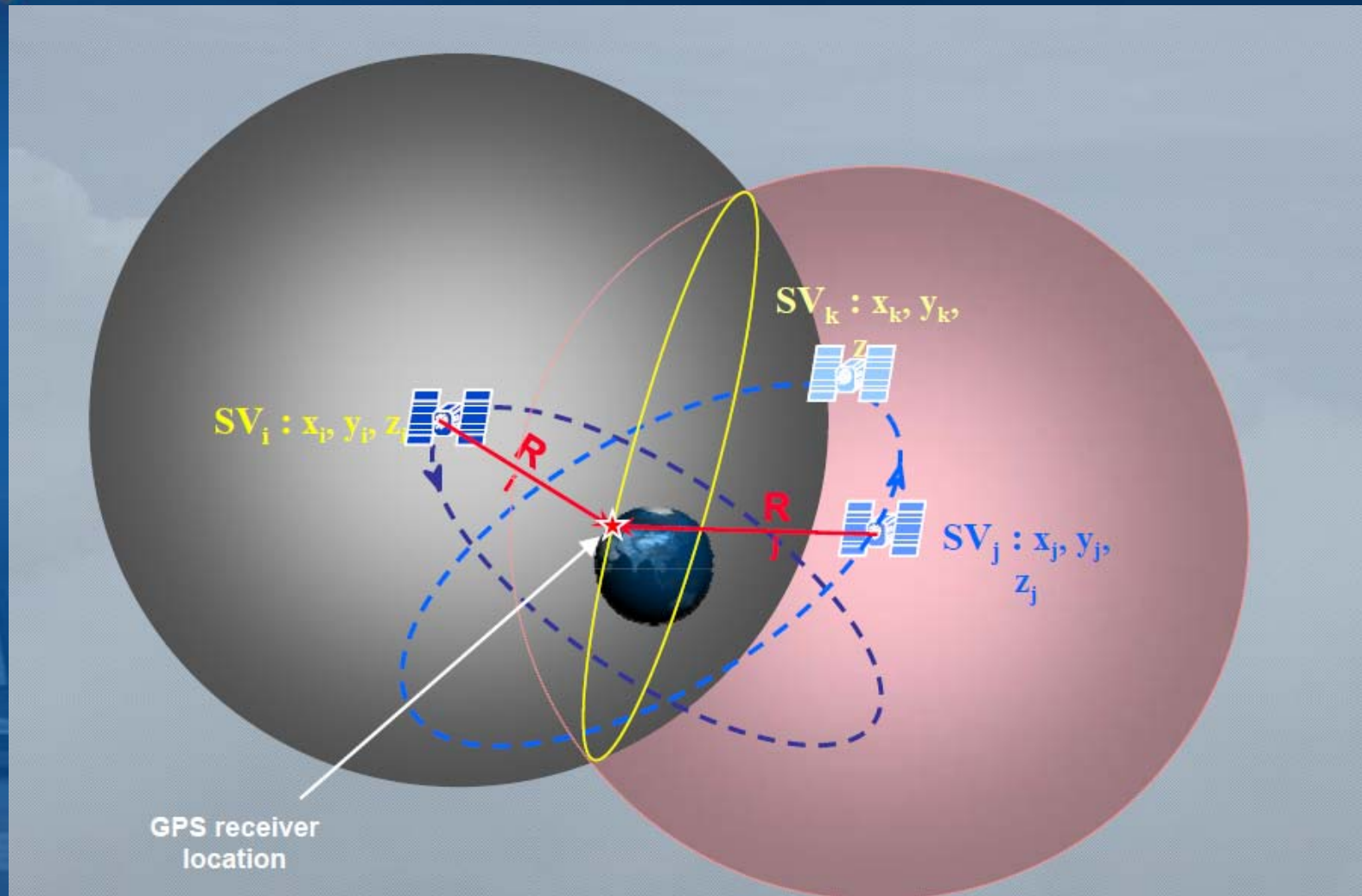


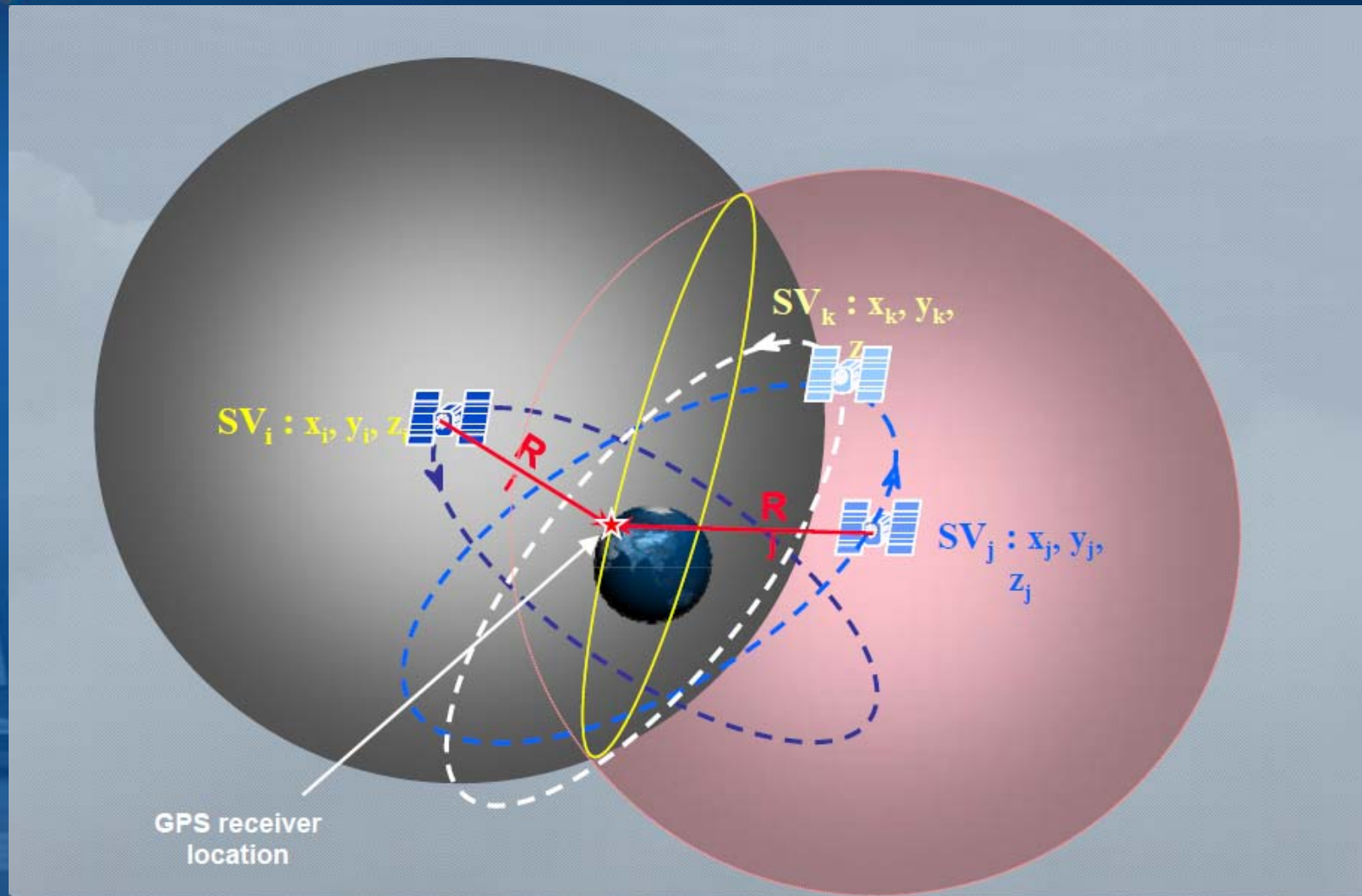


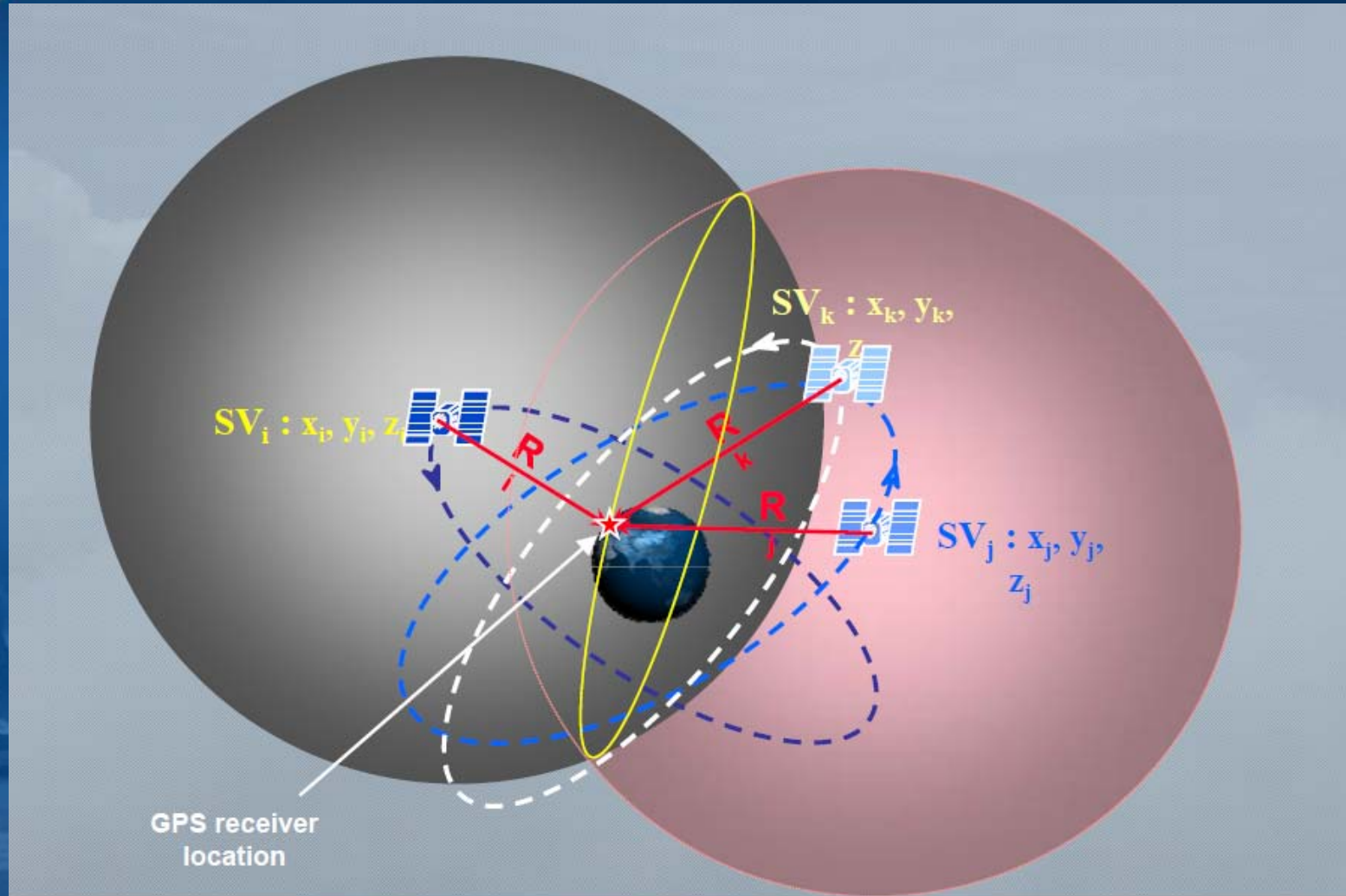


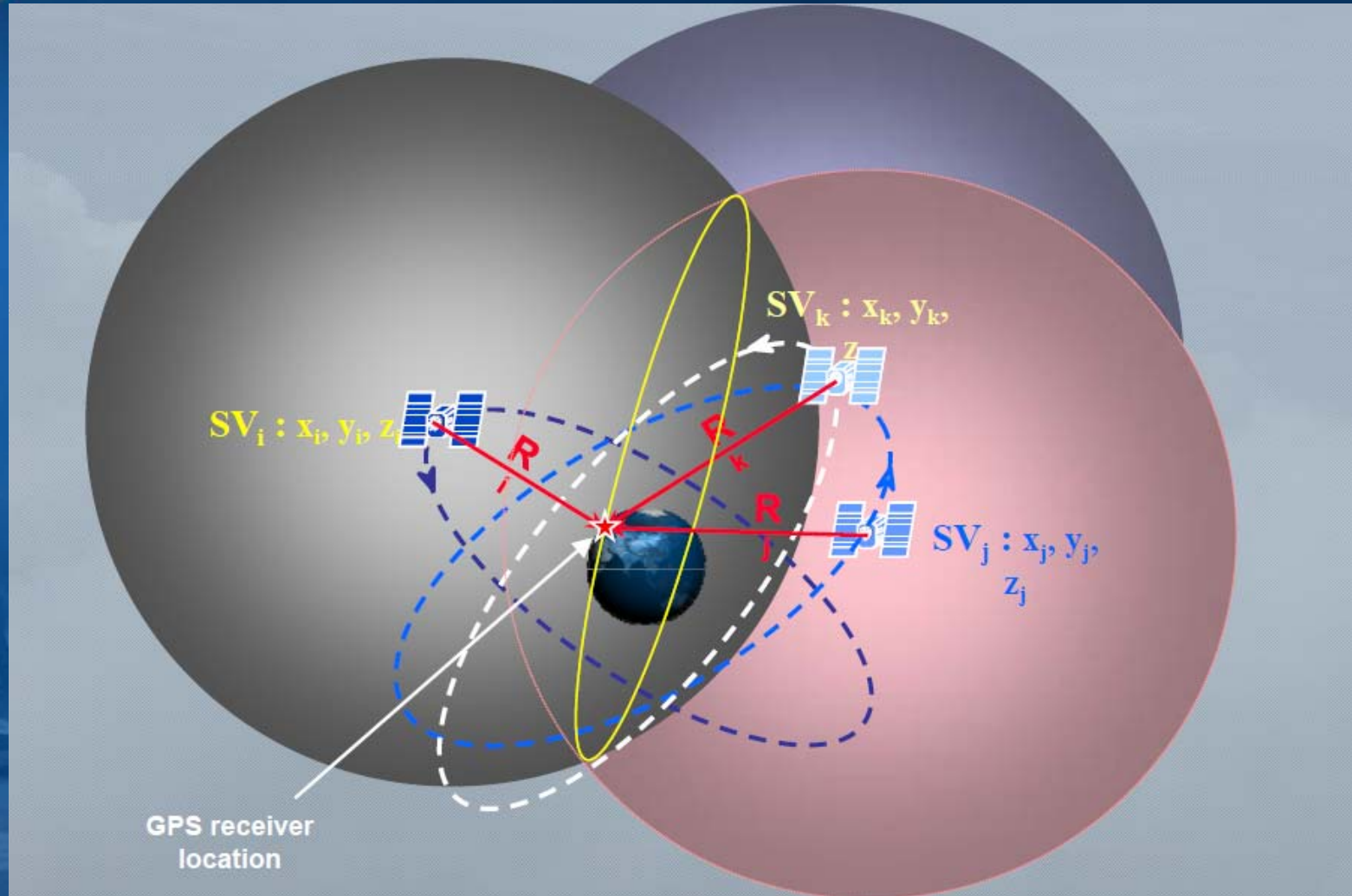


