



## 基于分布式天线的无线通信系统中信道分配问题<sup>\*</sup>

吴树兴 吴伟陵

(北京邮电大学信息工程学院 北京 100876)

### 摘要

分布式无线通信系统(DWCS)是不同于传统蜂窝系统的一种崭新的系统,而它的信道分配问题是使整个系统发挥优势的关键之一。本文分析了传统蜂窝系统和 DWCS 中的信道分配的内容和意义,并给出了在 DWCS 中信道分配方面所要解决的几个关键的问题。

关键词 分布式无线通信系统 动态信道分配方案 虚拟小区

### 1 背景

目前无线传输技术成为各国发展的热点,其主要发展趋势是高频段、高速率、高效率,在无线网络结构方面则趋向于支持各种数据业务和多媒体业务的 IP 化方向发展。但是从根本上讲,无线通信未来所要解决的问题仍然是如何更充分地利用有限的时间、频率、码字和空间资源,以获得更高的频谱效率和传输速率,缩小与有线网传输能力的差异,对这些问题的有效解决

可直接推动无线通信自身的发展,又可大大促进以 Internet 为核心、以无线通信为有效接入手段的整个高速信息网的发展。

在系统结构上,提高频谱效率的常规方法是进行小区分裂和采用扇化小区,随着对系统容量要求的进一步提高和可使用频段的不断上移,无线通信网的小区结构正逐步向微微小区、混合小区和多层小区结构演变,这在一定程度上缓解了频谱资源紧张的问题和提高了系统的容量,但并不能从根本上解决问题,小区分裂也不可能无限制地进行下去,而且它还会带来诸如切换频繁、系统干扰增加、频率规划复杂、成本提高等问题,因此无法满足未来无线通信发展的要求。

<sup>\*</sup> 本文获国家自然科学基金项目(No.90204001)资助

2 Bates T, Chandra R, Chen E. BGP route reflection-an alternative to full mesh IBGP. RFC2796, April 2000

3 McPherson D, Gill V, Walton D, *et al.* Border gateway protocol (BGP) persistent route oscillation condition. RFC3345, August 2002

## Load Sharing Implementation in Large Complicated IP Networks by Improving BGP

Xu Jianfeng, Zhu Huahong

(Guangzhou R&D Center, China Telecommunications Corporation, Guangzhou 510630)

**Abstract** Load sharing among multiple equal cost paths is a basic method in large IP networks design. There are some load-sharing solutions in IGP protocols. However, there is no way to resolve load sharing in BGP with route reflections. This paper proposes two extensible mechanisms that will resolve load sharing in BGP with route reflections: multi-reflection path (MRP) and next-hop designated withdraw reflection(NHDWR).

**Key words** route reflection, multi-reflection path, multi-reflection path next hop, next-hop designated withdraw reflection

(收稿日期:2004-08-06)



为了从根本上获得更高的系统容量和更快的传输速率,必须突破传统的蜂窝结构限制,更有效地利用整个系统的时间、码字、频率和空间资源,一种解决方法是采用基于分布式天线的分布式网络结构。分布式无线通信系统(DWCS)将蜂窝系统中的基站简化为收发天线和信号转换装置,天线之间用光纤连接,天线的设置和用户密度相对应:在用户密度低的地区,可以减少天线数目,形成的通信系统类似于现有的蜂窝系统;在用户密度较高地区,则采用较大的天线密度,降低各天线的发射功率,形成分布式接入系统。分布式天线系统中各天线的收发信号处理是在处理单元(分布式或半分布式)而不是在天线处进行的,这有利于各种先进信号处理技术和分布计算技术的应用。信息论早已指出多人多出系统的容量大于单人单出系统的容量,最新的理论研究也指出多天线系统的容量远大于单天线系统,而分布式天线系统可以说是多人多出系统理论和多天线理论在系统网络结构层面的一种有效应用,与蜂窝系统相比,分布式无线通信网络可以提供高得多的传输速率和系统容量。

基于分布式天线的无线通信系统区别于传统的以蜂窝为特征的系统,它主要是采用分布式结构和分布式处理方法实现无线通信系统。在系统的结构上,传统的移动通信系统采用蜂窝结构,一个地区被划分成多个小区,每个小区设立一个中心基站和天线,负责覆盖整个小区,每个用户与它所在的基站进行通信。而在DWCS中,多根天线分布在一个地区的不同位置,不存在小区的概念,系统为用户确定与之进行通信的天线集合,针对每个用户的天线集合中的多根天线同时收集和发送无线信号,所有信号由分布式处理单元统一处理,因此完全打破了传统的蜂窝结构,可以解决在高传输速率、高业务质量和高通信容量情况下,蜂窝小区结构容易崩溃的危险。分布式概念的另一层含义是处理单元的分布性,类似于分布式处理网络或分布式核心网络。各处理器分别负责一部分天线信号的处理,包括信号的调制/解调、编码/解码等。分布式处理的突出优点是容易引入并行计算,解决高速通信中集中处理计算复杂度高的问题,同时增大系统的可靠性。下面是DWCS的几个重要概念。

