

文章编号:1001-893X(2012)03-0294-06

基于改进虚拟力算法的通信基站再部署策略^{*}

赵海富^{1,2}, 陈炯¹, 谷源涛¹

(1.清华大学 微波与通信国家重点实验室,北京 100084;2.总参陆航研究所,北京 101121)

摘要:针对基站动态组网时覆盖和连通率低、业务中断率高等问题,设计了通信基站的再部署策略。在该方案中,利用信号强度计算虚拟力指导基站移动,利用业务量产生额外力保护当前业务。仿真结果表明,该方法使基站间覆盖和连通率得到有效提高,同时业务中断率较原虚拟力方法降低约 50%,使基站动态组网的服务质量有了明显改善。

关键词:可移动基站;动态部署;虚拟力算法;通信中断

中图分类号:TN925 **文献标志码:**A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2012.03.008

Mobile Base Station's Relocate Method Based on Improved Virtual Force Algorithm

ZHAO Hai-fu^{1,2}, CHEN Jiong¹, GU Yuan-tao¹

(1.State Key Laboratory of Microwave & Digital Communication, Tsinghua University, Beijing 100084, China;
2.Army Aviation Institute of Headquarters of General Staff, Beijing 101121, China)

Abstract: A new mobile base station(BS) relocate method is proposed to solve the problem of low coverage and connectivity rate but high business interrupts rate during the movements of BS. In the method, a new parameter received signal strength indication(RSSI) is used to calculate virtual force, and then guide the movement of station. Furthermore, a new force is added according to the traffic between two stations to keep the business continual. Simulation results show that the new method can enhance stations' coverage and connectivity, and reduce business interrupts by 50 percent, which can significantly improve the service quality of the mobile BS network.

Key words: mobile base station; dynamic deploy; virtual force algorithm; business interrupt

1 引言

在地震、飓风、洪水等自然灾害,以及大规模战争中,固定的通信设施很可能遭到破坏,导致通信网络无法正常运行。通过移动终端(手机)进行自组网通信是理论上可行的解决方案,但是受限于设备本身功率等问题,这种方式很难达到较高的通信容量和较大的覆盖范围;卫星电话性能良好但设备昂贵,不方便广泛配置,所以亟需具有一定移动性、可

动态组网的通信基站为灾区或战场区域提供通信中继服务。

可移动性使得基站能够根据客观条件重新组网,尽快地恢复通信网络或者根据战场情况实时调整基站分布,保证对战区有效覆盖和关键区域的优先保障。基站的可移动性为网络设计提出了新的要求,其中基站位置调控机制和调整过程中保证业务的持续稳定是其中的两个重要问题。现有基站规划方法一般仅考虑静态的基站部署,以基站密度和系统容量为考核指标,力求在保证通信容量的基础上,

^{*} 收稿日期:2011-09-30;修回日期:2012-01-06
基金项目:国家自然科学基金资助项目(60872087);国家自然科学基金重点项目(广东联合基金 U0835003)
Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China (60872087, U0835003)

通过线性规划等方法,尽量减少基站数量以提高经济效益,基本不涉及动态规划。本文研究了移动基站的动态规划问题,提出了一种基于业务量的虚拟力算法来实现基站的动态规划,在保证覆盖率的同时大幅降低通信中断次数,是基站动态规划方面的有益尝试。

虚拟势场法由 Khatib^[1]在移动机器人障碍躲避问题中提出,由 Howard^[2]和 Poduri^[3]等人先后引入到无线传感器网络覆盖问题。Zou^[4-5]根据虚拟势场的概念正式提出了虚拟力算法。而后相关的研究工作逐渐展开,主要的研究工作包括边界条件^[6]、覆盖盲区的处理^[7-9]、力的计算公式^[10]、移动损耗^[11-12]和局部最优解问题^[13-15]等。相关的工作对我们设计基于业务量的移动基站规划方案有一定的启发。

2 虚拟力算法的基本原理

虚拟力算法的基本原理是假设节点间存在引力和斥力作用,在引力的作用下节点相互靠近,保证连通;在斥力的作用下,节点相互远离,避免重复覆盖;最终节点会在引力和斥力的联合作用下达到平衡位置。