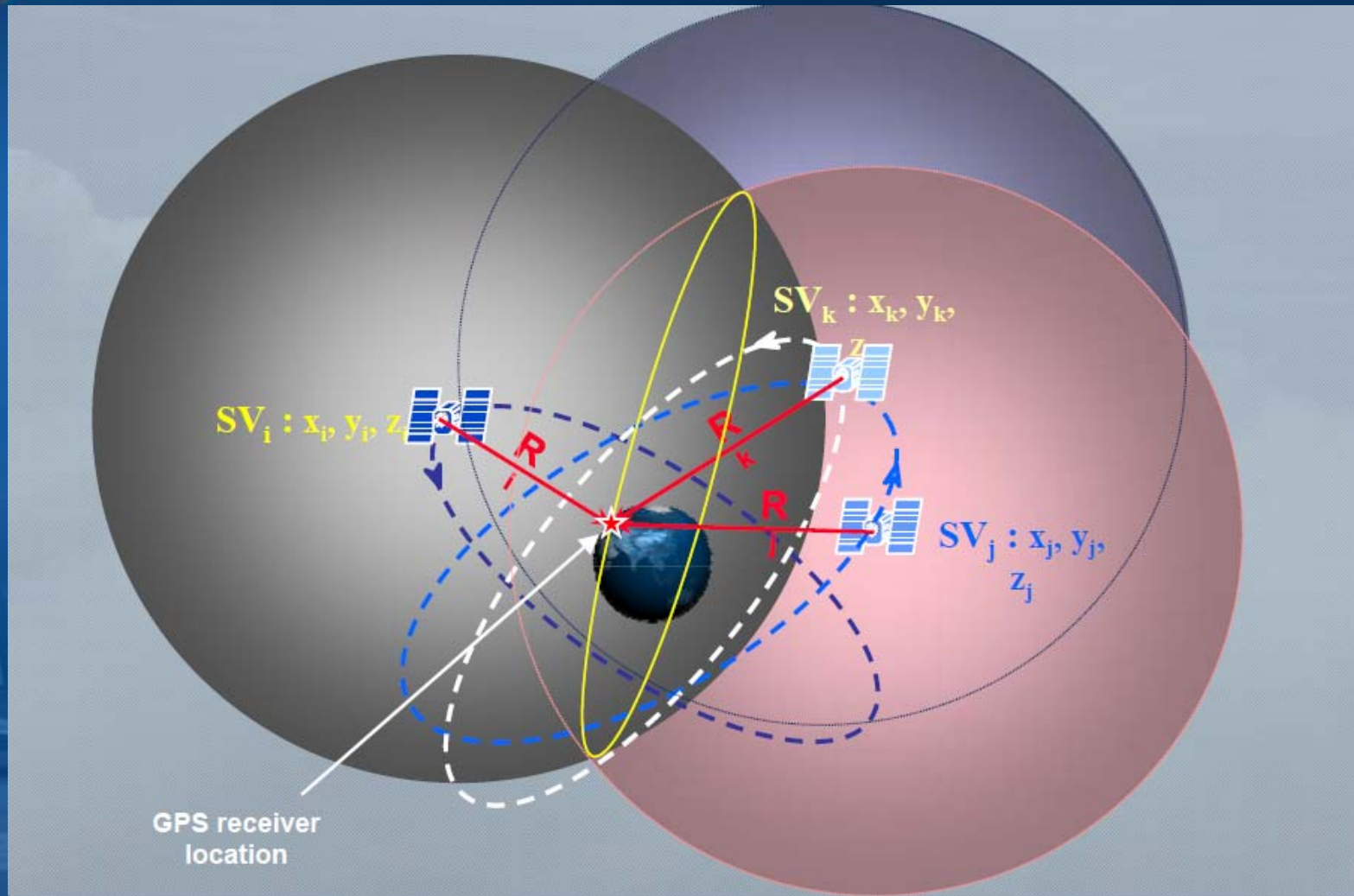


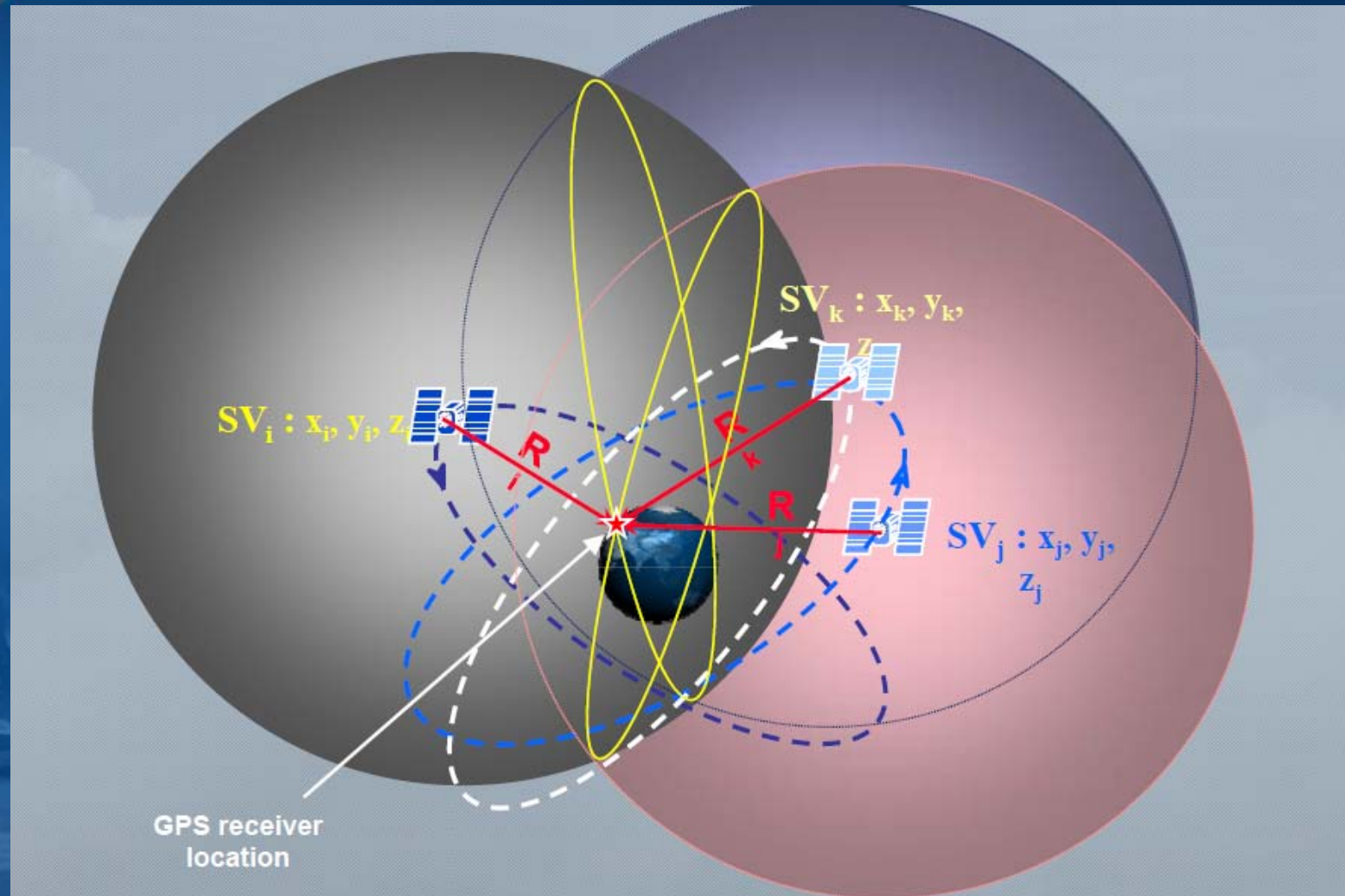


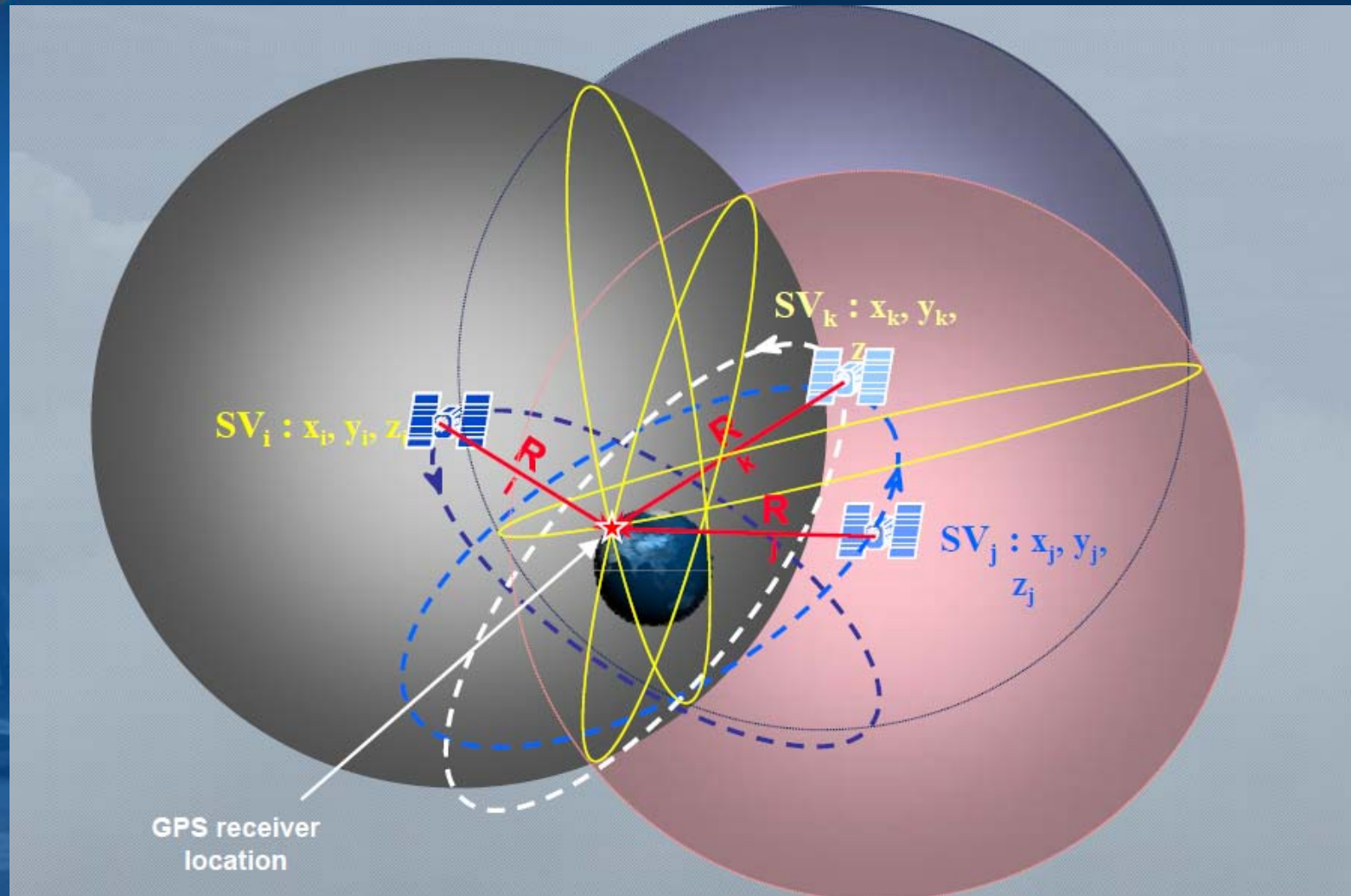


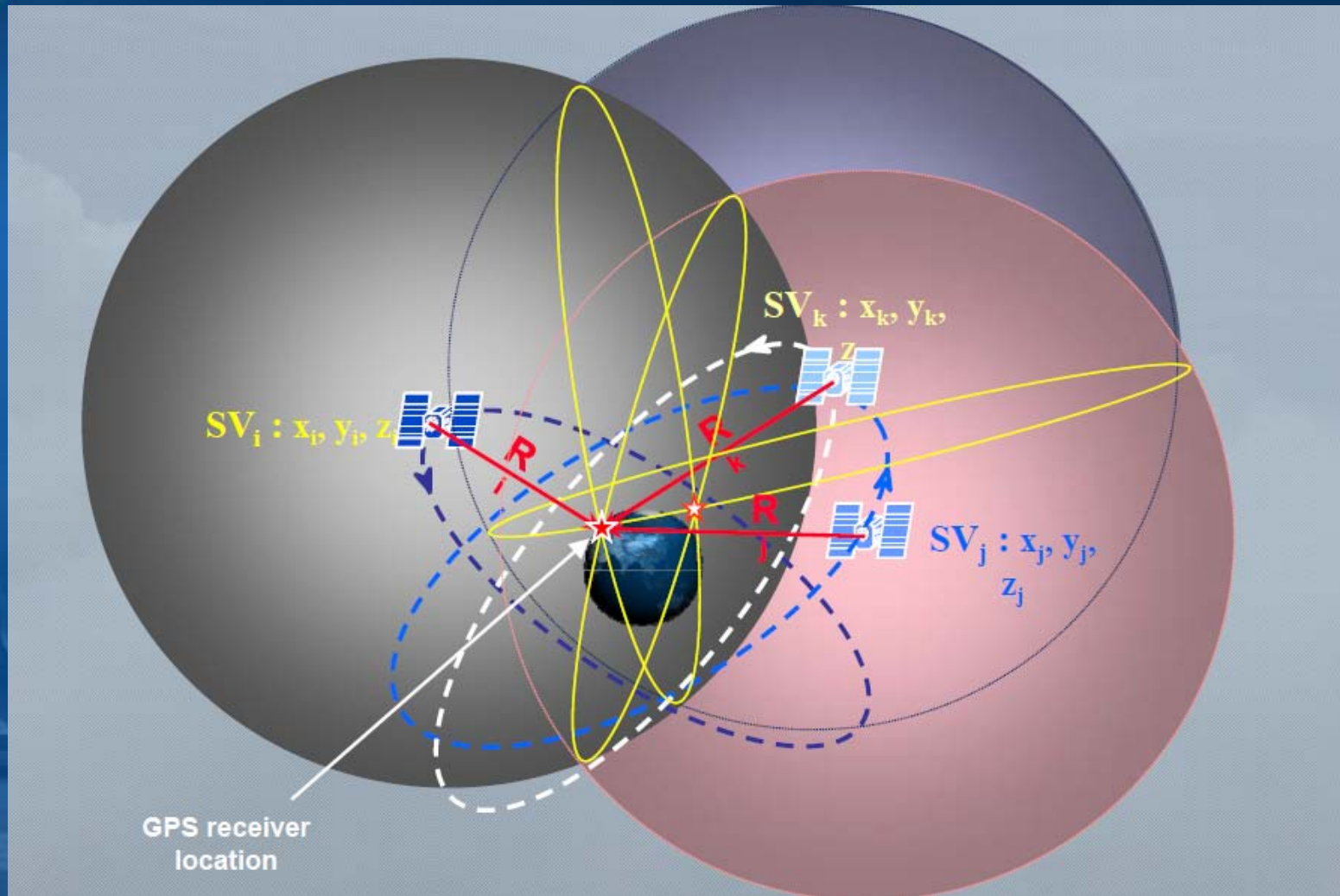