#### (1) 虚拟小区

在DWCS中,传统的以基站为中心的蜂窝小区概念不再存在,替代它的是以用户为中心的虚拟小区,即对每一个移动用户,系统根据其所在位置确定为其服务的分布式天线集合,这个天线集合就构成该用户的虚拟小区。每个用户有它自己的虚拟小区,且随着用户在分布式无线网络中的移动,虚拟小区也会发生相应的变化。不同的移动台一般有不同的虚拟小区,虚拟小区是动态的、临时形成的,服务完后要释放掉。

#### (2) 虚拟基站

DWCS的基本思想是将传统的以基站为中心的覆盖方式转

变为以移动台为中心的分布式接收、发送,各计算单元分别负责一部分天线信号的处理,包括信号的调制/解调、编码/译码等。因此DWCS不再有传统的中心处理基站,取而代之的是虚拟基站,这是以用户为中心、动态地进行接收、处理的部分。

#### (3) 虚拟隧道

在DWCS中,分布式节点相互协调完成无线信号和数据的处理,显然这需要在节点之间建立高速率和高质量的通信机制。虚拟隧道的基本思想是在高速的有线网络上建立虚拟连接,使得节点之间能够有效地进行点对点通信。一个虚拟隧道由一个或多个数字链路组成,在连接过程中,数字链路可能发生变化,每个虚拟隧道有一个唯一的标识号——VTI(虚拟隧道标识号),并在连接过程中保持不变。

DWCS中的隧道分为两层:一是分布式处理网络中的虚拟隧道,传送RF数字信号;二是分布式核心网络中的虚拟隧道,传送数据。虚拟隧道主要解决DWCS高速数据传输和移动管理问题。

## 2 无线资源管理中信道分配的内容和意义

我们在展望DWCS具有巨大潜力的同时,也意识到高用户量、高数据传输量和不同特征的用户、业务、QoS要求并存给未来无线网络带来的潜在挑战。解决这一问题不仅需要一流的设备,更需要先进的无线资源管理技术,即使用简单的收发信机优化分配有限的无线资源来提高网络的整体容量。

传统的蜂窝网结构的无线资源管理问题是指对于一个进入网络的移动用户,网络需要分配适当的基站、信道、发信功率,以使具有固定硬件设备的无线网络获得更高容量的同时,满足用户的质量要求。而在DWCS中的无线资源管理由于其结构和处理是分布式的,所以具有更高的复杂性和灵活性。DWCS是一个动态网络,随时都有用户发出呼叫、中断呼叫,并在网络内部移动,虚拟小区是在不断动态变化的,系统要根据用户的需要确定虚拟小区,分配时间、频率、码字和空间资源,进行功率控制。因而,好的无线资源管理技术应该是实时的并能充分利用网络内部的有效资源,从而达到资源最佳分配。

无线资源管理的问题涉及移动用户与基站(天线)之间无线链路的建立,包括选择基站和虚拟小区、信道分配、上行和下行发信功率控制、切换、拥塞控制等。这种操作统称为资源分配规则(resource allocation algorithm, RAA)。无线资源管理的核心问题是在保证网络服务质量的前提下,提高频谱利用率。其基本出发点是在不同业务、不同的业务分布下,且信道的状态因信号衰落和干扰而起伏变化的状况下,设法灵活地分配和及时调整可用资源。信道分配是无线资源管理中最常用也是最有效的方法,这里主要讨论DWCS中的信道分配问题。

## 2.1 信道分配方式

在现代蜂窝网络中,随着用户密度的增加,信道分配对网络容量直接起着至关重要的作用。信道可以是多重含义:在 FDMA 中,指频率或无线载波;在 TDMA 中,指时隙;在 CDMA 中,指正交码或 PN(导频)码。而信道分配本身的范畴为其中的任何一种或两种以上的合成。目前有三种分配方式,即固定信道分配(fixed channel allocation, FCA)、动态信道分配(dynamic channel allocation, DCA)和混合信道分配(hybrid channel allocation, HCA)。

