

文章编号: 0455-2059(2009)00-0145-03

电偶极子天线电磁场辐射特性

石新军

(武警广州指挥学院, 广州 510440)

摘 要: 为了研究电偶极子天线电磁场辐射特性, 利用电磁场理论和解析的方法求出电偶极子天线电磁场表达式, 并对结果进行讨论. 结果表明电偶极子天线的近区场为静态场, 远区场为辐射场.

关键词: 电偶极子; 辐射; 特性

Electrical dipole wire electromagnetic field radiation characteristic

SHI Xin-jun

(Guangzhou Command College of Armed Police Force, Guangzhou 510440, China)

Abstract: For the characteristic property studying electrical dipole wire electromagnetic field radiation, this paper make use of electromagnetic field theory and analytical method to seek out electrical dipole wire electromagnetic field expression, and discuss that to finally being in progress. The near region finally indicating electrical dipole wire is static, state distant area is radiation.

Key words: electrical dipole; radiation; characteristic property

静止的电荷和稳恒的电流会在空间产生静电场和磁场, 这样的电场和磁场不随时点变化且相互独立存在. 要产生电磁相互作用, 形成变化的电磁场, 将信息以电磁波的形式辐射出去, 必须具有天线. 将能向自由空间辐射电磁波或从自由空间接受电磁波的装置称为天线, 天线的形式分为线式天线和面式天线. 但任何形式和形状的天线都可看成是无限多个载有交流信号的基本小线元组成, 这些基本元通常被称为电偶极子. 本文详细地探讨电偶极子的电磁场辐射特性.

1 辐射场的计算

设长为 dl 的线导体元, 其上的电流分布是均匀的(图1), 但随时间按正弦变化, 即

$$i(t) = \text{Re}[I_0 e^{j\omega t}]. \quad (1)$$

因为在两端电流不连续, 所以两端必定有符号相反的电荷 q , 它也随时间作正弦变化, 即

$$q = \text{Re}[q_m e^{j\omega t}]. \quad (2)$$

其中 $q_m = I_0/J\omega$. 因此构成了一偶极子, 其偶极矩为

$$P = \text{Re}[P_m e^{j\omega t}]. \quad (3)$$

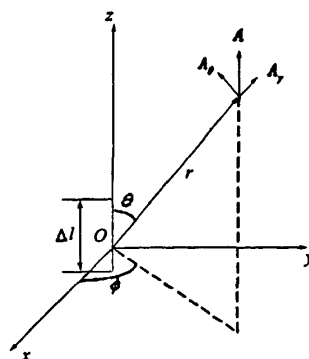


图 1 电偶极子模型

Fig. 1 Electrical doublet antenna

设电偶极子的臂沿 z 轴方向, 则电流只有 z 方向上的分量, x 和 y 方向的分量为零, 即

$$\begin{cases} I_m = I_{zm} \hat{z}, \\ I_{xm} = I_{ym} = 0. \end{cases} \quad (4)$$

电偶极矩也只有 z 方向的分量, 将它变换到球坐标系后为

$$P_m = p_m \hat{z} = p_m (\cos \theta \cdot \hat{r} - \sin \theta \cdot \hat{\phi}). \quad (5)$$

收稿日期: 2009-03-12

作者简介: 石新军(1974-), 男, 陕西洛南人, 副教授, e-mail: xjswlzy@126.com, 研究方向为信息系统电磁辐射与防护.

此时电偶极矩 P_m 产生的磁矢位 A_l 为

$$A_l = \text{Re} \left[\frac{j\omega\mu_0 P_m e^{j(\omega t - kr)}}{4\pi r} (\cos\theta \cdot \hat{r} - \sin\theta \cdot \hat{\theta}) \right]. \quad (6)$$

其中: k 为相移常数, $k = 2\pi/\lambda$; μ_0 为真空中的磁导率. 上式中 $e^{j(\omega t - kr)}$ 因子, 表明是依原点为中心向外扩散的球面波; A_l 代表了一个时变的电偶极矩产生的电磁场. 因为 $B = \nabla \times A_l$, 所以球坐标中, 电偶极矩 P_m 辐射场中的磁感应强度 B 为

$$B = \text{Re} \left[-\frac{\mu_0 k^2 \omega P_m}{4\pi} \left(\frac{1}{kr} - \frac{j}{(kr)^2} \right) \sin\theta \cdot e^{j(\omega t - kr)} \cdot \hat{\phi} \right]. \quad (7)$$