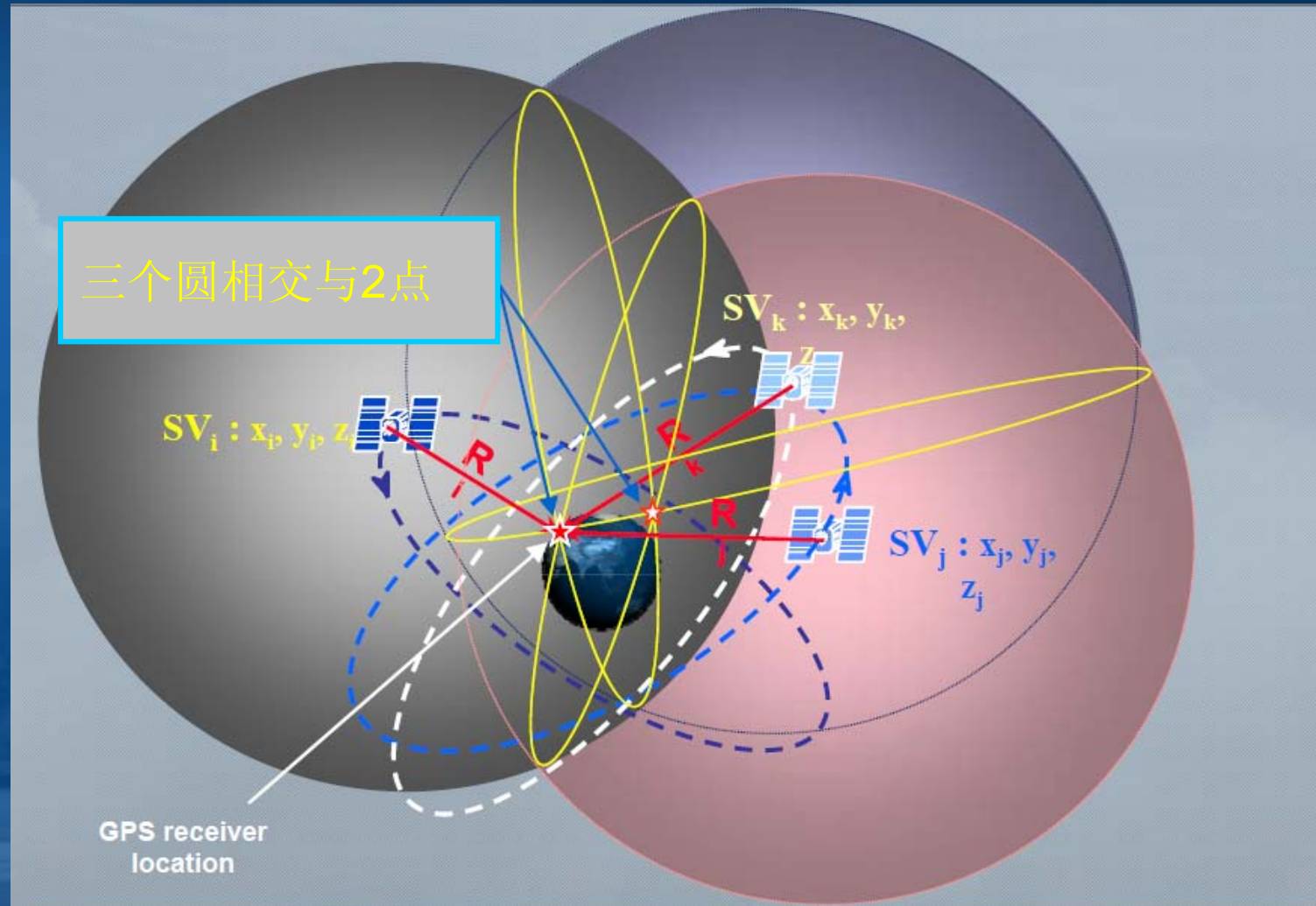








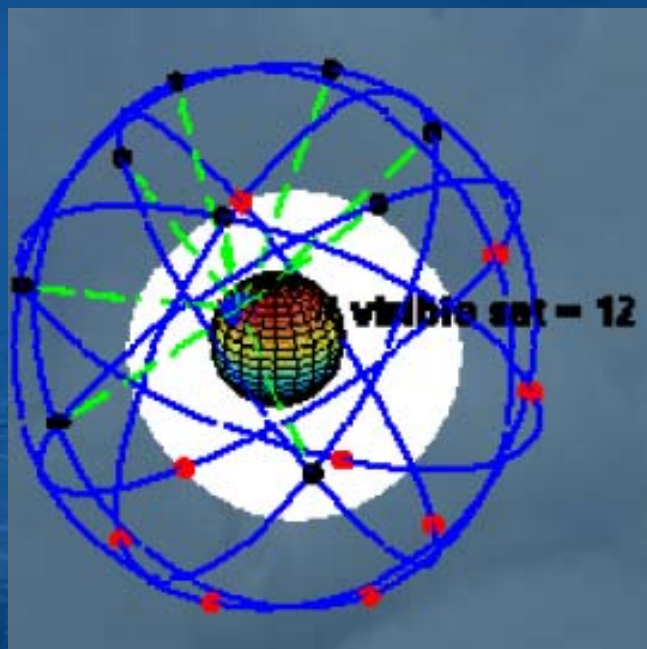




GPS空间信号（全球定位系统）

- 拥有24颗卫星的卫星星座

- 在WGS84
中计算位置



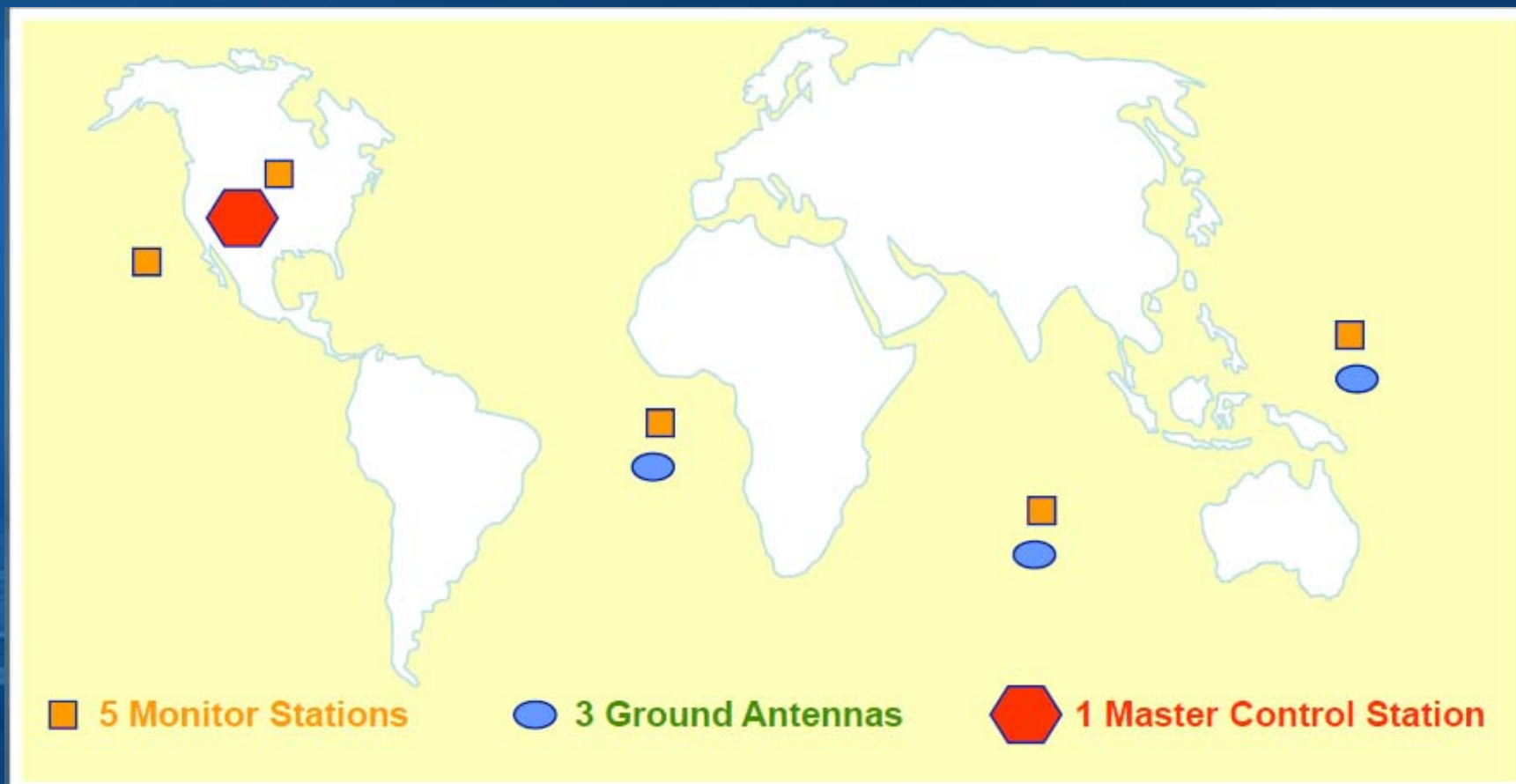
- 全球覆盖

- 精度10米