其中, FCA 是最传统的一种信道分配方式,普遍应用在第一和第二代移动通信系统中。它根据网络设计的要求,考虑在最差情况下所需要的频率复用距离,由此制定频率规划。由于缩短复用距离可提高频谱利用率,而这种最差情况的考虑又限制了复用距离的缩短,所以 FCA 不能满足高频谱利用率的要求。它简单但不适合高数据传输率和用户密度的变化。

在 DCA 中,系统根据实时测试或估测到的信道质量(通常为信噪比)或话务情况来分配信道。DCA 相对 FCA 需要更多的信息,这样增加了控制信道的信息量,但它可以使用高智能的算法得到 FCA 所达不到的网络容量。DCA 领域与数学的优化问题紧密相连,但由于其高度复杂性和很长的运算时间(尤其是对于大型的网络),除可在理论上给出网络可达到的最佳容量外,实际中并不常应用。基于分布式天线的无线通信系统中通过引入并行计算等技术可以解决其复杂性高的问题,因此采用高效的 DCA 分配策略提高系统的容量是可行的。在该系统中天线在楼与楼之间大量分布,天线与天线之间距离在几十米或者几百米,而且周围建筑集中,在这样的市区环境下,传统的 FCA 具有很低的效率,而 DCA 是比较合适的选择。DCA 策略和算法已经有很多文献研究,但大多都是基于传统的蜂窝系统的,在 DWCS 中由于其本身的不同结构和特点,需要适合于它的 DCA 策略和算法,以便高效地提供给接入用户和切换,提高系统容量。

HCA 方式包含着固定的信道分配成分,这对于传统蜂窝网络是有效的,而对于 DWCS 却不适合。因为在传统的蜂窝网络中,小区是固定的,用户选定了某个小区,并且只属于这个固定的小区,移动到另一个小区就切换到另一个小区中,而在 DWCS 中,虚拟小区是根据用户的移动性和业务的不同在不断变化着的,是动态的。

从上面的分析中可以看到:在 DWCS 中,良好的无线资源管理是至关重要的,不断变化的虚拟小区的确定和信道资源的分配等问题是要进行考虑的关键问题。由于用户的不同业务要求、移动性,以及进行多根天线选择的灵活性,使得信道分配采用动态方式比较适合。

## 2.2 考虑切换的信道分配

在信道资源方面,由于切换的存在,必须考虑预留一定的信道资源给切换,在传统的蜂窝网络中,预留多少资源是和小区中的业务量和用户的移动属性相联系的。而在 DWCS 中,预留资源的多少所涉及的因素更多,因为虚拟小区在不断地变化着,某个用户同时进行通信的天线数也在不断变化着,这就给资源的预留多少的确定增加了复杂性,而在资源预留时要使系统达到最优,必须要进行切换和信道分配之间的权衡,这样采取什么标准进行切换的信道的预留也是要讨论的问题。

## 2.3 结合功率控制的信道分配

在进行时间、频率、码字、空间分配的同时,不可能割裂功率的分配,越来越多的信道分配方案都涉及到时间、频率、码字、空间和功率的联合分配,系统的优化没有功率的分配是达不到最优的,好的功率分配方案可以有效地降低同信道干扰和对邻信道用户的干扰,从而提高整个系统的性能。在 DWCS 中可能会采用频率、时间、码字的复用,那么功率控制就显得更加重要。在现存的 TDMA 和 FDMA 系统中,功率控制的作用是减少网络内部同信道干扰,从而成为减少复用距离的最有效的方法。将信道的分配和功率的分配结合在一起,可在 DWCS 中得到更高的频谱效率。

功率控制可分为两类:集中控制和分散控制。

集中控制就是网络的中央控制部分(如移动交换中心)收集每条链路的信息,从整个网络的角度分配功率。集中控制的奠基人 Jens Zander 从理论上证明在某一瞬间如果已知每条链路的衰落参数,那么就有一种最佳的功率组合方式,可使网络达到最高容量。这时,每个用户得到的信噪比恰好等于(或大于)平均信噪比门限,即 SIR (signal interference rate)平衡。显然,它可以使蜂窝网的容量达到最高点,但由于基站与交换机之间传输大量的信息,这一方法不够实际。

分布式控制的应用很广泛,尤其在第三代蜂窝系统中。常见的分布式控制有:恒定接收功率和分散受限功率,前者应用于 CDMA 系统中,后者应用于第三代系统 WCDMA 的提案中,分布式控制将是今后发展的方向。以最快的速度达到最好的同信道干扰控制将是主要目标,但目前的研究结果证明,功率控制速度与性能之间无法同时兼顾。在 DWCS 中,功率控制可以采取集中式,也可以采用分布式控制的方式,但都要和其它的资源分配结合起来考虑。