假定 d_{ij} 是基站 S_i 和 S_j 之间的欧式距离, α_{ij} 为两基站间的方位角, d_{th} 为基站间最佳距离,虚拟力计算公式定义为

$$F_{ij} = \begin{cases} \omega_A \times (d_{ij} - d_{th}), \alpha_{ij}, & \text{if } d_{ij} > d_{th} \\ 0, & \text{if } d_{ij} = d_{th} \\ \omega_R / d_{ij}, \alpha_{ij} + \pi, & \text{if } d_{ij} < d_{th} \end{cases} \quad (1)$$

考虑到区域中障碍物的斥力作用 F_{iR} , 以及覆盖盲区或覆盖中心的引力作用 F_{iA} , 节点 i 受到的总的力的作用为

$$F_i = \sum_{j=1, j \neq i}^k F_{ij} + F_{iR} + F_{iA} \quad (2)$$

其中, F_{iR} 可以定义为

$$F_{iR} = \begin{cases} \omega_R / d_{iR}, \alpha_{iR} + \pi, & \text{if } d_{iR} < d_{thR} \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

F_{iA} 可以定义为

$$F_{iA} = \begin{cases} \omega_A \times (d_{iA} - d_{thA}), \alpha_{iA} & \text{if } d_{iA} > d_{thA} \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

基站根据附近基站对其产生的合力移动,合力的大小 $|F_i|$ 决定了基站移动的距离,合力的方向 α_i 决定了基站移动的方向。

3 通信基站再部署策略

传统的虚拟力算法并不能直接应用于基站动态

规划问题中,本文应用虚拟力原理设计了一种基于业务量的移动基站再配置方案,相比传统虚拟力算法,主要从以下三方面进行了改进。

3.1 计算虚拟力的参量

传统的方法中,计算虚拟力的参量是节点之间的距离。在现实通信系统中,由于天气、电磁辐射、地面植被、多径、障碍物等因素,节点间的绝对距离不能完全代表其间的通信质量,依照绝对距离计算虚拟力势必导致较大偏差。本文提出利用接收信号强度(Received Signal Strength Indication, RSSI)作为虚拟力的参量,使得虚拟力的含义更加贴近实际情况,优化结果也更有实用价值。

为了利用现有虚拟力计算公式,我们根据基站获得的信号强度和基站的发射功率,得到传播过程中信号的衰减值 l ,再由自由空间的衰减模型(公式(5))反解出基站间的等效距离,根据该等效距离,计算基站之间的虚拟力。

$$l = 32.44 + 10n \lg d + 10n \lg f \quad (5)$$

其中, d 为发射端和接收端距离(单位为 km), f 为无线电传播频率(单位为 MHz), n 为路径衰减因子,一般取 2~5。由于所有基站之间均选用同一公式进行等效距离的计算,所以等效距离可以较好地区分出基站间的信号质量差别,从而产生不同的虚拟力指导基站移动,依照此虚拟力控制基站移动可以更为有效地保证基站间通信质量的均衡,从而保证了基站对整个区域的有效覆盖和有效连通。

3.2 基站移动的限制方案

基站的移动使得基站之间的连接情况实时变动,网络拓扑动态变化,很容易造成当前业务的中断和大批底层用户的不断越区切换,严重影响通信质量,所以必须采取一定方法来限制基站的移动。

虚拟力算法中对节点中止问题主要采用两种方法:限制虚拟力合力反向次数^[13]、假设节点移动过程中存在摩擦力^[15]。由于移动基站的特殊性,为填补邻近基站死亡产生的盲区,网络中多数基站都应该处于可移动状态,所以第一种方法不太适合移动通信基站。后一种方法中摩擦力的取值对效果有较大影响,需要根据节点受到的虚拟力大小、节点的虚拟质量和移动速度等因素进行仔细调整,参数设置比较困难,所以在移动基站规划中也较难利用。