- 数据库导航



地面部分：控制部分





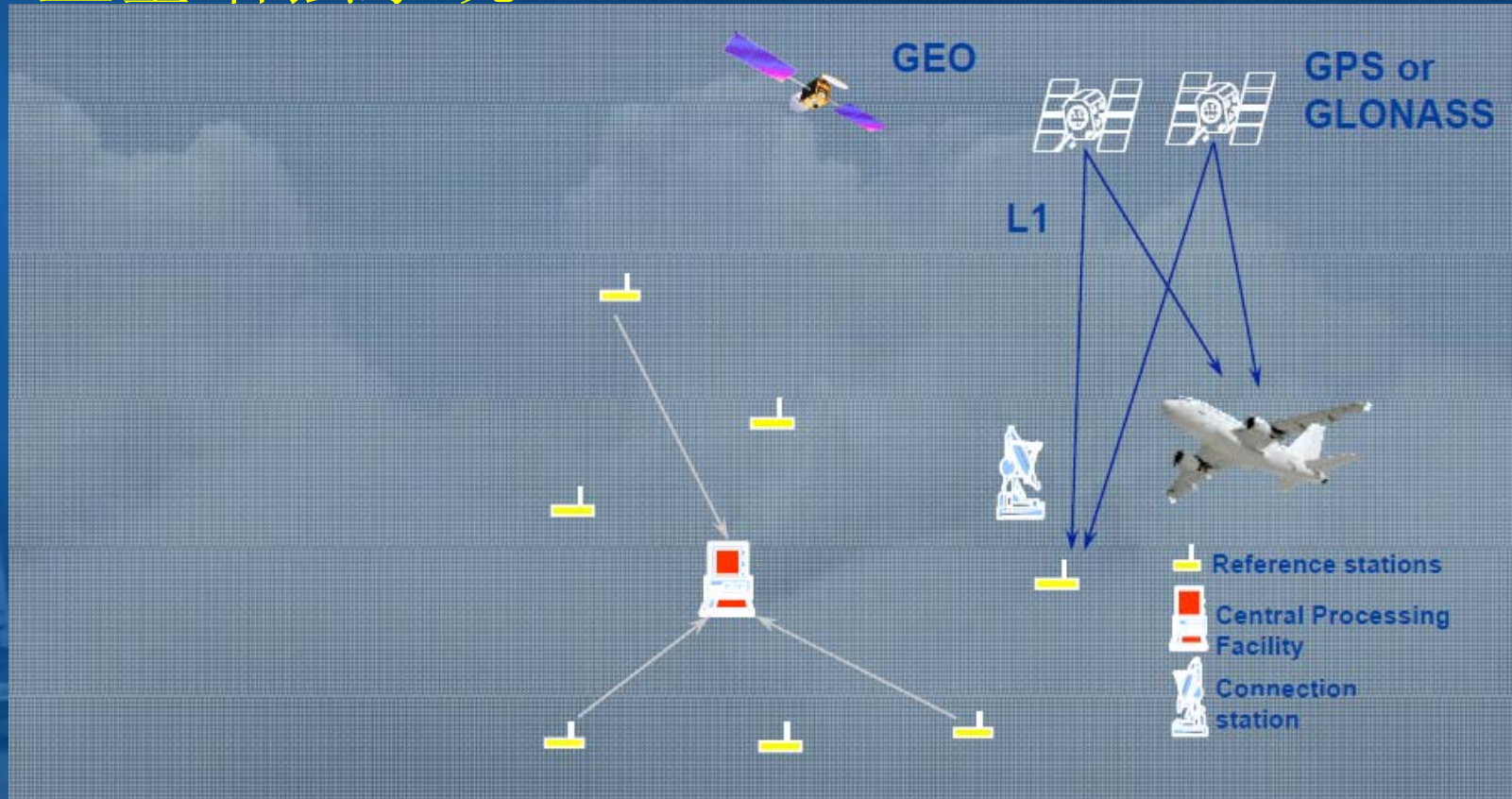
增强系统

- 通过提高定位质量，补充核心星座
- 通过空间卫星和地面站增强：SABS
 - WAAS、EGNOS、GALILEO、MSAS、GAGAN、COMPASS
 - 包含多个机场的区域服务
- 通过地面设施增强：GBAS