这里电场强度: $E = E_r \cdot \hat{r} + E_\theta \cdot \hat{\theta}$, 其中 ϵ_0 为真空中或自由空间中的介电常数, 则有

$$\begin{cases} E_r = \text{Re} \left[-\frac{k^3 P_m}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{2j}{(kr)^2} + \frac{2}{(kr)^3} \right) \cos\theta \cdot e^{j(\omega t - kr)} \right], \\ E_\theta = \text{Re} \left[-\frac{k^3 P_m}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{(kr)} - \frac{j}{(kr)^2} - \frac{2}{(kr)^3} \right) \sin\theta \cdot e^{j(\omega t - kr)} \right]. \end{cases} \quad (8)$$

2 电偶极子近区场与远区场的特性

2.1 近区场的表达式

因为近区场内 $kr \ll 1$, 所以 $e^{-j\omega r} \approx 1$, 并且相对于 $1/(kr)^3$ 的项而言 $1/(kr)^2$ 和 $1/(kr)$ 的项可以忽略, 所以电场强度和磁场强度的表达式变成:

$$\begin{cases} E_r = \text{Re} \left[\frac{P_m}{4\pi\epsilon_0 r^3} (\cos\theta \cdot \hat{r} - \sin\theta \cdot \hat{\theta}) \cdot e^{j\omega t} \right], \\ B = \text{Re} \left[-\frac{j\mu_0 k^2 \omega P_m}{4\pi r^2} \sin\theta \cdot e^{j\omega t} \cdot \hat{\phi} \right]. \end{cases} \quad (9)$$

其中: $P_m = q_m dl = I_0 dl / j\omega$. 当 ω 趋于 0 时, 电场的表示式与静电偶极子产生的电场的表示式完全一致. 因此在近场区内由于电磁波的有限传播速度所引起的相位滞后效应可以忽略^[1].

2.2 远区辐射场的表达式

因为远区场内 $kr \gg 1$, 因此相对于 $1/(kr)$ 项而言, $1/(kr)^2$ 和 $1/(kr)^3$ 的项可以忽略, 所以电场强度和磁场强度的表达式变成:

$$\begin{cases} E = \text{Re} \left[\frac{-k^2 P_m}{4\pi\epsilon_0 r} \cdot \sin\theta \cdot e^{j(\omega t - kr)} \cdot \hat{\theta} \right], \\ B = \text{Re} \left[\frac{-\omega\mu_0 k P_m}{4\pi r} \cdot \sin\theta \cdot e^{j(\omega t - kr)} \cdot \hat{\phi} \right]. \end{cases} \quad (10)$$

由于 $\hat{\phi} = \hat{r} \times \hat{\theta}$, 所以在这一区域内, 电场和磁场满足关系:

$$B = \frac{1}{c} \cdot \hat{r} \times E. \quad (11)$$

其中: c 为真空中的光速. 由式(11)可知, 这个区域中占主要成分的场与近区场完全不同, 它的电场强度和磁场强度同相, 并且辐射场占主要部分. 在其它条件相同的情况下, 频率越高, 辐射能力越强.

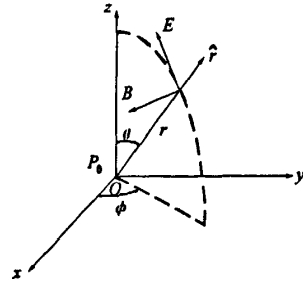


图 2 电偶极子远区的电场、磁场和传播方向之间的关系

Fig. 2 Relationship of electrical doublet transmission between electric field, magnetic field and transmitting direction

3 远区辐射场指向性

电偶极子向外辐射的能量是与它相连接的外源提供的, 因此对外源而言, 电偶极子的作用相当于一个电阻, 其阻值为 R_r . 在 $dl \ll \lambda$ 的条件下, R_r 越大, 电偶极子辐射功率越大.

从磁场强度的表示式(10)可以看出, 电偶极子辐射的电磁波的等相位面为 r 常数的球面, 所以它辐射的电磁波是球面波. E , B 和传播方向 r 之间的关系表示如图2所示.

在 r 常数的球面上, 这个球面波的场强的大小并不是均匀的, 而是与 $\sin\theta$ 成正比, 这说明电偶极子在空间中的辐射场是有方向性的.