我们提出了新的基站移动的限制方案,假设基站在移动过程中处于两种状态:移动态和固定态。处于移动态时,基站根据虚拟力计算下一步移动的

方向和距离,并将目的位置与之前的 x 次位置进行比较,如果综合偏差较大,则正常移动,否则认为该基站不需要移动,基站进入固定态,本次迭代过程结束;处于固定态的基站不需要进行虚拟力的计算,只维持自身位置不变,经过 y 次迭代后,重新回到移动态。

在平衡位置附近振荡运动的基站,综合偏差应该很小;正在运动的基站综合偏差应该较大,所以通过 x 次移动轨迹的综合偏差进行考察,我们可以较方便地分辨出正在移动的基站和接近或达到平衡位置的基站,将平衡位置附近的基站设置为固定态后,使得此类基站不会再进行无谓的移动;进入固定态一定时间后,基站又会重新回到移动态考察自身所受虚拟力作用,从而对附近的覆盖盲区进行响应。实验结果显示,统计之前 3~5 次移动位置即可较好地分辨出平衡基站和运动基站;而 y 值的选取不能过大,过大的 y 值会使网络对覆盖盲区的响应时间较长,过小的 y 值又会使基站移动频繁,造成服务质量恶化,所以实际工作中需要在覆盖盲区延时和网络服务质量间进行折衷。

由于各个基站独立记录自身位置和处于固定态的次数,所以网络中各个基站的状态是相互独立的,基站数量充足时可以保证网络中时刻都存在着一定数量的可移动基站来保证对盲区的覆盖,同时也可以使得一定数量的基站保持固定状态不变,使得服务质量得到有效改善。

3.3 基于业务量的业务保持机制

由于基站的相互移动,可能导致当前存在通信业务的两个基站因为相互远离发生业务中断,为尽量避免因基站移动引起的通信业务中断,我们设计了基于业务量的业务保持机制:首先对基站之间的业务进行统计,由得到的业务量产生额外的虚拟力,促使存在通信业务的两基站相互靠近。由业务量产生的虚拟力计算公式为

$$F_{ij} = \begin{cases} \omega_A \times (d_{ij} - d_{th}) \times c \times t_{ij}, \alpha_{ij}, & \text{if } d_{ij} > R_c \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (6)$$

式中, c 为业务量产生的虚拟力的放缩系数,用来调整业务量产生的虚拟力的强度; t_{ij} 为基站 i 和 j 之间归一化的业务量,由当前支路上的业务量除以该支路的最大承载业务量得到,用以调整不同业务量支路之间虚拟力的差别; R_c 为基站的通信半径; d_{ij} 为基站 i 和 j 之间信号强度等效的距离。

上式的意义在于当两基站间信号强度较弱时,两基站间会产生相互的引力作用,促使两基站相互

靠近,从而使得两者间相对信号强度得到加强,降低发生通信中断的概率;基站间距离越远,本身业务中断的概率越大,产生的虚拟力就越大,基站相互靠近的趋势越大;而当基站间信号强度较强,即等效距离较近时,为了不对基站的扩散产生过大阻力,业务量产生虚拟力为 0。基于业务量的虚拟力的大小也和基站间的流量成正比,即利用归一化的流量决定基站间虚拟力的大小,优先保障重要(大量)业务链路的连通性。

4 仿真分析

4.1 参数设置

基站需要覆盖区域为 $10\text{ km} \times 10\text{ km}$;区域内随机分布 100 个通信节点和 40 个可移动通信基站,基站覆盖半径为 $R_b = 1\text{ km}$,通信半径为 $R_c = 2\text{ km}$,基站为 R_b 范围内的所有节点提供服务,可以与 R_c 范围之内的所有基站进行通信,为了保证完全覆盖基站间最佳距离应该设为 $d_{th} = \sqrt{3} \times R_b$ 。

4.2 仿真分析

仿真的目的是通过仿真验证基站规划方法对网络覆盖率和连通率的影响,对改进方案的优越性进行考察。由于应用基站移动的限制方案带来的好处较为直观,此处不对其进行深入介绍,重点考察另外两种方案的性能。

