

基于802.11a/b MAC的WLAN用户定位技术研究*

陈永光

(中国人民解放军63880部队 洛阳471003)

摘要 本文研究了包括IEEE 802.11a/b结构特征在内的IEEE 802.11无线局域网(WLAN)的特性,提出了基于IEEE 802.11a/b MAC的WLAN用户室内室外定位技术方案。

关键词 定位,802.11,无线局域网,MAC

On Study of the Geolocation for 802.11a/b MAC Based WLAN Users

CHEN Yong-Guang

(63880 Unit, PLA, Luoyang 471003)

Abstract We have investigated features of IEEE 802.11 wireless LAN (WLAN), including the architecture and features of IEEE 802.11a/b. With our special interest in geolocation of IEEE 802.11a/b MAC based WLAN users, we also propose some geolocation schemes for both indoor and outdoor applications.

Keywords Geolocation, 802.11, WLAN, MAC

1. 引言

便携式计算设备的快速普及高速无线局域网(WLAN)使得用户在建筑物内部甚至在户外移动时仍然能够保持与网络的连接。这一逐渐显露的趋势催生出许多依赖于移动用户物理位置的应用和业务模式。其目的是使WLAN用户与其所在环境之间发生有效作用。比如,用户与周围环境经常发生的一种联系是在最临近的打印机上打印一篇文稿。其它事例包括定出移动用户的地理位置,显示周围环境的平面图或者三维图,或是在博物馆内为游客做向导等等。

既然WLAN用户的定位很重要,某些定位方案与无线网络技术的结合就不足为怪了,目的当然是为了以合理的代价对WLAN用户进行高精度的定位。尽管已有一些移动站定位方案可供选择,但它们并非为基于IEEE 802.11系列标准的WLAN而专门设计的。换言之,当我们试图采纳一种定位方案时,应该对这些标准的特征多加考虑。

IEEE 802.11是第一个国际上认可的WLAN标准,其结构和其它某些特征一定会影响任何可能用于WLAN用户定

位的方法。现在有两个802.11的新版本,即802.11b和802.11a标准。它们都是为高速WLAN而设计的。我们预计基于802.11a/b的WLAN用户定位方面的需求在不久的将来会快速增长。为此,回顾802.11、802.11b、和802.11a标准的某些重要特性是研究专门的定位方案的第一步。

2. 基于802.11a/b MAC的WLAN关键特性

近年来,无线通信市场增长迅猛。毫无疑问,无线技术能够到达地球表面的每一处角落。无数的人们时时处处在用寻呼机、便携式电话以及其它无线通讯产品彼此交换信息。没有人会惊讶地面对这样一个事实,即无线通信正在开始被应用于个人事务和计算等领域。一旦摆脱了有线网络的束缚,人们将能够在全球范围内的任何地方存取和分享信息,就像他们今天正在办公室通过有线局域网或B-ISDN(宽带综合业务数字网)进行网上冲浪那样。

本文设法回答关于无线局域网的一些基本的和重要的事实,并聚焦在IEEE 802.11结构上面,强调IEEE 802.11a/b MAC。

*国家自然科学基金资助项目(69931040)。陈永光 博士后,总工程师,研究员,现主要从事电子装备试验技术研究。

可供选择,增强了网络的健壮性,并且避免了路由的“闭环”发生。

参考文献

- 1 美国国防部. MIL-STD-188-220B, 数字消息传输设备子系统互操作标准,1998
- 2 Perkins C, Bhagwat P. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing(DSDV)for mobile computers [A]. ACM SIGCOMM'94[C]. London, Sep. 1994. 234~244
- 3 Murthy S, Garcia-Lunes-Aceves J. An efficient routing protocol for wireless networks [J]. ACM Balzer Mobile Networks and Applications Journal, Special Issue on Routing in Mobile Communications Networks, 1996,1(2):183~197
- 4 Johnson J, Maltz D. Dynamic source routing in ad hoc wireless networks [M]. Kluwer Academic: Mobile Computing, 1996
- 5 Perkins C, Royer E. Ad-hoc on demand distance vector routing [A]. The 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications [C]. New Orleans, LA, Feb. 1999. 90~100
- 6 Maltz D, Broch J, Jetcheva J, et al. The effects of on-demand behavior in routing protocols for multihop wireless ad hoc networks [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1999,17(8):1439~1453
- 7 严蔚敏,吴伟民. 数据结构(第二版). 清华大学出版社,2000
- 8 Royer Em, Chai-Keong T. A review of current routing protocols for Ad hoc mobile wireless network. IEEE Personal Communications, 1999(2):46~55
- 9 Corsons, Macker J. Mobile Ad hoc networking (MANET); routing protocol performance issues and evaluation considerations, request for comments:2501. Internet engineering task force(IETF),1999
- 10 Kourkouzelis D. Multipath routing using diffusing computations [M]. Master Thesis, 1997

