

复合跟踪网络天线的跟踪问题

李 艳

摘要：在复合跟踪网络中，采用相扫天线是抗截获、抗干扰最有效的途径。相扫天线如何在复合跟踪网络中解决结点间天线的相互跟踪和通信是要解决的关键问题。本文详细地阐述了计算补点的方法，分析了方位角、航向角、我舷角与扫描跟踪角之间的关系并给出了相应的数学模型和补点算法的过程。

关键词：扫描 跟踪 补点 算法

1 问题的提出

为了提高复合跟踪网络的抗截获和抗干扰能力，采用相控天线的空分加时分多址的通信体制是最有效的途径。

该复合跟踪体制的相控天线是如何进行相互跟踪而不丢失目标（被跟踪结点）是人们极为关注的问题。在一般情况下，相控天线采用边搜索边跟踪的办法对目标实施跟踪，而在时分多址的通信体制下，相控天线除了采用该方法之外，还要按照通信隙的规定按时序节拍有序地进行跟踪。

众所周知，时分多址通信体制的基本原理是：在某一 T 时刻，系统中只有一个成员处在发射状态，而其他成员处在接收状态，假设发射成员采用全向天线工作，而接收成员采用相控天线接收，那么接收成员的相扫天线必须对准发射天线，也就是说，在 T 时刻接收天线必须跟踪上发射天线的在该时刻的位置，并在规定的驻留时间中完成通信，而在另一时刻接收天线如果不处在发射状态，该天线要对准其他发射成员的天线并在规定的驻留时间内（驻留时间的长短与通信速率容量和相互间作用距离有关）实施通信，周而复始，连续不断地按照时序表时序节拍实施跟踪通信。这种跟踪通信体制我们称为空分加时分的通信体制。

该体制如果仅采用经典的相控天线，边搜索边跟踪方法，可能会出现这样一种情况，一旦跟踪结点丢失就有可能打乱时序节拍而导致系统混乱，通

信中断的危险。

为了防止这种现象的出现本文采用双保险的办法，即常规的边搜索边跟踪加计算补点的方法。

2 基本算法

2.1 概念

- 方位角：目标与真北坐标系原点的连线与真北轴逆时针夹角称之为方位角。记为 B $[0 \sim 360^\circ]$

- 航向角：船首方向与真北轴逆时针夹角称之为航向角。记为 C_w $[0 \sim 360^\circ]$

- 我舷角：目标与船首原点的连线与船首的夹角称之为我舷角。记为 q_w ，在船首的右侧称之为右舷角，左侧称之为左舷角，分别记为 $\pm q_w$ $[0 \sim 180^\circ]$ $[-180^\circ \sim 0]$

- 扫描角：相控天线零度的辐射方向与扫描线之间的夹角称之为扫描角，在零度的辐射方向的右侧记为 $+\theta$ ，左侧记为 $-\theta$ 。

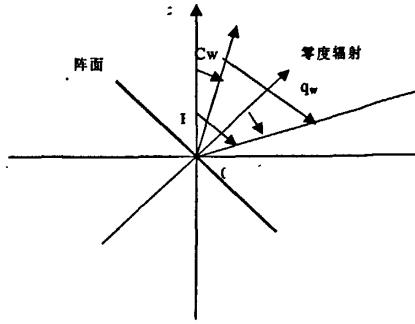


图 1

2.2 我舷角、航向角、方位角之间的关系

- $180^\circ \geq |B_K - C_w| \geq 0$ 时

当 $B_K - C_w \geq 0$ 时, 则 $q_w = B_K - C_w$ (右舷)

当 $B_K - C_w \leq 0$ 时, 则 $q_w = B_K - C_w$ (左舷)

- $360^\circ \geq |B_K - C_w| \geq 180^\circ$ 时

当 $B_K - C_w \geq 0$ 时, 则 $q_w = -360^\circ + B_K - C_w$ (左舷)

当 $B_K - C_w \leq 0$ 时, 则 $q_w = 360^\circ + B_K - C_w$ (右舷)

2.3 已知两点经纬度求方位角 B

已知两点经纬度求方位和大地线距离

$$A = \sqrt{1 + e^2 \cos^4 B_1} \quad (1)$$

$$B = \sqrt{1 + e^2 \cos^2 B_1} \quad (2)$$

$$C = \sqrt{1 + e^2} \quad (3)$$

则:

$$\Delta B = B_2 - B_1 \quad (4)$$

$$D = \frac{\Delta B}{2B} [1 + \frac{3e^2}{4B^2} \Delta B \sin(2B_1 + \frac{2}{3} \Delta B)] \quad (5)$$

$$E = \sin D \cos \omega \quad (6)$$

$$\omega = A(L_2 - L_1)/2 \quad (7)$$

$$F = \frac{1}{A} \sin \omega (B \cos B_1 \cos D - \sin B_1 \sin D) \quad (8)$$

$$\sin^2(\frac{\sigma}{2}) = E^2 + F^2 \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} a_0 = \frac{F}{E} \quad (\text{象限由 } E, F \text{ 的符号判定}) \quad (10)$$

$$\operatorname{tg} H = \frac{1}{A} \operatorname{tg} \omega (\sin B_1 + B \cos B_1 \operatorname{tg} D) \quad (11)$$

$$S = aC\sigma / B^2 \quad (12)$$

$$\alpha_{12} = a_0 - H \quad (13)$$

$$\alpha_{21} = a_0 + H \pm 180^\circ \quad (14)$$

B_1 、 L_1 为 1 点的经纬度;