SBAS架构

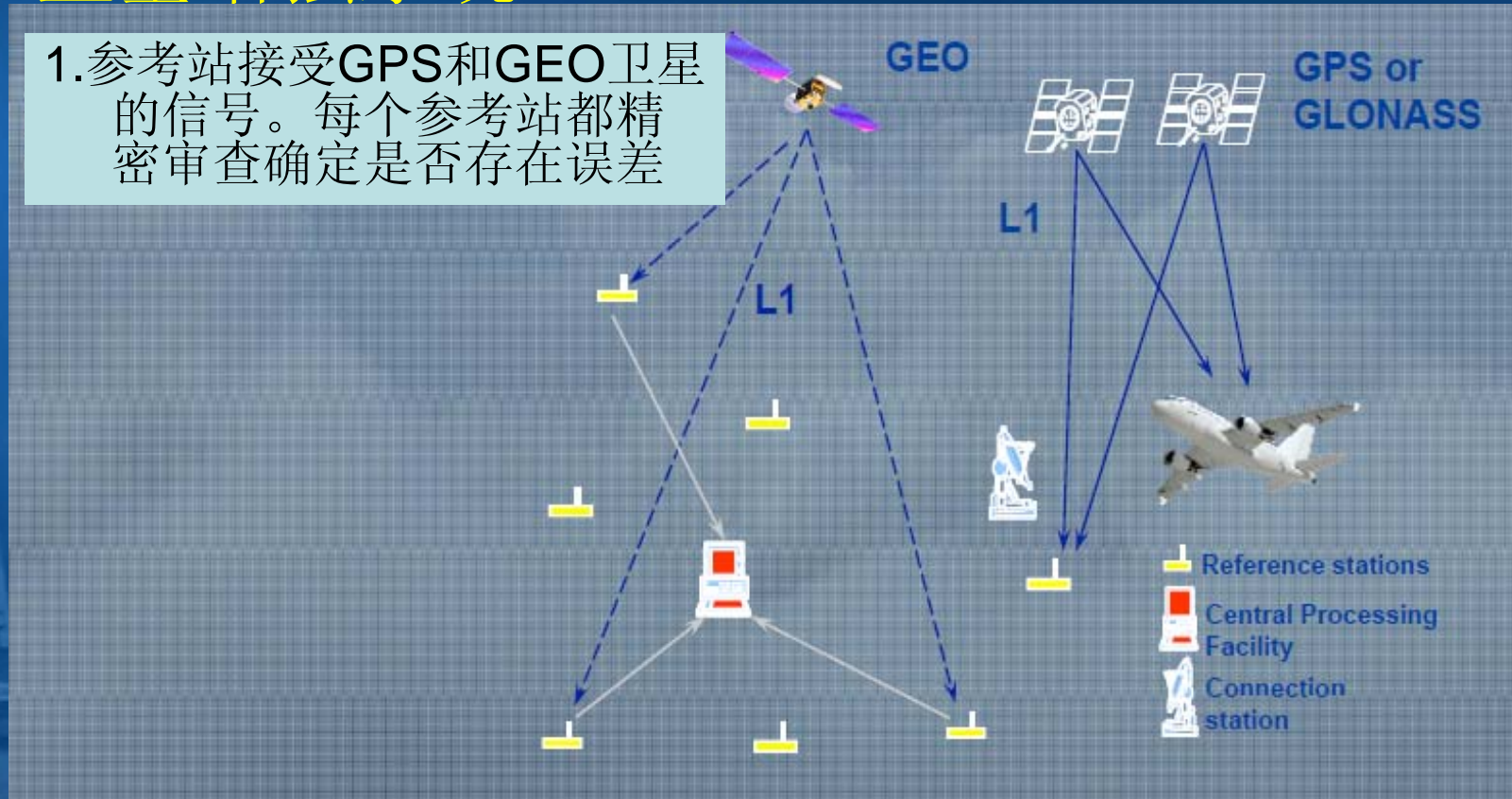
- 星基增强系统



SBAS架构

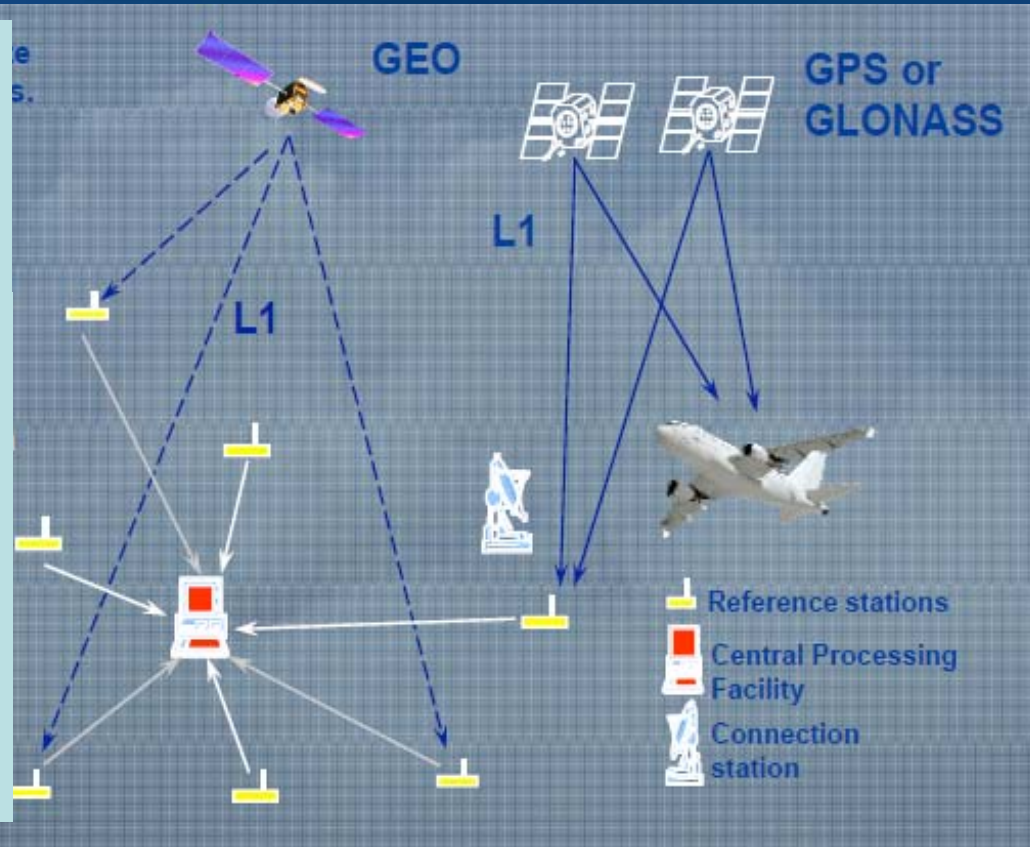
- 星基增强系统

1.参考站接受GPS和GEO卫星的信号。每个参考站都精密审查确定是否存在误差



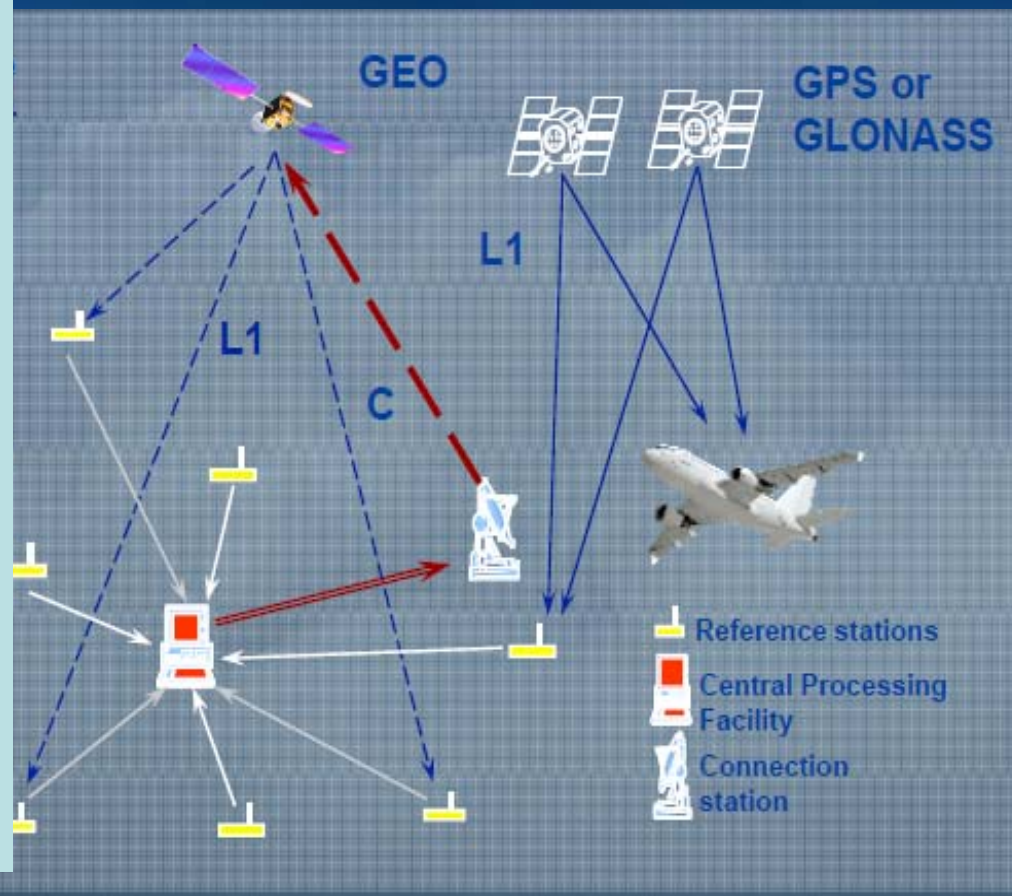
• 星基增强系统

- 1.参考站接受GPS和GEO卫星的信号。每个参考站都精密审查确定是否存在误差
- 2.网络中的每个站将数据转播给主控站（中心处理设施CPF）。CPF计算校正（时钟和星历）和完好性数据，并将他们加到导航电文中。



• 星基增强系统

- 1.参考站接受GPS和GEO卫星的信号。每个参考站都精密审查确定是否存在误差
- 2.网络中的每个站将数据转播给主控站（中心处理设施CPF）。CPF计算校正（时钟和星历）和完好性数据，并将他们加到导航电文中。
- 3.准备好的校正电文通过CS上传到GEO。

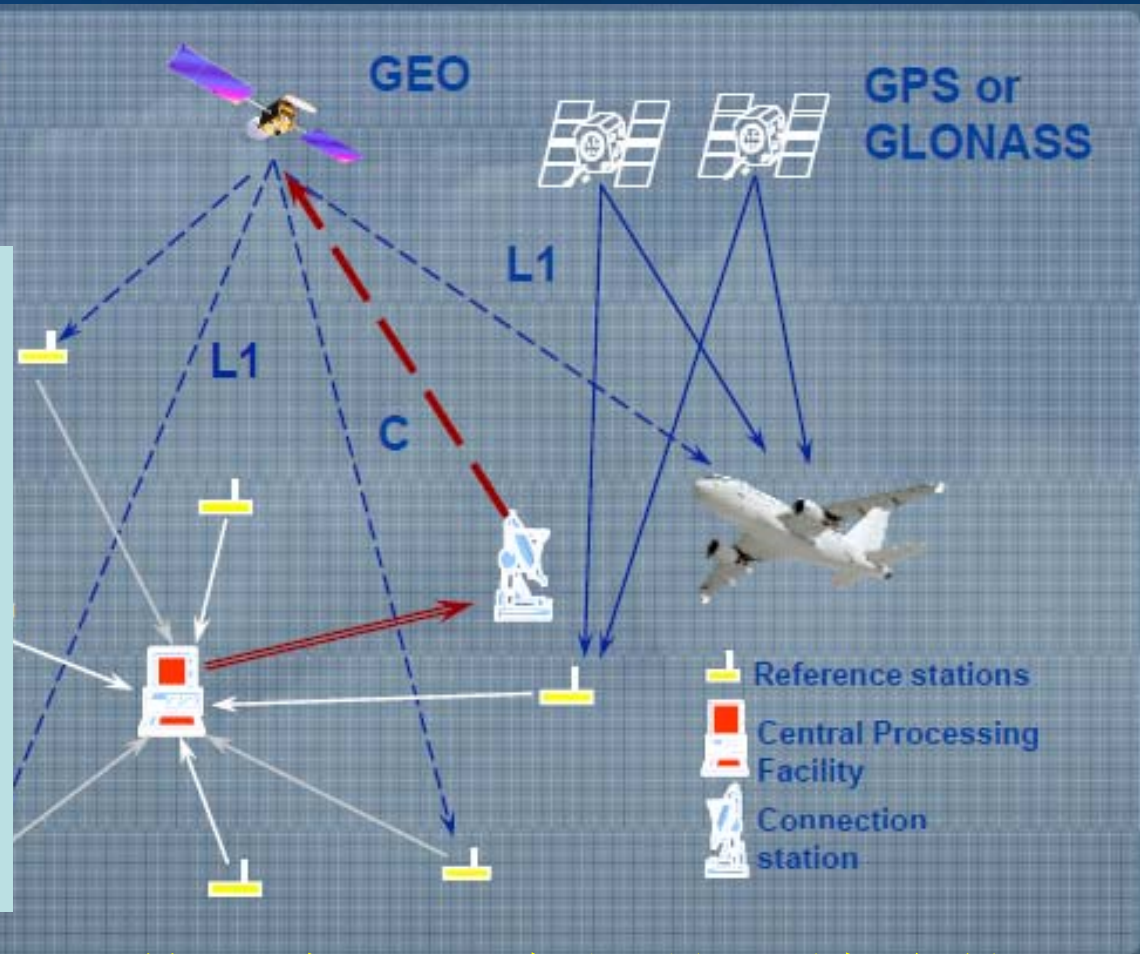




SBAS架构

• 星基增强系统

- 1.参考站接受GPS和GEO卫星的信号。每个参考站都精密审查确定是否存在误差
- 2.网络中的每个站将数据转传播给主控站（中心处理设施CPF）。CPF计算校正（时钟和星历）和完好性数据，并将他们加到导航电文中。
- 3.准备好的校正电文通过CS上传到GEO。
- 4.GEO广播电文的频率与航空器机载GPS接收机的频率相同。

