蜂窝移动通信系统中基于紧凑模式的信道借用指配策略

方旭明,诸昌钤,范平志
(西南交通大学计算机与通信工程学院,成都 610031)

摘　要: 本文介绍了蜂窝移动通信系统中一种新的动态信道指配策略——基于紧凑模式的信道借用指配策略(CPCB).这种策略不仅具有基于紧凑模式的动态信道指配的优点,而且具有固定信道指配策略中信道借用的优点.作者将新算法在一种普遍采用的49个蜂窝的蜂窝通信网络上进行了仿真,分别对几种均匀和非均匀模式的业务分布情况进行了比较,结果表明:CPCB的系统平均阻塞率低于FCA、BDCL、基于CP的DCA和CPMCB等,而且随着负载的增加,其系统平均阻塞率的增长速率也明显低于上述各种策略.

关键词: 蜂窝移动通信;紧凑模式;信道借用策略;信道分配
中图分类号: TN929.53　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 0372-2112(2000)01-0018-03

Compact Pattern Based Channel Borrowing Assignment Strategy in Cellular Mobile Communication Systems

FANG Xu-ming, ZHU Chang-qian, FAN Ping-zhi
(*College of Compt. and Commun. Eng., Southwest Jiaotong University, Chengdu* 610031, *China*)

Abstract: This paper proposes a new dynamic channel assignment strategy in cellular mobile communication systems, which is called compact pattern based channel borrowing assignment strategy (CPCB). The new strategy combines the advantages of compact pattern dynamic channel assignment with fixed channel assignment with channel borrowing. CPCB is simulated in the conventional 49-cell network. Compared with the average blocking probabilities of fixed channel assignment (FCA), borrowing with directional channel locking (BDCL), compact pattern based dynamic channel assignment (CPDCA) and compact pattern with maximized channel borrowing (CPMCB) in various uniform and nonuniform traffic load distribution, the simulation results indicate that with the increase of traffic load, the system average blocking probability of CPCB is lower than those of FCA, BDCL, CPDCA etc.. Besides, the growth rate of the blocking probability is also lower than that of the above strategies significantly.

Key words: cellular mobile communication; compact pattern; channel borrowing strategy; channel allocation

1　引言

在给定频谱和所采用的技术前提下,如何提高蜂窝移动通信系统的业务携带容量是蜂窝移动通信系统、尤其是微蜂窝移动通信系统资源管理的一项重要研究内容.经过学者们多年的研究,目前信道资源以下用FDMA中的频率来代表)指配策略主要有三类:固定信道指配(FCA)、动态信道指配(DCA)和两者相结合的综合信道指配.FCA虽然简单,但其信道资源利用率低.在FCA基础上发展的简单借用策略(SB)、混合指配策略(HCA)、带信道序号的信道借用策略(BCO)[1]、带方向锁定的借用策略(BDCL)[2]和一种新的信道借用策略(BCA)[4]等在业务量中等和较轻的情况下均优于纯FCA.DCA的一个重要特点就是它能够自动适应系统中业务量在时间和空间上的变化[6].随着蜂窝网络的进化,蜂窝将变得越来越小,最终在业务稠密的地区将演变成微蜂窝,甚至微微蜂窝.蜂窝尺寸的缩小将加剧业务量在时间和空间上的变化,增加信道管理的难度.因而,DCA由于不需要集中化的控制和协调,在未来通信系统中将扮演重要的角色.虽然最初的DCA在某种程度上改善了网络的性能,但在业务量较重时,其性能却不一定比FCA优.因此寻求一种能结合FCA和DCA优点的指配策略是很多学者们所追求的目标.文[5,6,8]从不同角度将基于紧凑模式的动态信道指配思想和其它策略相结合,使蜂窝系统的平均阻塞率得到了不同程度的降低,提高了系统的业务携带能力.

本文提出了一种新的信道动态指配策略——基于紧凑模式[3,5,6,8]的信道借用[1]指配策略.信道借用的主要特点是当本蜂窝无可用信道被分配时,可以向“最富有”的邻居借用一

收稿日期:1998-09-28;修订日期:1999-03-18

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

条空闲信道.本文在前人工作的基础上,将紧凑模式的分配原理与信道借用的原理经过改进和有机结合,产生了基于紧凑模式的信道借用指配策略(CPCB).从仿真结果看,新策略的系统平均阻塞率低于现有主要信道指配策略,如 BCO[1]、BDCL[2]、CPDCA[6]和 CPMCB(Compact Pattern with Maximized Channel Borrowing)[5,7,8]等.而且,随着负载的增加,新策略的系统平均阻塞率的增长率也低于上述各种策略.