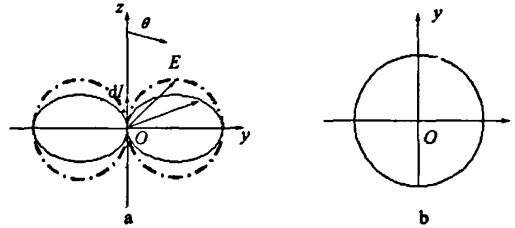


图 3 电偶极子辐射方向图

Fig. 3 Transmitting direction chart of electrical doublet

在 $\theta = 0$ 时, $B = 0$, 即电偶极子的极轴上场强为零; 在 $\theta = \pi/2$, 即垂直于极轴的平面上, 辐射最强, 如图3a所示. 在天线技术中以电场或功率在空间的相对分布图形来表示辐射场的方向性, 电偶极子的辐射在与其轴垂直的水平面内是均匀的(与方位角无关), 即无方向性, 如图3b所示. 而电偶极子的辐射在包含其轴的铅垂面内辐射场与 $\sin\theta$ 成正比, 方向图是一个立体图形, 即电偶极子在空间的辐射方向图是铅垂面的 ∞ 符号绕着 z 轴旋转形成的旋转体^[2].

(下转第 152 页)

的language选项的值,用于指导系统在创建数据索引时选择相对正确的分析器(分词系统),提高索引质量。

2.4 分词程序

Lucene2.0提供了多种语言的分词程序。这些分词程序分别为ChineseAnalyzer(中文)、CJKAnalyzer(亚洲语言,中文、日文、韩文等)、GermanAnalyzer(德文)、StandardAnalyzer(英文)、BrazilianAnalyzer(巴西文)、GreekAnalyzer(希腊语)、FrenchAnalyzer(法语)、RussianAnalyzer(俄文)等。

在Metadatasearch中,索引器(Indexer)调用Lucene提供的各种分词器为不同语种的元数据分别实现了索引。程序示例如下:

```
IndexWriter writer = new IndexWriter(fsd, new  
ChineseAnalyzer(), true);
```

2.5 数据备份

Metadatasearch的数据备份很简单,只需将索引目录和全文目录定期备份即可。如果索引文件崩溃,那么,我们只需对Harvester获取的所有XML文档进行重新解析重新索引即可将所有索引和对应的全文恢复。

3 尚待解决的问题

Metadatasearch虽然提供了一种有效元数据获取和利用的解决方案,但是它目前还存在一些尚未解决的技术和非技术问题,等待有识之士去解决。

Metadatasearch的URLList.xml文档中的数据提供者(Data Provider)的URL主要以人工方式维护,目前,URLList.xml的url总计约有800个,这些URL主要来自两个网址:

<http://wiki.dspace.org/index.php//DspaceInstances>
<http://www.openarchives.org/Register/BrowseSites>

增强系统获取资源的能力,还需要设计并实现一个自动识别数据提供者的功能模块。

Metadatasearch对语种识别(Language Identification)的解决方案尚不成熟,对于没有提供language字段元数据,需要人工来识别。进一步的工作需要设计一个较为完备的语种识别模块。

Metadatasearch没有实现对元数据的分类,按语种对元数据资源进行分类是该系统下一步需要解决的问题。

Metadatasearch获取并索引了多种语种的元数据资源,这就要求在用户输入关键词时,系统能返回多种语言的检索结果。该系统还未实现这一功能。

在数据量过大的情况下,系统性能就会大打折扣。因此,实现该系统的分布式部署和运行是非常必要的。

Metadatasearch提供了部分元数据的全文获取选项,这对于Metadatasearch的使用者来说不知是福是祸,因为版权问题是一个很难解决的问题。

4 结束语

Metadatasearch提供了一种有效的元数据获取和利用的解决方案,它提供了元数据获取、部分全文获取、元数据及其全文索引及检索功能。

目前,Metadatasearch还是一个试验性的原型系统。通过不断改进和完善,Metadatasearch将能为广大用户提供优质高效的元数据及全文检索服务。

参 考 文 献

- [1] 李刚,宋伟,邱哲. 征服AJAX+LUCENE构建搜索引擎[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
- [2] Steven J. Owens. Lucene Tutorial. <http://dark-sleep.com/lucene>.
- [3] 车东. 在应用中加入全文检索功能—基于Java的全文检索搜索引擎[J/OL]. <http://www.chedong.com/tech/lucene.html>, 2009-08-12.

(上接第146页)

参 考 文 献

- [1] 郝小平. 微型低功耗无线传声模块及其应用[J]. 无

线电, 2003(1): 55-58.

- [2] 王蔷,李国定,龚克. 电磁场理论基础[M]. 北京:清华大学出版社, 2001: 49-61.

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,一直致力和专注于微波、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>