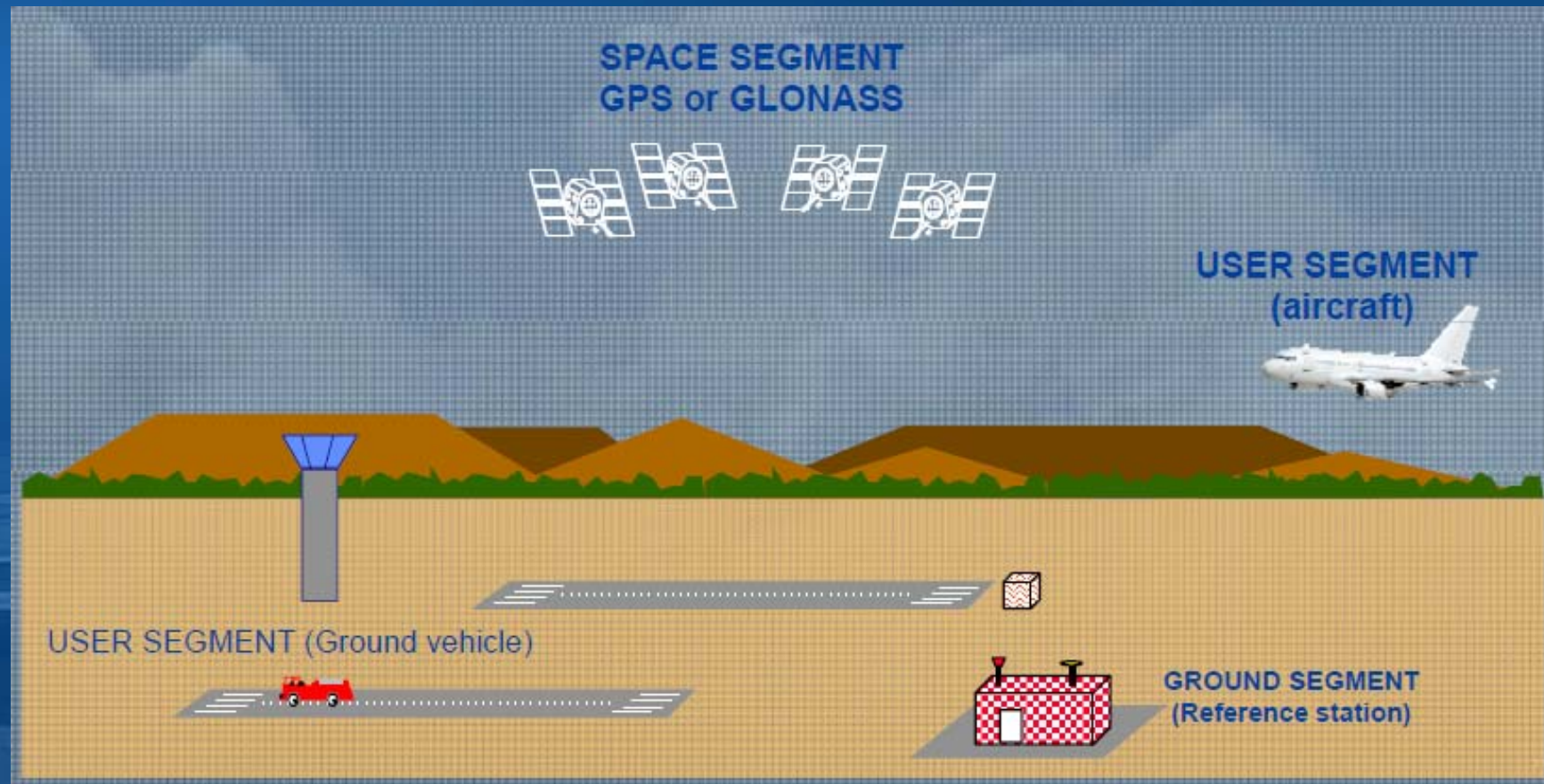


- 提供附加导航信号，使用户可以完好并更精确的确定位置



GBAS 架构

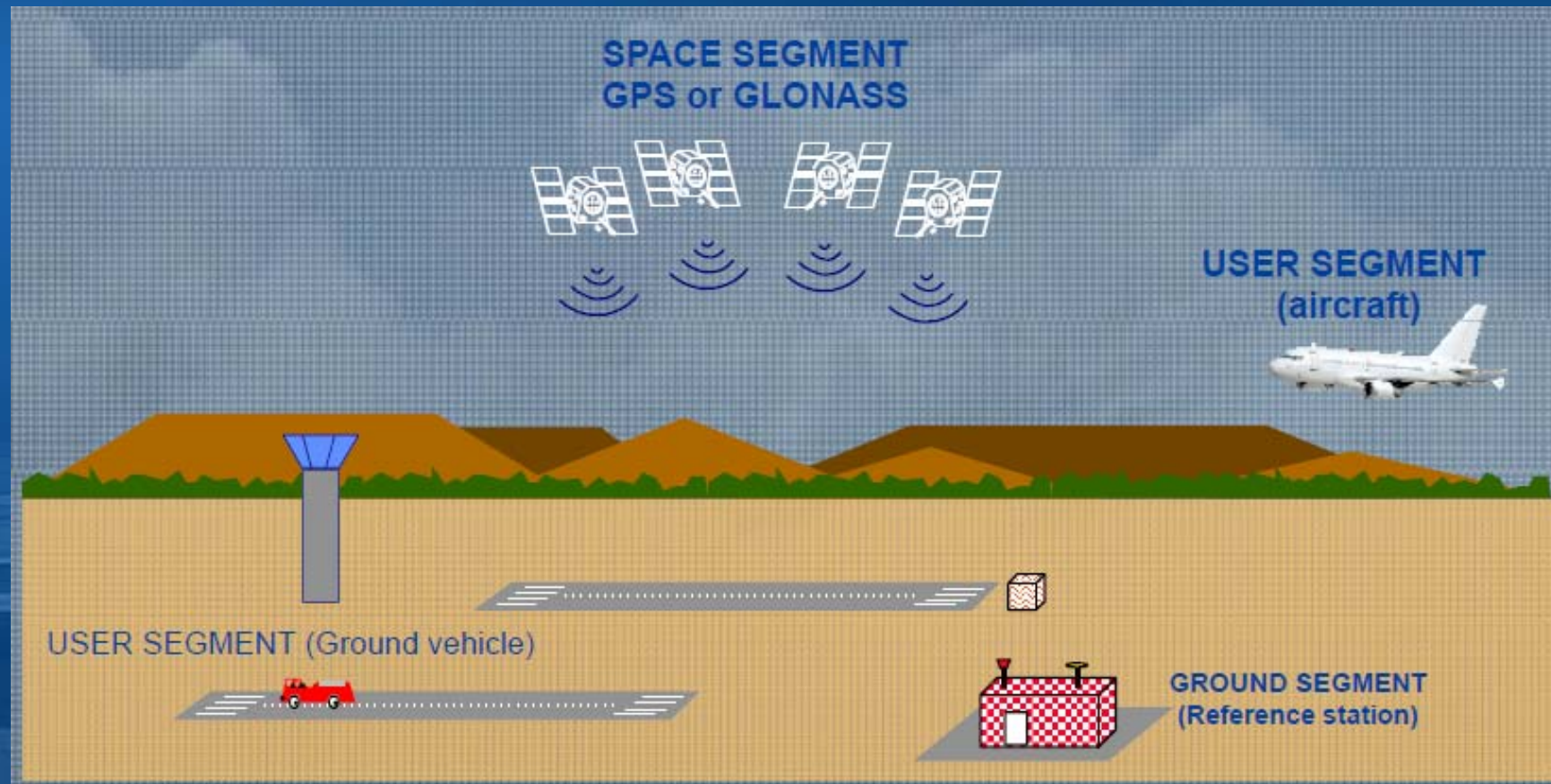
- 地基增强系统





GBAS 架构

- 地基增强系统

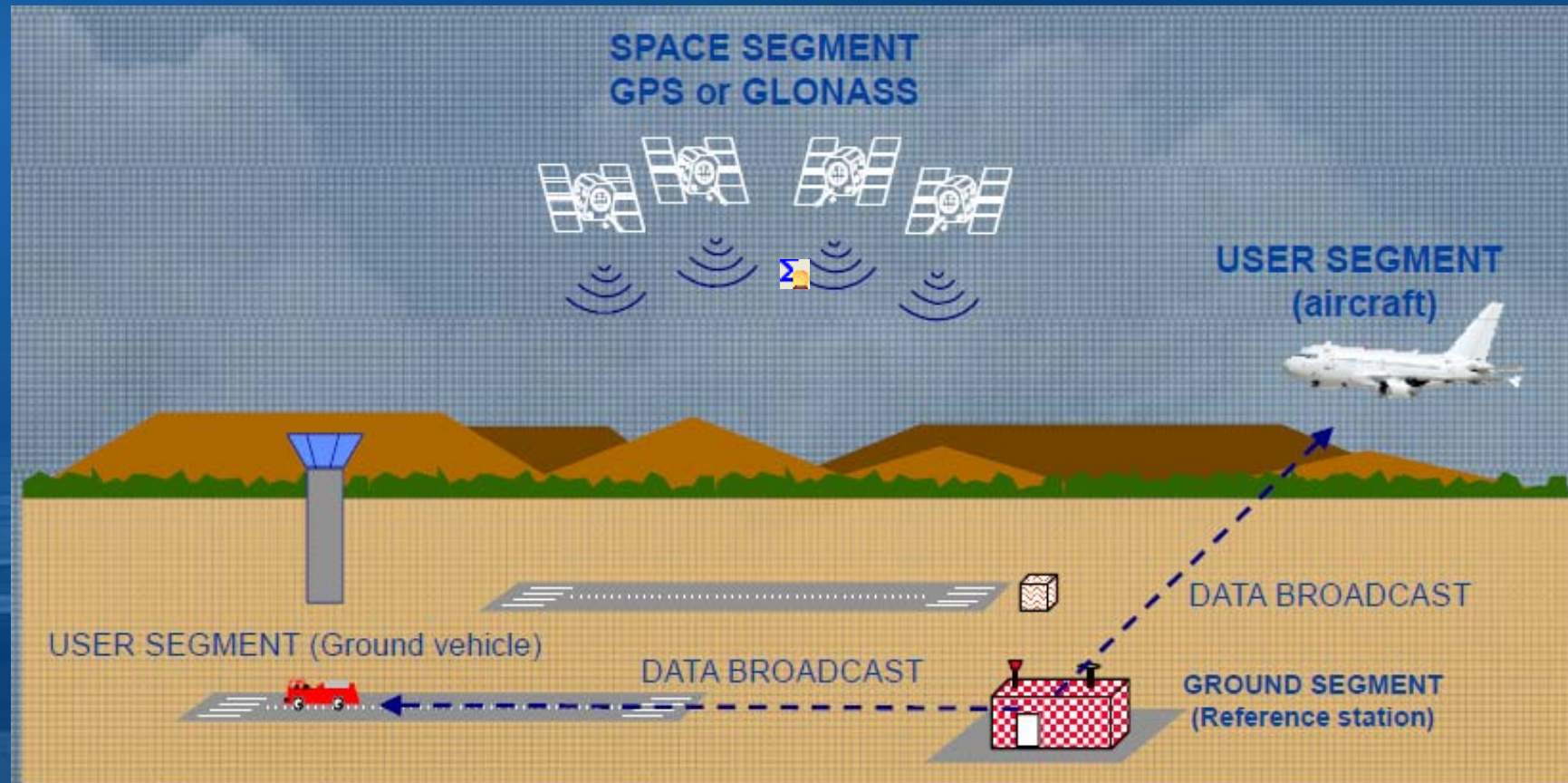


45/62



GBAS 架构

- 地基增强系统

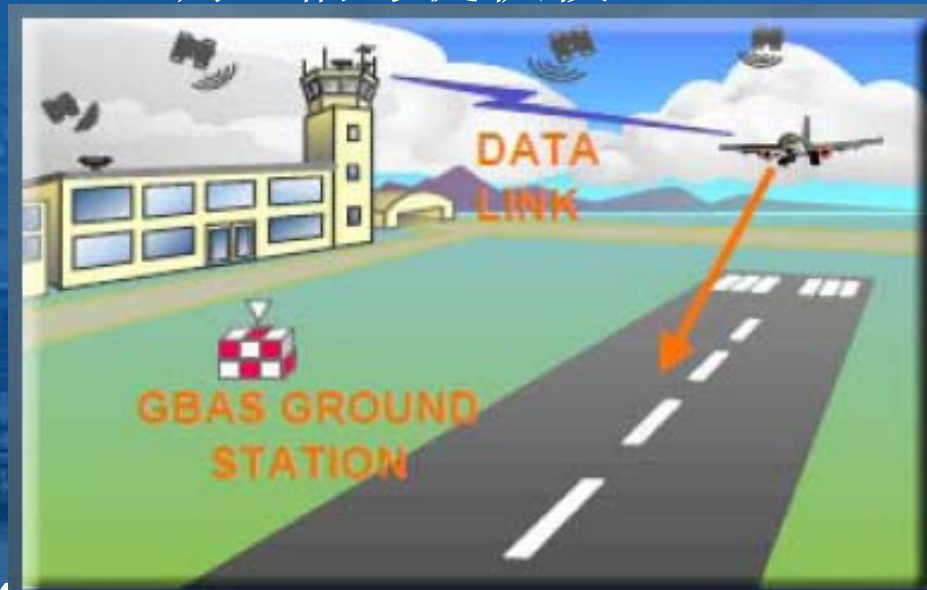




• GBAS例子

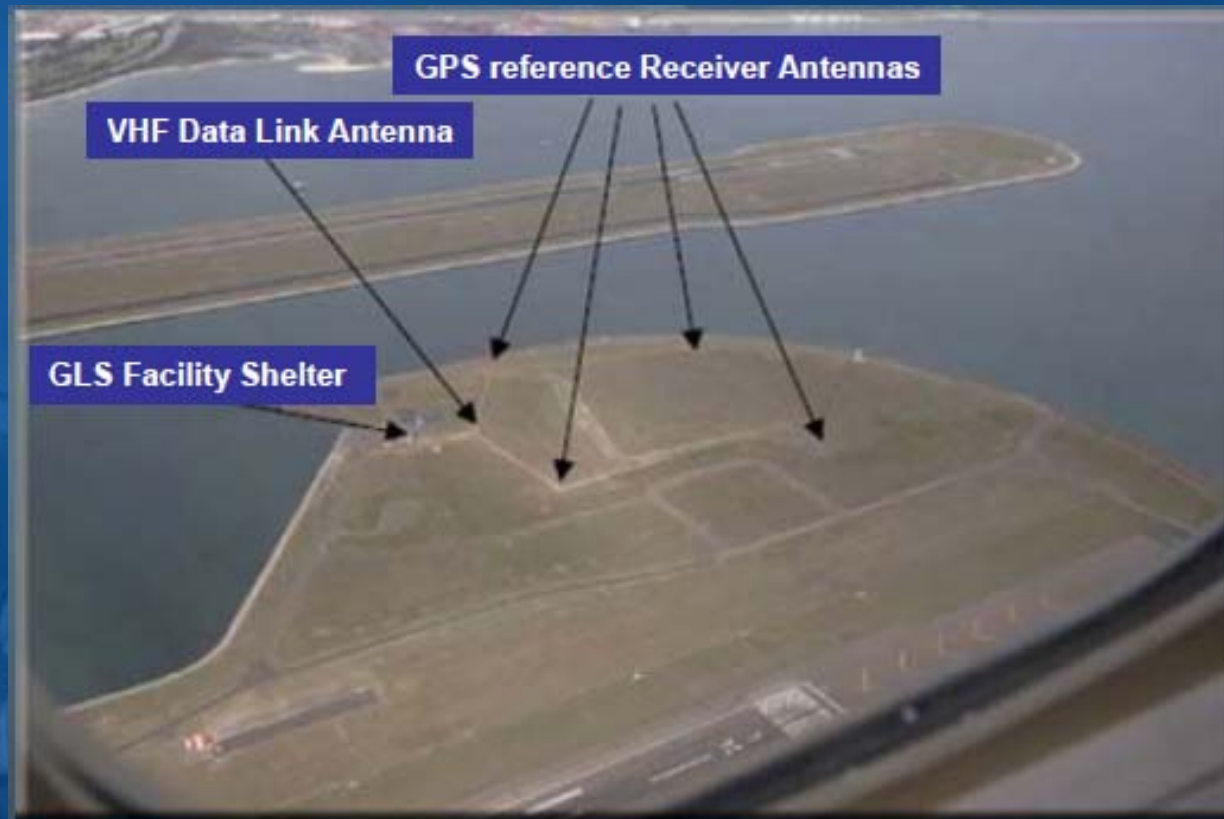
— 组成

- 差分地面站
- 到航空器的VHF数据链接收机（108MHZ带宽）