CPCB 策略的算法分为信道指配和信道释放两个步骤,其中信道指配又分为紧凑信道指配和信道借用,信道释放又分为紧凑信道释放和借用信道释放.以下分几个方面分别介绍 CPCB 实现的原理和性能评价结果.

2 信道指配

系统的信道资源统一放在信道池中,当某一呼叫出现时,若当前蜂窝已有分配而未使用的信道,则将其中的一条信道分配给该呼叫,否则从信道池中取出一条空闲信道按紧凑模式分配给该呼叫.如果无空闲信道可用,则从相邻蜂窝中借用一条信道.如果相邻蜂窝均无空闲信道,则呼叫阻塞.

2.1 紧凑信道指配

对于紧凑式信道指配,一个蜂窝有两种可能的紧凑模式供选择(Y_1 和 Y_2),算法选择那个能使系统总的呼叫阻塞率降低较多的模式.若用 $\lambda_{i,j}$表示蜂窝(i,j)的业务量(Erlang),$n_{i,j}$表示蜂窝(i,j)当前被分配的信道数,则对于泊松呼叫分布,蜂窝(i,j)的阻塞率可表示为[6]:

$$R_{i,j}(n_{i,j}) = \lambda_{i,j}\left[\sum_{k=0}^{n_{i,j}} \frac{\lambda_{i,j}^{k}}{k!}\right]^{-1} \frac{\lambda_{i,j}^{n_{i,j}}}{n_{i,j}!} \tag{1}$$

能使系统总的呼叫阻塞率降低较多的紧凑模式可通过下式获得[6]:

$$\sum_{(i,j)\in Y_1} R_{i,j}(n_{i,j}) - \sum_{(i,j)\in Y_1} R_{i,j}(n_{i,j}+1) > {}^{Y_1} < {}_{Y_2} \sum_{(i,j)\in Y_2} R_{i,j}(n_{i,j}) - \sum_{(i,j)\in Y_2} R_{i,j}(n_{i,j}+1) \tag{2}$$

当系统无合适的紧凑信道且信道池中无空闲信道时,若出现新的呼叫可向"最富有"的邻居借用一条空闲信道.

2.2 信道借用

如图 1,若蜂窝 P 本身无可用空闲信道,可向蜂窝 $A1$ 借用一条空闲信道 x.$A1$ 是蜂窝 P 的六个"邻居"中空闲紧凑信道最多的蜂窝.信道 x 满足借用的条件是:(1) 信道 x 在本蜂窝中空闲;(2)$A1$ 复用距离之内的共道信道也空闲.信道被借用之后,为了避免共道干扰,需要锁定复用距离之内的共道蜂窝 $A2$ 和 $A3$ 的共道信道.另一方面,为了使系统的性能最优,需要在 $A1$ 的空闲信道中寻找一条最优的信道.

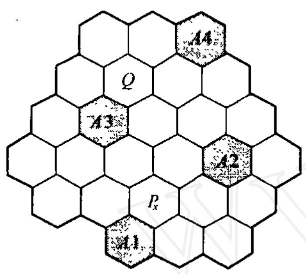
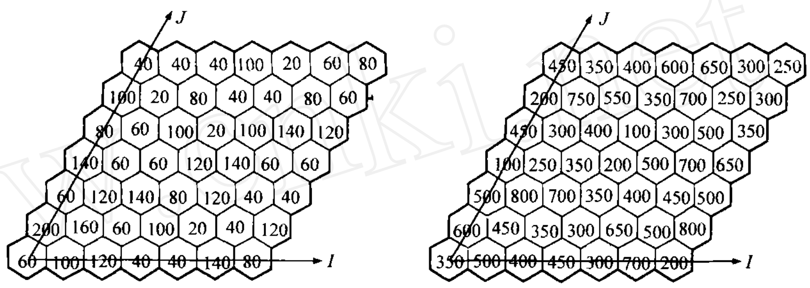


图 1　信道借用和共道信道锁定



(a)轻负载 M=70　　(b)重负载 M=210

图 2　蜂窝系统业务量分布

CPCB 选择最优借用信道的规则是:

(1)依次判定满足可借用条件的空闲信道,假定该信道被借用,暂时锁定相关的共道信道;

(2)在该假设条件下,按式(3)(4)求解系统在相关紧凑模式下总的阻塞率;

(3)恢复被暂时锁定的信道;

(4)按式(5)选择在信道被借用之后使原系统受影响最小的信道,即使原系统在相关紧凑模式下总的阻塞率最小的信道.