4.2.1 覆盖性和连通性

设虚拟力最大迭代次数为 30,进行 1 000 次独立实验,统计得到在虚拟力算法迭代过程中平均覆盖率和连通率变化如图 1 所示。

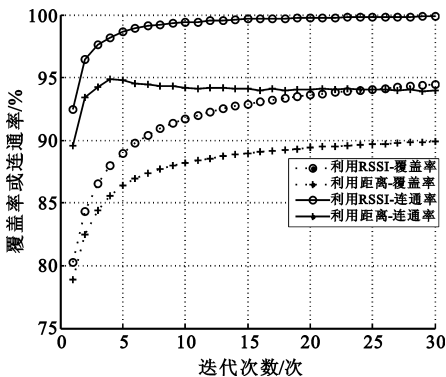


图 1 覆盖率和连通率随迭代次数变化曲线
Fig.1 Station coverage and connectivity improvement by the number of iterations

可见,随着迭代次数的增加,覆盖率和连通率均

不断增加,其中迭代次数为 1~10 次时增加明显,此后略有提升。由于实际工作中最大迭代次数越小,基站调整过程越快,综合考虑,最大迭代次数设为 5~10 次即可。

对比利用 RSSI 和不利用 RSSI 的虚拟力方法性能,发现利用 RSSI 计算虚拟力得到的覆盖率和连通率要较直接利用基站间距离好,这是因为基站间信号强度更能真实地反映出基站间的连接情况和基站对周围区域的覆盖情况,利用信号强度指导基站移动使得基站的分布更合理,网络服务质量更好。

4.2.2 业务中断次数

业务中断次数是衡量网络服务质量的重要指标,为了保证动态覆盖基站必须具有移动性,这就导致业务中断是不可避免的。我们试图通过 3.3 节所述方案在不过分影响覆盖率的前提下来降低中断次数。我们将利用该方案的虚拟力方法(称为改进方法)与未利用该方案的方法(称为原方法)进行对照实验,得到了不同基站数量下覆盖率和中断次数变化,如图 2 所示。

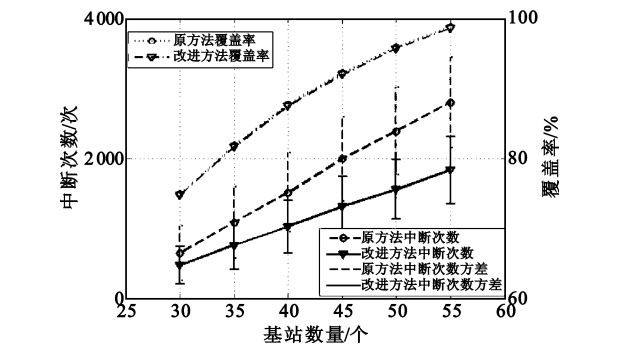


图 2 覆盖率和中断次数随基站数量变化曲线
Fig.2 Coverage and breaks changes with the number of stations

其中覆盖率是指完成虚拟力迭代后最终覆盖率,中断次数是指在迭代过程中产生的业务中断次数统计。图 2 中上部的两条较为接近的曲线,是原方法和改进方法所对应覆盖率,可见两者相差不大,随着网络中基站个数的增多覆盖率会越来越好。

图 2 中下部虚线为原方法规划过程中的中断次数,实线为改进方法规划过程中的中断次数。可以看出,中断次数随着基站数量的增加是逐步增加的,这是因为基站数量的增加使得网络覆盖功能增强,会为更多的节点提供通信中继服务,使得业务量的基数得到增加,同时在中继服务中,路由的平均跳数也会增加,使得业务中断的概率有一定增加,最终导致了中

断次数增加。对比原方法和改进方法可以看到,改进方法大幅降低了业务中断次数,并且随着基站数量增加改进方法中断次数的增长率也较原方法略小。

4.2.3 覆盖率和连通率的恢复

在基站工作过程中,由于自身设备故障或被恶意破坏,会有部分基站不断损失,由此产生覆盖盲区,并可能导致网络的分离。为了验证改进方案在基站损失后覆盖性恢复以及连通性保持方面的性能,我们进行了基站损失实验,假设在基站迭代过程中,每 30 次迭代就会有一个基站死亡,得到的基站覆盖和连通率变化如图 3 所示。