- GBAS可以为SBAS GEO测距信号提供校正



4/162

- 在悉尼安装的GBAS，实现GLS功能





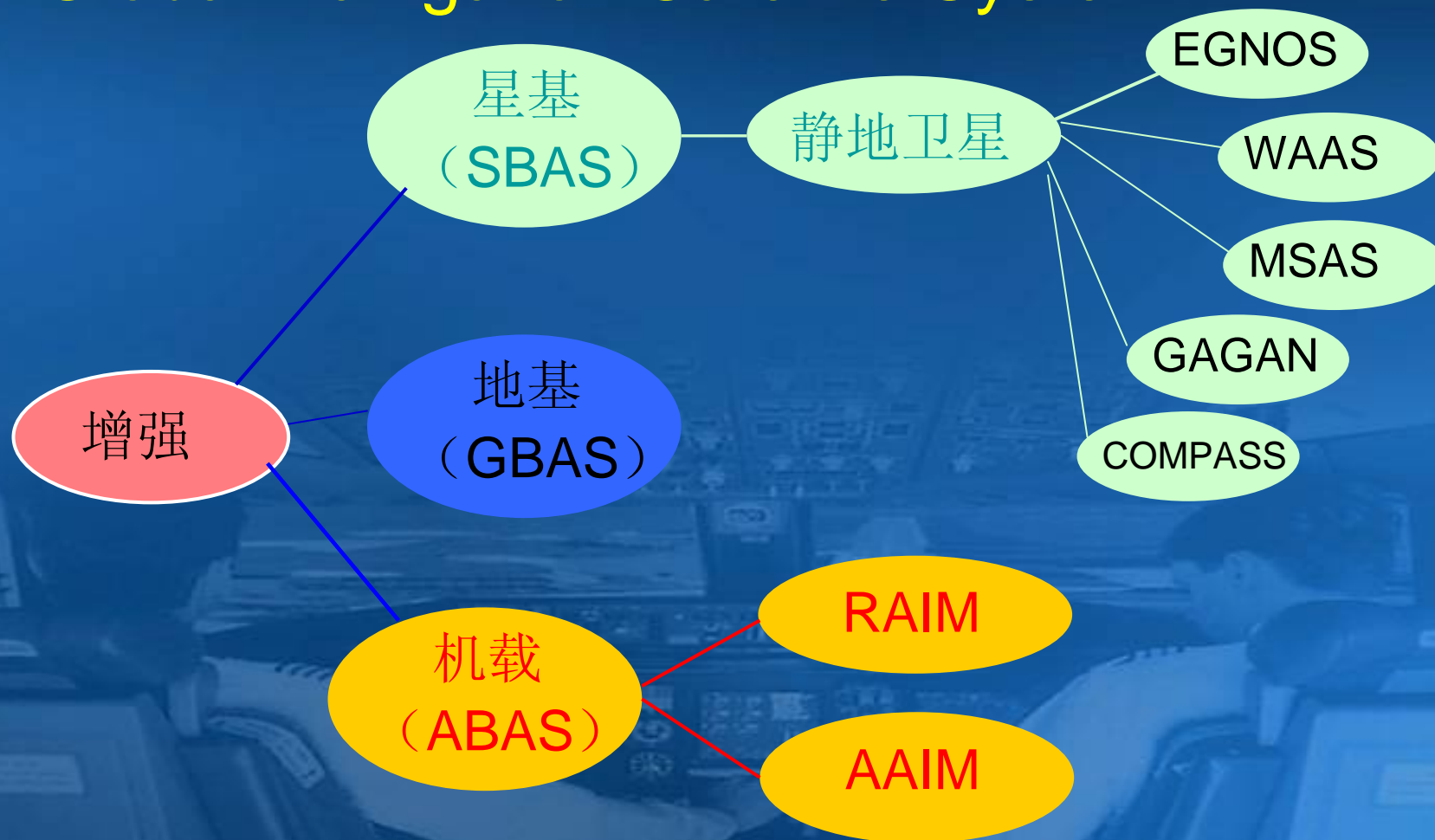
机载增强

- GNSS完好性监视技术，目的是监视GNSS定位质量
- 自主方式：ABAS
 - 为机载增强系统
 - 只利用GNSS冗余信息（RAIM）
 - 使用来自其他传感器的附加信息（AAIM），如INS/IRS信息，气压高度表信息等



ICAO GNSS 概念

- Global Navigation Satellite System





增强系统对应的进近

- ABAS: 非精密进近NPA+VNAV:
有Baro-VNAV的APV进近
- SBAS: 垂直引导的进近
APV I 和 II
- GBAS: 精密进近
GLS