$$R_{i,j} = \lambda_{i,j}\left[\sum_{k=0}^{n_{i,j}} \frac{\lambda_{i,j}^{k}}{k!}\right]^{-1} \frac{\lambda_{i,j}^{n_{i,j}}}{n_{i,j}!} \tag{3}$$

$$pb = \sum_{(i,j)\in Y_{ID(x)}} R_{i,j} \tag{4}$$

式中,$ID(x)$是被借用信道 x 的紧凑模式号,其取值范围为 1 ~ 14.

$$\min\_pb = \min_{x\in U}\left\{\sum_{(i,j)\in Y_{ID}(x)} R_{i,j}\right\} \tag{5}$$

式中,U 为某蜂窝中所有满足可借用条件的信道.

3 信道释放

当某呼叫结束并释放一条信道 x 时,CPCB 根据当前蜂窝是否借用了"邻居"的信道,分别根据不同的规则释放一条信道,并相应地进行相关信道的切换.

3.1 紧凑信道释放

CPCB 首先判断当前蜂窝是否借用了"邻居"的信道,若无,则求解一条使用率最低的信道 y,即 y 在整个蜂窝系统中被使用得最少,将 y 上的呼叫切换到信道 x 上[6].这样做可以使占用信道的呼叫更合理地使用信道,使系统具有更多的候选信道.

3.2 借用信道释放

若当前蜂窝借用了"邻居"的信道,则判断当前蜂窝借用信道最多的"邻居",任意释放一条其中借用的信道 y,将 y 上的呼叫切换到信道 x 上[1].同时,解锁信道 y 的共道信道中锁定的信道.这样做可以尽量降低系统中借用的信道数和锁定的信道数,提高信道的利用率,进而降低系统的平均呼叫阻塞率.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

4　性能评价

本文的仿真系统选用了人们普遍采用的图 2 所示的 49 个蜂窝的矩阵.假设复用距离 $N=7$.蜂窝位置由图 2 的坐标 (i,j) 来表示,图 2(a)业务量分布情况下系统总的信道数 $M=70$,图 2(b)业务量分布情况下系统总的信道数 $M=210$.单位均为"呼叫数/小时".呼叫的到达按泊松分布,呼叫持续时间按指数分布,平均时间为 3 分钟.

为了便于比较,本文给出了 FCA、BDCL[2] 和 CPDCA[6] 策略的结果.FCA 策略给出的是理论分析算法.对于 FCA[9,10] 分析算法,利用 Erlang B 公式可得一个蜂窝的呼叫阻塞率:

$$P(\lambda_{i,j})=\left[\sum_{k=0}^{n}\frac{\lambda_{i,j}^{k}}{k!}\right]^{-1}\frac{\lambda_{i,j}^{n}}{n!} \tag{6}$$

系统总的平均阻塞率:

$$PB=\sum_{(i,j)=(1,1)}^{(7,7)} w_{i,j}\,p(\lambda_{i,j},n) \tag{7}$$

其中:$\lambda_{i,j}$ 为蜂窝(i,j)中以 Erlang 表示的业务量;n 为每个蜂窝所分配的信道数,这里取 10;$w_{i,j}=\lambda_{i,j}/\sum_{(i,j)=(1,1)}^{(7,7)}\lambda_{i,j}$,为业务量加权因子.

对于仿真算法,系统还满足以下假设条件:

(1)一个时刻只接受一个呼叫申请;

(2)忽略两个边界之间的交叉效应;

(3)仿真采样时间为 1 秒,总的仿真时间为 10 小时.

这里给出仿真过程中的两种业务量模型:图 2(a)的轻负载和图 2(b)的重负载.系统的平均呼叫阻塞率定义为阻塞的呼叫数与总的呼叫发起数之比.

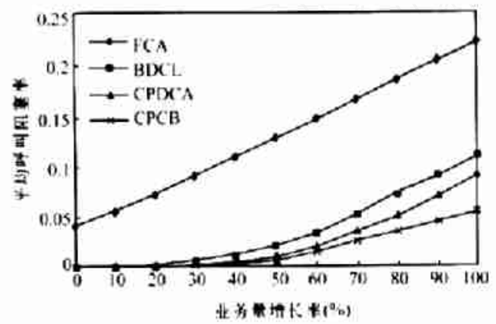


图 3　具有非均匀业务量分布的阻塞性能($M=70$)