B_2 、 L_2 为 2 点的经纬度;

$$e^2 = \frac{a^2 + b^2}{b^2} \quad (15)$$

b 分别为地球的长短半轴

S 为两点间的大地线距离

α_{12} 表示 2 点相对 1 点方位角

α_{21} 表示 1 点相对 2 点方位角

2.4 舷角 q_w 与扫描角 θ 的关系

讨论四种情况: 如图 2~图 5

- 相控阵面零度辐射方向与船首线方向一致
则 $\theta = q_w$, q_w 为正时, θ 也为正, 反之则反。

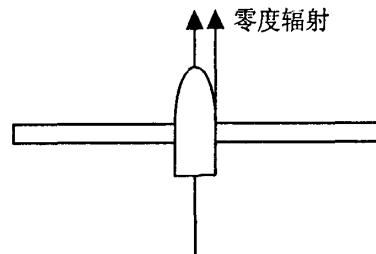


图 2

- 相控阵面零度辐射方向与船首线方向差 180°

当 q_w 为正时, $\theta = q_w - 180^\circ$

当 q_w 为负时, $\theta = q_w + 180^\circ$

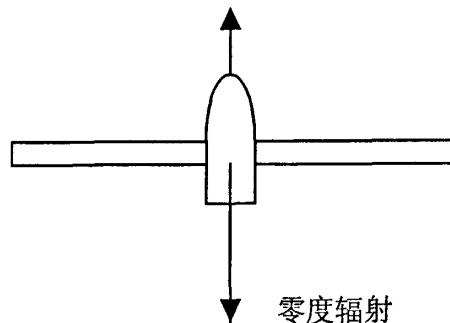


图 3

- 相控阵面零度辐射方向与船首线方向逆时针

垂直时

$90^\circ \geq q_w \geq 0$, 则 $\theta = q_w - 90^\circ$ 为负值

$180^\circ \geq q_w \geq 90^\circ$, 则 $\theta = q_w - 90^\circ$ 为正值

- 相控阵面零度辐射方向与船首线方向顺时针
垂直时

当 $q_w [-90^\circ \sim 0]$, 则 $\theta = 90^\circ - |q_w|$ 为正值

当 $q_w [-90^\circ \sim -180^\circ]$, 则 $\theta = -(|q_w| - 90^\circ)$

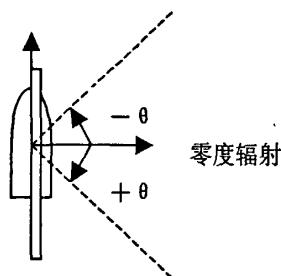


图 4

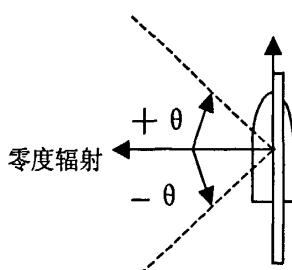


图 5

2.5 预测 θ 角的确定

预测 θ 角的确定就是预测它平台的经纬度和本平台的经纬度, 因为预测了两点经纬度即可预测其方位、距离, 也就是预测了 θ 角。

假设结点在基准椭球面上运动, 航向为 C_w , 航速为 v , 那么在 T_0 时间内移动的经度 ΔL 和纬度 ΔB 为:

$$\Delta L_0 = \frac{vT_0 \sin C_w}{a_0 \cos B_0} (\cos^2 B_0 + (1-f)^2 \sin^2 B_0)^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

$$\Delta B_0 = \frac{vT_0 \cos C_w}{a_0 (1-f)^2} (\cos^2 B_0 + (1-f)^2 \sin^2 B_0)^{\frac{3}{2}} \quad (17)$$

则在第 i 个时刻的结点经纬度为:

$$L_{i+1} = L_i + \Delta L_0 \quad (18)$$

$$B_{i+1} = B_i + \Delta B_0 \quad (19)$$

式中 f 为椭球的扁平系数。

3 补点的方法和过程

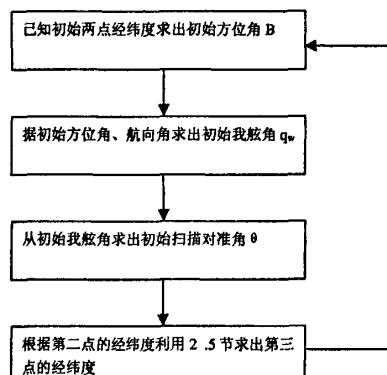
3.1 补点的方法

各结点在入网以后, 能够按照时序的要求自行搜索和跟踪发射成员, 如果跟踪丢失以后

能够利用算法提供的在 T 时刻的发射成员相对于接收成员的角度信息进行补点处理;

算法能够利用预测的发射成员的经纬度和本成员的经纬度算出的方位角, 转换成接收成员的天线对准发射成员的天线的跟踪角度供各结点补点用;

3.2 补点的过程



4 结论

在复合跟踪网络中, 相扫天线采用边搜索边跟踪再加计算补点的方法, 可以很好地解决结点间天线的相互跟踪和通信问题, 此方法已经在某试验中得到了很好的验证。

参考文献(略)

作者联系方式

通信地址: 西安市 92 信箱 74 分箱

邮政编码: 710068 联系电话: 029-88788671 13720581965

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养, 更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果, 又能免除您舟车劳顿的辛苦, 学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲, 结合实际工程案例, 直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>