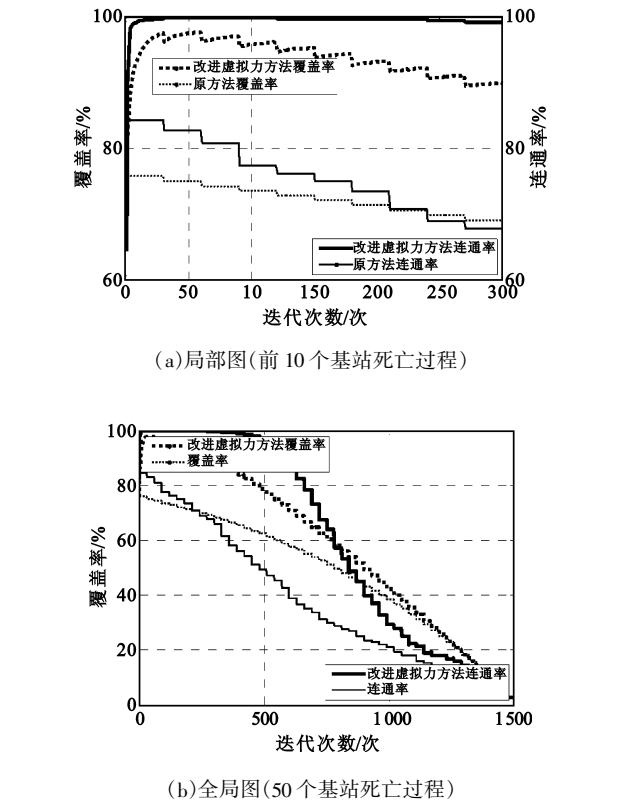


图 3 覆盖率和连通率随基站死亡变化曲线
Fig.3 Coverage and connectivity changes with the stations death

图 3 中覆盖率是指完成基站部署后所有基站不再移动所得到的随着基站死亡的覆盖率变化,改进虚拟力算法的覆盖率是指基站部署后按照改进的基站规划方案进行不断调整所得到的覆盖率,连通率和改进虚拟力算法的连通率也与上述定义类似。

从图 3 结果可以看出,随着基站的损失,网络的覆盖率和连通性都会不断下降,但是在移动基站规划方案的作用下,网络的连通性会在一定程度上得到保持,覆盖率也可以得到一定程度的恢复。其中

前 10 个基站死亡后覆盖率恢复和连通率保持较为明显,从图 3(a)中可以看出随着基站死亡改进方法的连通率基本保持在 100%,改进方法覆盖率会在基站死亡的瞬间有一定降低,但会随着迭代过程有所恢复。整体来看覆盖性和连通性上改进方法要较基站固定不动有大幅改善,但同时基站的不断损失对网络性能的影响都是不可忽视的,基站规划方案只能减缓覆盖率和连通率的下降速度,不能完全抵消基站损失对网络的影响,如图 3(b)所示。

5 结 论

本文从移动基站动态规划问题出发,利用虚拟力算法在计算虚拟力的参量、基站移动的限制方案和基于业务量的业务保持机制等方面进行了新的设计,使得改进的虚拟力算法既能使基站保证对覆盖区域的覆盖,同时也大幅降低了通信业务中断概率,并且随着基站的死亡也能一定程度上保持网络覆盖性和连通性,是移动基站动态规划问题上的有益尝试。

文中的仿真实验力求贴近实际网络情况,得到的仿真结果可以作为搭建实物网络的参考。该方法在覆盖和连通率上的优异表现,充分证明了该方案在基站再部署问题中的优异性能,为基站再部署问题提供了一个新的解决思路。后续的研究工作可以在此基础上进行实物网络的仿真验证,或者结合其他方法如遗传算法、神经网络法等对上述方案进行改进,进一步提升其性能。

本方案虽然是针对移动基站设计的,但在类似研究中诸如智能机器人、传感器网络等场景中也是适用的,具有较好的扩展性,也可以为相关研究提供一定参考。

参考文献:

- [1] Khatib O. Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots[J]. The International Journal of Robotics Research, 1986, 20(3): 197-243.
- [2] Howard A, Matari M J, Sukhatme G S. Mobile sensor network deployment using potential field: a distributed scalable solution to the area coverage problem[C]//Proceedings of the 2002 International Conference on Distributed Autonomous Robotic Systems. Fukuoka, Japan: IEEE, 2002: 299-308.
- [3] Poduri S, Sukhatme G S. Constrained coverage for mobile sensor networks[C]//Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Barcelona, Spain: IEEE, 2004: 165-171.
- [4] Zou Y, Chakrabarty K. Sensor deployment and target localization based on virtual forces[C]//Proceedings of the Twenty - Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications. San Francisco, USA: IEEE, 2003: 1293-1303.
- [5] Zou Y, Chakrabarty K. Sensor deployment and target localization in distributed sensor networks[J]. ACM Transactions on Embedded Computing Systems, 2004, 3(1): 61-91.
- [6] 刘丽萍. 无线传感器网络节能覆盖[D]. 浙江: 浙江大学, 2007.
- LIU Li - ping. Energy - efficient coverage in wireless sensor network[D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2007. (in Chinese)
- [7] Wang X, Wang Chen, Ma J J. An improved co - evolutionary particle swarm optimization for wireless sensor networks with dynamic deployment[J]. Sensors, 2007(7): 354-370.
- [8] Tan L, Yu C C, Yang M H. Self - deployment algorithm of mobile sensor network based on uniform density cluster[C]//Proceedings of Wireless Communications Networking and Mobile Computing. Chengdu, China: IEEE, 2010: 1-4.
- [9] Yang M H, Cao Y D, Tan L, et al. An enhanced self - deployment algorithm in mobile sensor network[C]//Proceedings of the 2008 International Seminar on Future Information Technology and Management Engineering. Leicestershire, England: IEEE, 2008: 572-576.
- [10] 任孝平, 蔡自兴, 任清雄. 四种虚拟力模型在传感器网络覆盖中的性能分析[J]. 信息与控制, 2010, 39(4): 441-445.
- REN Xiao - ping, CAI Zi - xing, REN Qin - xiong. Performance analysis on four virtual force models used for coverage algorithm of wireless sensor networks[J]. Information and Control, 2010, 39(4): 441-445. (in Chinese)
- [11] Kribi F, Minet P, Laouiti A. Redeploying Mobile wireless sensor networks with virtual forces[C]//Proceedings of 2nd IFIP Wireless Days. Venice, Italy: IEEE, 2009: 1-6.
- [12] Xie L P, Zeng J C, Cui Z H. Using artificial physics to solve global optimization problems[C]//Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Cognitive Informatics. Hong Kong: IEEE, 2009: 502-508.
- [13] Liu Hai, Chu X W, Leung Y W, et al. Simple movement control algorithm for bi - connectivity in robotic sensor networks [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communication, 2010, 28(7): 994-1005.
- [14] 邹磊, 蔡自兴, 任孝平. 基于虚拟力的自组织覆盖算法[J]. 计算机工程, 2010, 36(14): 92-95.
- ZOU Lei, CAI Zi - xing, REN Xiao - ping. Self - organization Coverage Algorithm Based on Virtual Force[J]. Computer Engineering, 2010, 36(14): 92-95. (in Chinese)
- [15] 宋光明, 庄伟, 魏志刚. 用于未知环境的移动传感器网络自部署算法[J]. 华南理工大学学报, 2006, 34(9): 26-30.

SONG Guang – ming, ZHUANG Wei, WEI Zhi – gang. Self – deployment algorithm for mobile sensor networks in unknown environment [J]. Journal of South China University of Technology, 2006, 34(9): 26 – 30. (in Chinese)

作者简介:

赵海富(1985—),男,吉林人,硕士研究生,主要研究方向为无线通信、无线传感器网络、网络优化与资源调度;

ZHAO Hai – fu was born in Jilin Province, in 1985. He is now a graduate student. His research interests include wireless communication, wireless sensor network, network optimization and resources allocation.

Email: haifu1985@126.com

陈 炯,男,浙江人,2010 年于日本东北大学获博士学位,现为清华大学电子工程系博士后,主要研究方向为通信信号处理、雷达信号处理、网络优化与资源调度;

CHEN Jiong was born in Zhejiang Province. He received the Ph.D. degree from Tohoku University, Japan, in 2010. He is now a Post doctoral researcher in the Department of Electronic Engineering, Tsinghua University. His research interests include communication signal processing, radar signal processing, network optimization and resources allocation.