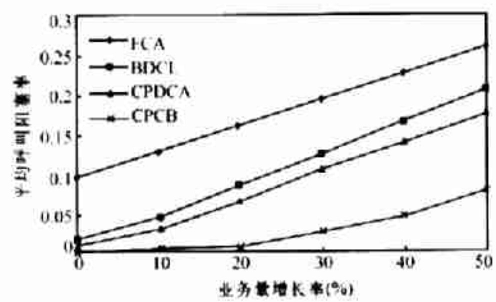


图 4　具有非均匀业务量分布的阻塞性能($M=210$)

图 3 和图 4 的仿真结果表明:CPCB 的业务携带能力要明显高于 FCA、BDCL 和 CPDCA.在业务量增长到较大的情况下,CPCB 的优势更为明显.如在呼叫阻塞率 $Pb=0.04$ 时,在图 2(a)和 2(b)情况下 CPCB 的业务携带能力分别高于 BDCL 和 CPDCA:14% 和 6.8%,29% 和 23.2%.

值得一提的是尽管文[5,7,8]提出的策略也是基于紧凑模式的信道借用指配策略,但两者的根本区别在于文[5,7,8]在信道的借用上引入了所谓的价格函数,通过价格函数来构成决策规则,而 CPCB 则采用的是一种动态寻优的策略进行决策.从仿真结果看,在系统负载较低的情况下,其性能与 CPCB 接近,但在系统负载较重的情况下,其平均阻塞率要高于 CPCB.

5　结论

本文提出了一种称为 CPCB 的基于紧凑模式的信道借用指配策略.其主要特点是它既充分吸收了按紧凑模式动态分配的优点,也采纳了信道借用的长处.与目前所提出一些相关的信道指配策略如 BDCL、CPDCA 等相比,CPCB 的业务携带能力要高于前者,尤其是在系统业务量增长较大的情况下,CPCB 更优.这对于提高蜂窝移动通信系统、尤其是微蜂窝移动通信系统的信道利用率有着非常重要的意义.但 CPCB 算法对于被借用信道的判定仍嫌复杂.此外,还可考虑将 BDCL 中的方向锁定应用于 CPCB,但由此所带来的算法复杂性的提高与为了获得的性能的改善所付出的代价相比是否值得还有待进一步研究和评价.

方旭明　1962 年出生,副教授,1984 年,1989 年和 1999 年分别获西南交通大学计算机自动控制专业与通信工程学院计算机应用专业学士和硕士学位及交通信息工程与控制专业博士学位.中国自动化学会教育委员会委员,四川省计算机学会会员.主要研究兴趣:蜂窝移动通信的资源管理、多媒体无线通信网、计算机控制等.近年来,在国内外学术刊物和会议上发表论文 30 余篇,出版专著一部,教材一本.

诸昌钤　1938 年出生,1959 年毕业于唐山铁道学院电机系,曾赴英国邓迪大学及道比英国铁路技术中心访问.现为西南交通大学计算机与通信工程学院教授,交通信息工程及控制学科博士导师,四川省铁道学会理事,计算机应用委员会主任,中国铁道学会自动化委员会委员.主要研究方向:计算机在交通信息工程及控制中的应用.主持完成过"高速试验列车旅客信息系统预研究"等国家科技攻关项目,著有专著.

参考文献

[1] S.M.Elnoubi,R.Singh,et al.A new frequency channel assignment algorithm in high capacity mobile communication systems.IEEE Trans.Veh.Technol.,Aug.1982,31(3):125～131

[2] M.Zhang and T.S.Yum.Comparisons of channel assignment strategies in cellular mobile telephone systems.IEEE Trans.Veh.Technol.,Nov.1989,38(4):211～215

(下转第 14 页)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

此时 EDFA 的限制体现在需要满足：$k\cdot(P_s\cdot L_{line}) < P_{Max}$ (14)

同理又可得到总功率均衡下的网络性能，如图 7 中虚线所示．可看出系统最大功率为 -1dBm．在此功率值之下凡在 $Q=6$ 直线之上的 Q 值与节点数关系都满足系统要求．

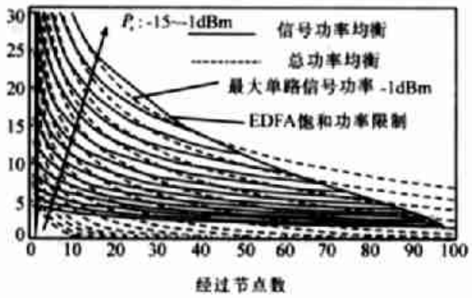


图 7 总功率均衡和信号功率均衡下的网络性能比较

图 7 中我们比较了总功率均衡信号功率均衡下的网络性能．可以看出：在级联节点数目少时，总功率中噪声占的比例小，而使总功率均衡方案性能在信号功率均衡方案之上；随着节点数的增加，信号功率均衡方案性能要稍好些，但可惜的是这时很快会超过 EDFA 的限制范围．总功率均衡方案不受 EDFA 引起的节点数目的限制，具有明显的优势，拓宽了有效工作区域，同时保持了良好的信噪比．