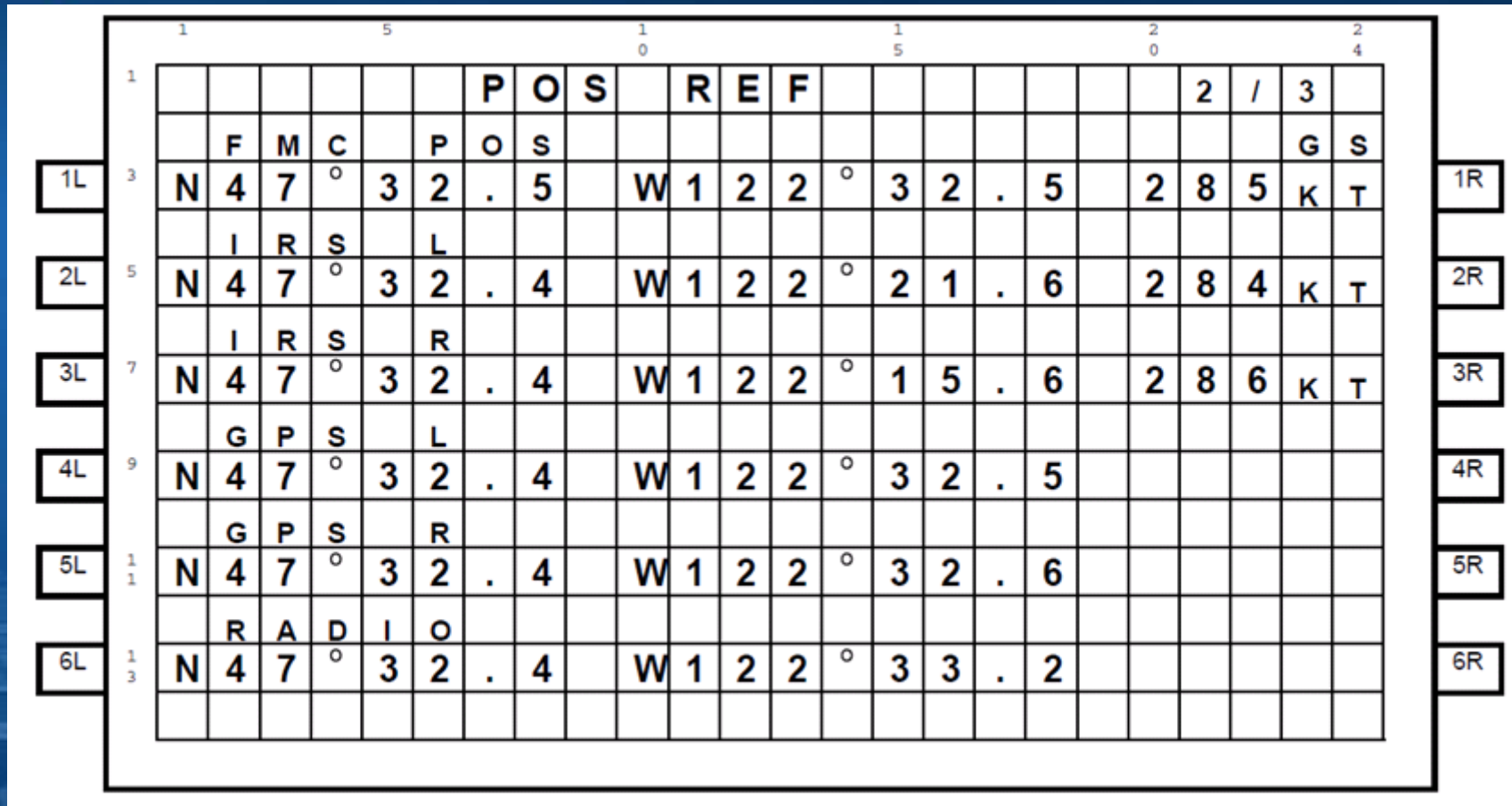


SBAS NOTAM 服务

- 公布基于SBAS的程序之前，希望一个国家提供状态监视和NOTAM系统。
- 希望能够在服务中断（由于系统组件失效）的地方预测空域和机场。
 - 基本系统组件的当前状态数据和
 - 基本系统组件的预测状态数据

A/C位置计算方法

- 现代新型航空器,包括Boeing和Airbus在内,机载导航系统,均包含多种导航传感器。航空器的最佳位置,由FMS计算得到。
- 针对不同的导航应用和导航规范,机载FMS可以采用不同的组合导航模式,主要组合方式有:
 - GPS/Inertial
 - DME/DME/Inertial
 - VOR/DME/Inertial
 - Inertial独立导航





GPS/Inertial组合

- 惯性系统（ADIRU）计算GPS/Inertial组合位置，以计算GPIRS位置。
- 一旦采用GPS/Inertial组合，VOR/DME和DME/DME无法实现无线电位置更新。
- 不同的航电设备可能采用不同的组合算法，其RAIM算法也可能不相同。

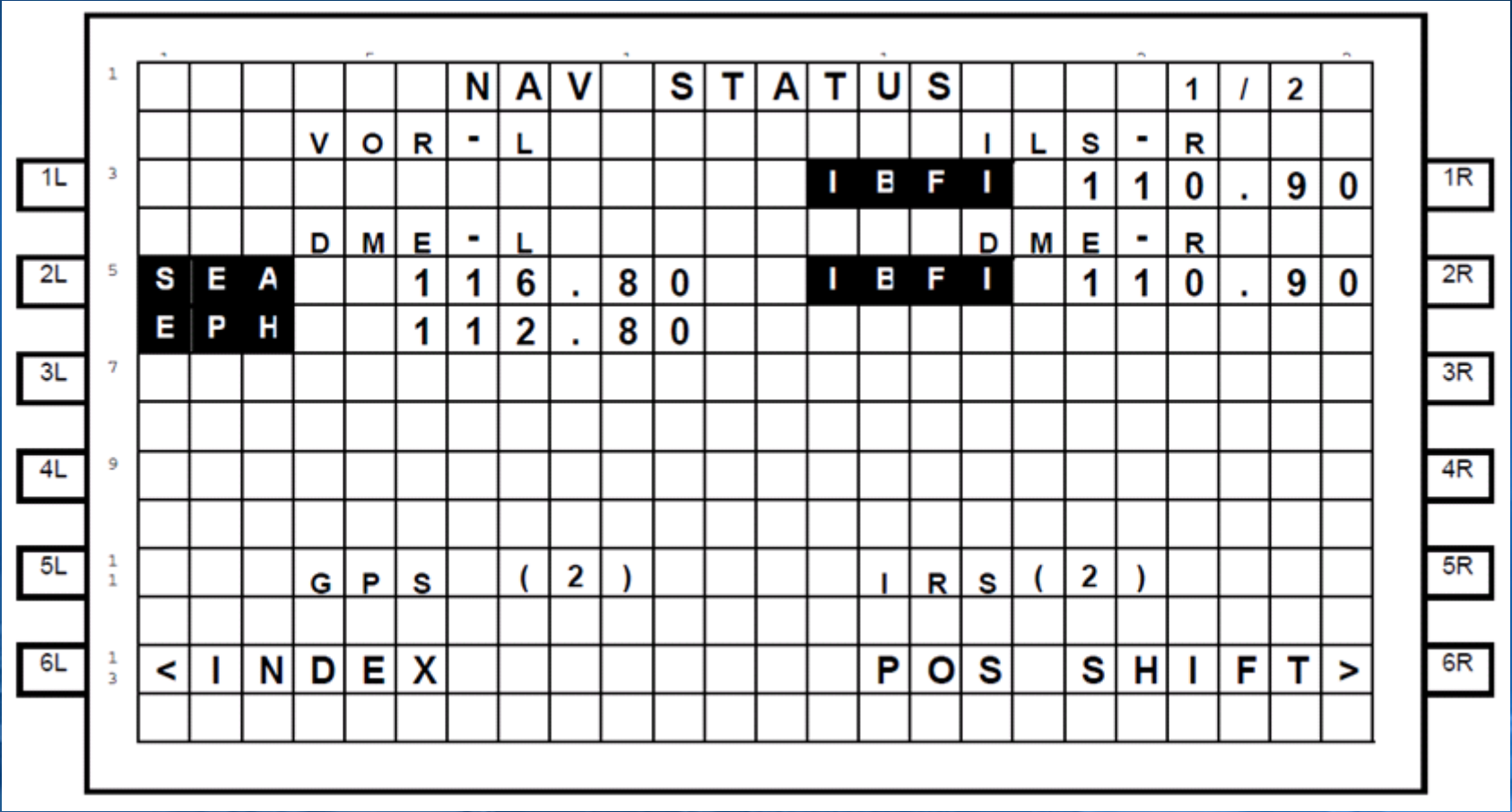


无线电导航

- **VOR/DME/Inertial**
 - IRU的飘移应小于2NM/15Min
 - 40NM以外的VOR不用
- **DME/DME/Inertial**
 - 可自动调谐多个DME台
 - 调谐30秒内自动位置更新
 - DME/DME定位不能中断
 - 两台夹角范围在 30° ~ 150° 之间
 - DME台距离大于等于3NM
 - 仰角低于 40° ，160NM以内



- FMS无线电位置更新不适用于RNP AR APP。
- 为了避免在GPS PRIMARY失去时自动无线电位置更新，在离场和进场简令卡上，有VOR/DME抑制指令。
- 在航路飞行阶段，启用无线电位置更新功能。



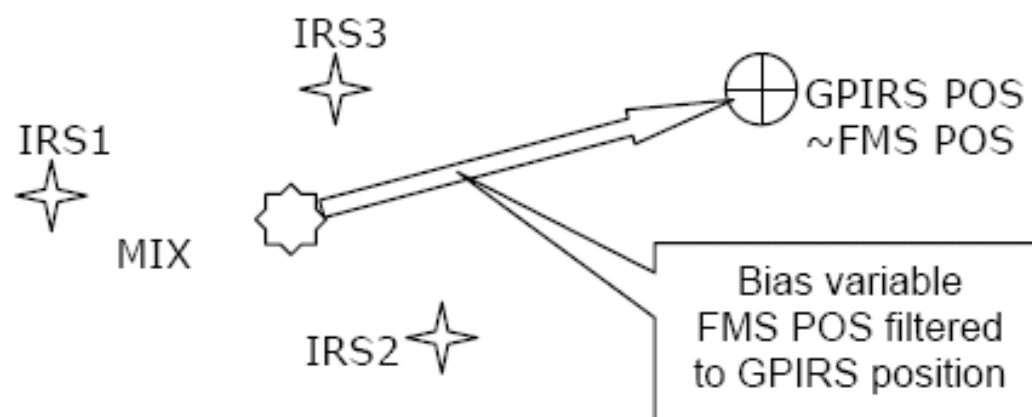


惯导独立导航

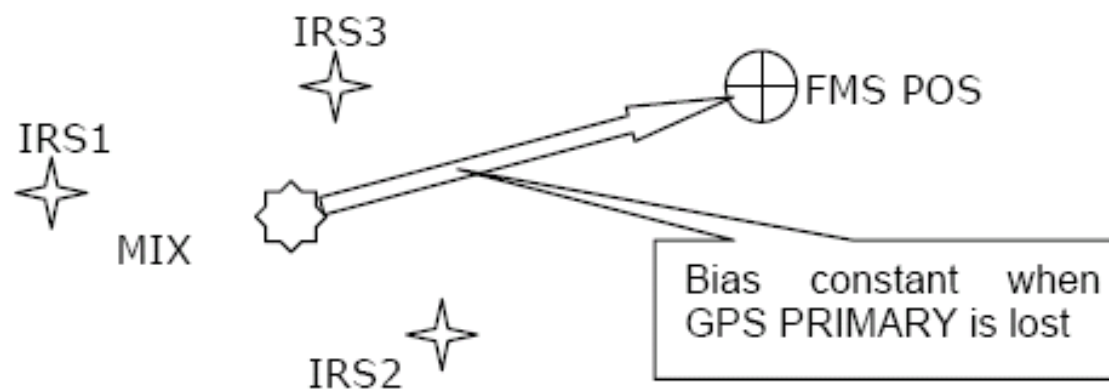
- FMS利用三部ADIRU输入信号，计算混合IRS位置；
- 如果一部IRS失效，则FMS使用对应边的IRS信号；
- IRS位置飘移，将使FMS的位置也随之飘移；
- 最后的位置飘移量，采用最后的GPIRS位置，或者最后计算的混合位置作为最后飘移最小参考值。



With GPS update



In IRS ONLY





结论

- 用不同的方法计算航空器位置
- RNAV进近只能使用GNSS计算航空器位置。
- 不同的增强系统满足不同进近类型的要求。



谢谢!

62/62

CHINA CIVIL AVIATION FLIGHT COLLEGE

中國民航飛行學院