Email: chenjiong05@tsinghua.edu.cn

谷源涛,男,河北人,2003 年于清华大学获博士学位,现为清华大学电子工程系副教授,主要研究方向为自适应信号处理、压缩感知、无线通信、无线 Mesh 网络。

GU Yuan – tao was born in Hebei Province. He received the Ph.D. degree from Tsinghua University in 2003. He is now an associate professor. His research interests include adaptive signal processing, compressive sensing, wireless communication, wireless Mesh network.

Email: gyt@tsinghua.edu.cn

《电讯技术》征稿启事

《电讯技术》(月刊)创刊于 1958 年,由中国西南电子技术研究所主办,系国内外公开发行的、理论与应用相结合的综合性电子专业科技刊物,为中文核心期刊。目前,已被英国 IEE《科学文摘(SA)》INSPEC、美国《剑桥科学文摘(CSA)》、波兰《哥白尼索引(IC)》等国外知名数据和国内多个中文数据库收录。

本刊主要刊登涉及下列应用方向和技术领域的述评、论文、新概念新技术新产品介绍:

- 电子系统工程 · 通信 · 导航 · 识别
- 飞行器测控 · 卫星应用 · 雷达 · 信息战
- 共性技术(包括天线、射频电路、信号处理、信息处理、监视与控制、时间与频率、先进制造、电磁兼容等)。

本刊栏目有:系统总体、信号与信息处理技术、计算机、网络及其应用技术、信道技术、先进制造技术、基础技术与工程应用、仿真、测试与试验、述评与展望。

欢迎业内学者、专家及科技人员踊跃投稿。

来稿要求及注意事项:

(1)文稿务必主题明确,论述合理,逻辑严谨,数据可靠,叙述清楚,文字精炼。内容应保守国家机密,并提供所在单位的保密审查证明,引用他人作品应给出来源。

(2)文稿一般不应超过 6 000 字,综述稿不超过 8 000 字。稿件应附英文题名、作者名、单位名、摘要和关键词,基金项目应注明项目编号。中文题名一般不超过 20 个汉字,必要时可加副标题。

(3)摘要应包括目的、方法、结果和结论四要素,即用简洁的语言说明文章要解决的问题,主要工作过程及所采用的技术手段和方法,研究所获得的实验数据、结果及其意义。篇幅以 200 ~ 300 字为宜。

(4)关键词以 3 ~ 8 个为宜。为便于文献检索,应尽可能根据《中国图书馆分类法(第四版)》提供中图分类号。

(5)文中涉及的物理量和计量单位应符合国家有关标准。计量单位请用 GB3100 – 3102 – 93《量和单位》规定的法定计量单位。注意区分各物理量符号的文种、大、小写、正斜体(矢量和矩阵用黑斜体)、上、下角标等。

(6)插图和表格只给出必要的,且应有图题和表题。插图最好采用计算机制作。照片以黑白为佳,也可采用扫描的电子文档(精度高于 400 dpi, tif, jpg, psd 等格式均可)。

(7)文稿中引用他人的成果,务请注明原作者姓名、题名、来源,一并在参考文献中给出,并在正文中相应位置进行标示,否则责任由来稿人自负。参考文献只择主要的,未公开发表的文献请勿列入参考文献。书写格式请参见 GB/T 7714 – 2005 文后参考文献著录规则。

(8)投稿邮箱: dxjs@china.com, 并尽量同时提供 Word 和 pdf 文档,无需另寄打印稿。来稿请注明作者详细通信地址、联系电话和有效电子邮箱,并注明拟投栏目。

(9)本刊编辑部将在 3 个月之内对来稿作出取舍,如逾期未收到处理意见或刊用通知,作者有权对稿件另行处理。稿件一经刊用,本刊将酌情从优支付稿酬并赠送当期样刊,本刊支付的稿酬中已包含作者著作权使用费。请勿一稿多投,否则后果自负。