## 3 DWCS 中信道分配所涉及到的问题

现已在实际中采用的和文献中提到的动态分配方案都是传统的蜂窝系统所设计的,而针对分布式天线的无线通信系统的网络结构和分布式处理的特点,要求有相应的适合这个通信系



统的信道分配策略和功率控制方法。根据分布式天线系统的网络结构和特点,我们提出了在信道分配方面首先要解决的问题。

#### (1) 一个节点连接的天线数、天线的拓扑结构对于系统的影响

在进行节点、天线数等的最初规划时,连接的天线数要确定下来,而这个数目和哪些因素有关,对网络性能有怎样的影响,都需要分析。天线处理节点的能力也会对网络产生影响,这方面的分析也是必要的。

#### (2) 天线的选择与业务的关系

天线的选择涉及到天线的数目、天线的类型、采取什么样的准则或策略。天线进行如何选择和用户的业务要求、用户的移动性特征及当前的网络负荷的情况有很大的关系。

#### (3) 信道分配方案的提出和性能的分析

主要指对时间、频率、码字、空间、功率等资源的分配,和寻找适合于 DWCS 结构的信道分配算法,进行各种性能的分析 and 验证,得到性能比较好的算法。已经有大量的文献对信道分配问题进行探讨,但对于 DWCS 的特殊性,这些信道选择策略和算法是否适用,用于该系统时其性能如何,都需要进行分析。还需要在理论上对极限情况进行推导,作为好的信道分配算法的理论依据。

#### (4) 预留信道的确定

主要为了切换或者对时间敏感的实时业务进行信道预留,预留的数目的多少会对系统的容量和用户的满意度产生影响。

#### (5) 信道分配算法的稳定性分析

有些分配算法策略性能很好,但对于功率、信道是否敏感是实际中能否采用的关键,对这方面可以从理论上进行分析,可以参照有线网络和蜂窝网络的结构进行分析,并在 DWCS 中进行这方面的初步探讨。

以上这些问题都是信道分配中必须要考虑的关键问题,它们关系着系统是否能够达到比较高的系统容量,系统的优势能

否得到发挥,以及系统的规划、将来的优化。

## 4 结束语

分布式天线系统是一个崭新的通信结构,而无线资源管理中的信道分配是这个系统中的关键技术,是使得系统的优势得以发挥的重要方面,本文提出了这方面的若干关键问题。天线的选择、信道的选择、信道预留、功率的分配都是将来必须进行具体讨论的方面。

## 参考文献

- 1 Acx A G, Berg M, Karlsson M, *et al.* Third generation mobile communication systems. Artech House Publishers, Boston, 2000
- 2 Berg M. A concept for hybrid random/dynamic radio resource management. In: Proc PIMRC'98, Boston, USA
- 3 Cheng M M L, Chuang J C I. Performance evaluation of distributed measurement based dynamic channel assignment in local wireless communications. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1996, 14(4): 698~710
- 4 Hanly S V. An algorithm for combined cell-site selection and power control to maximize cellular spread spectrum capacity. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1995, 13(7)
- 5 Katzela I, Naghshineh M. Channel assignment schemes for cellular mobile telecommunication systems: a comprehensive survey. IEEE Personal Communications, 1996(6): 10~31
- 6 Okada K, Kubota F. A proposal of a dynamic channel assignment strategy with information of moving direction in micro cellular systems. IEICE Trans Fundamentals, 1992, E75-A(12): 1667~1673
- 7 Pettersson S. A comparison of radio resource management strategies in bunched systems for indoor communication. In: Proc VTC'99, Houston, USA
- 8 Zander J. Radio resource management——an overview. In: Proc VTC'96, Atlanta, GA
- 9 Zander J. Performance of optimum transmitter power control in cellular radio systems. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1992, 41(1)

# Channel Assignment Problems Based on Distributed Wireless Communication System

Wu Shuxing, Wu Weiling

(School of Electronics and Information Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876)

**Abstract** Distributed wireless communication system (DWCS) is a novel communication system that is different from traditional cellular systems, and channel assignment problems are part of the keys if the predominance of DWCS can be guaranteed. The channel assignment problems discussed in this paper are based on the system. The paper analyses the contents and significances of both traditional cellular system and DWCS, and provide the several key problems of channel assignments in DWCS.

**Key words** DWCS, dynamic channel assignment scheme, virtual cell

(收稿日期:2004-09-20)

## 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](http://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](http://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](http://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>