5 结论

本文提出了一种新型的 OXC 节点内功率均衡方案，它能同时实现增益功能．与传统的方案相比较，采用了前置的 SOA 作为总功率均衡调节元件．首先通过对 SOA 置于复用器前后比较，得知 SOA 置于前面时允许级联的节点数明显增大；又通过总功率均衡与信号功率均衡的比较，得知网络性能基本保持不变，但是去除了 EDFA 饱和功率对级联数目的限制，工作范围加宽，在级联 OXC 系统中具有明显的优势．以较小的信噪比代价换来了更完善的性能．

总之，采用把 SOA 置于单路信道中，既作增益放大因子，又实现均衡功能．避免了 SOA 的缺点（不适于 WDM 多路信号放大）；充分利用了 SOA 增益电可调的优点，同时又保持良好的信噪比，是 WDM 全光网中切实可行的一种新方案．

参 考 文 献

[1] Ozan K. Tonguz, Felton A Flood, etc. Gain Equalization of EDFA cascades. JTL, Oct, 1997, 15(10): 1832 ~ 1841

[2] Kyo Inoue, Toshimi Kominato, Hiromu Toba. Tunable Gain Equalization Using a Mac-Zender Optical Filter in Multistage Fiber Amplifiers. IEEE, PTL, 1991, 3(8): 718 ~ 720

[3] A. R. Chraolyvy, J. A. Nagel and R. W. Tkach. Equalization in amplified WDM Lightwave Transmission Systems. IEEE P. T. L, 1992, 4(8): 920 ~ 922

[4] F. Schehaseh, R. S. Vodhanel, et al. Gain-Equalized, Eight-Wavelength WDM Optical Add-Drop Multiplexer with an 8-dB Dynamic Range. IEEE P. T. L, Sept, 1995, 7(9): 1274 ~ 1276

[5] J. Zhou, M. J. O'Mahony. Power management system design of an Optical multiwavelength transport network. IEE, Proc. Optoelectron. June 1996, 143(3)

[6] Y. N. Singh, V. K. Jain, H. M. Gupta. Semiconductor optical amplifier in WDM star networks. IEE Proc. Optoelectron. April 1996, 143(2)

[7] Chen Zhangyuan, Xiong Guisheng et al. Discussion of power management in an optical WDM network. SPIE. Vol. 3552, Photonic China'98

费运思 1997 年获清华大学电子工程系学士学位，现在清华大学电子工程系光电子专业攻读硕士学位，主要从事 WDM 全光网络的理论及实验研究工作．

张汉一 清华大学电子工程系教授，博士生导师，长期从事光电子器件及其系统应用的研究．现主要研究方向为 WDM 全光网络．

（上接第 20 页）

[3] M. Zhang and T. P. Yum. The nonuniform compact pattern allocation algorithm for cellular mobile systems. IEEE Trans. Veh. Technol., May 1991, 40(2): 387 ~ 391

[4] K. Chang, J. Kim, C. Yim, and S. Kim. An efficient borrowing channel assignment scheme for cellular mobile systems. IEEE Trans. Veh. Technol., Nov. 1998, 47(2): 602 ~ 607

[5] L. Ortigoza - Guerrero and D. Lara-Rodriguez. Dynamic channel assignment strategy for mobile cellular networks based on compact pattern with maximised channel borrowing. IEE Electronics Letters, July 1996, 32(5): 1342 ~ 1343

[6] K. L. Yeung and T. P. Yum. A compact pattern based dynamic channel assignment for cellular mobile systems. IEEE Trans. Veh. Technol., Nov. 1994, 43(4): 892 ~ 896

[7] L. Ortigoza-Guerrero and A. H. Aghvami. A self-adaptive prioritised hand-off DCA strategy for a microcellular environment. in Proc. IEEE PIMRC'97, 1997

[8] L. Origoza-Guerrero et al. Compact pattern with maximized channel borrowing strategy for mobile cellular networks. in Proc. IEEE PIMRC'96, Taiwan, October 1996, 329 ~ 333

[9] M. T Hills. Telecommunications Switching Principles, MIT Press, 1979

[10] W. C. Y. Lee. Mobile Cellular Telecommunications Analog and Digital Systems (Second Edition), McGraw-Hill, Inc, 1995

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net