2.1 802.11标准和ISO模型

为了便于比较原型802.11标准和802.11a/b,用图1将802.11族表示成ISO参考模型的一部分^[1]。

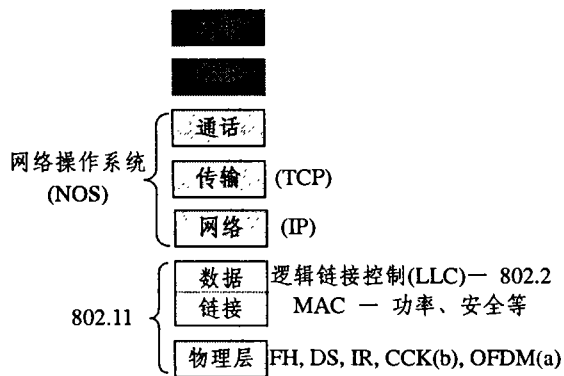


图1 IEEE 802.11和ISO模型

和所有的IEEE 802标准一样,802.11标准集中在底部两层,即物理层和数据链路层。我们将在后面看到,802.11a/b的主要亮点恰恰体现在物理层。

802.11中原先定义的三种物理层包括两种扩谱射频技术和一种漫射红外规范。基于射频的标准在2.4GHz的ISM频带内运行。这些频带被FCC、ETSI和MKK等国际机构认可用于无执照射频业务。

原型802.11无线标准定义的经由无线电波并应用调频扩谱(FHSS)或者直接序列扩谱(DSSS)技术的数据率为1Mbps和2Mbps。FHSS和DSSS是根本不同的信令机制,不能进行互操作。

2.2 802.11结构

IEEE 802.11 WLAN结构的原理构成如图2所示。802.11结构的基本模块是基本业务集(BSS)。在一个典型的BSS中,有一个按照802.11术语被称作接入点(AP)的中央基站和一个或几个无线站。这些无线站既可以是固定的也可以是移动的,它们使用IEEE 802.11无线MAC协议与中央基站通信。多个AP可以通过有线以太网或者其它无线信道连接起来组成一个分布式系统,对于其上层协议而言,就像是一个单独的802网络。

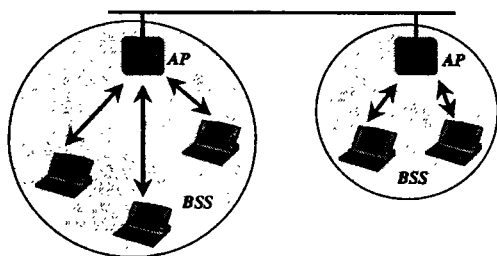


图2 IEEE 802.11 LAN结构

这些网状AP有时通过将无线节点跨越到其它有线节点上而被连接到一条骨干网上以拓宽LAN的能力。如果业务区重叠,则会发生移交。此结构与当前世界范围内的蜂窝移动网络非常相似。

除了基础构造方式外,IEEE的WLAN标准^[2~4]定义了一种称作“即兴式”(ad-hoc)的特殊方式来配置网络。在ad-hoc网络中,计算机之间组成一种临时性的网络,称作独立BSS(IBSS)。组网的起因是这些计算机碰巧成了移动装置,发

现彼此很接近,需要通信联络,但在其所在地却没有现成的网络基础构造(即一个现成的带有一台AP的802.11 BSS)。图3表明,所谓的ad-hoc网络是一种没有中央控制、与外部世界没有联系的网络。在一个ad-hoc王国里,没有通向网络的大结构,也没有固定连接点。通常每一个节点能够与任何其它节点通信。

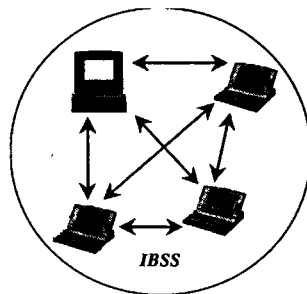


图3 IEEE 802.11 Ad Hoc网络

2.3 802.11 MAC的简要特性

IEEE 802.11 WLAN必须协调其对共享射频频带的占用。这是IEEE 802.11 MAC协议的任务,称之为带冲突避免机制的载波检测多址(CSMA/CA)。在CSMA协议中,某站首先检测信道以决定该信道是否正在忙于来自其它站的一帧(包)数据的传输。如果探知该信道空闲,而空闲时段等于或者大于分配的帧间隔(DIFS),则允许源站传输。

当一个目标站已经正确完整地接收了一帧数据时,它在等待一个短帧间隔(SIFS)后向发送者返回一个明确的回执帧,让发送者知道接收者已经确实正确地收到了发送者的数据帧。

IEEE 802.11协议还能用一个简短的请求发送(RTS)控制帧和一个简短的允许发送(CTS)帧来预约占信道。当某个发送者想送出一帧时,它可以首先向接收者发送一个RTS帧,表明需要占用的数据包持续时间以及ACK包。收到一帧RTS的接收者以一帧CTS响应之,给发送者一个明确的发送允许信号。所有得到RTS或CTS的其它站就会知道即将发生的数据传输并可避免妨碍这些传输。一个IEEE 802.11发送者既可以使用RTS/CTS控制帧,也可以直接发送其数据而无需首先使用RTS控制帧^[5]。

2.4 802.11b标准的新内容

影响WLAN得到认可与广泛使用的最严重的问题是其有限的吞吐率。802.11标准支持的数据率仅为1Mbps和2Mbps,慢得难以支持大多数一般的业务需求,因而延缓了WLAN的采用。由于认识到支持高数据传输率的迫切需要,IEEE批准了802.11b标准,用于传输高至11Mbps的传输速率。802.11b WLAN使得移动用户能够享受到以太网级的性能、吞吐率和可用性。

802.11b的基本结构、特性和服务与802.11标准之原型相似。802.11b的规范只影响到物理层,提供较高的数据速率和更坚固的连通性。

802.11b对于WLAN标准的关键性贡献在于对物理层支持的两种新速度作了标准化,即5.5Mbps和11Mbps。为了实现这一目的,DSSS成了标准中物理层技术的唯一选择,因为调频如果不违反现存FCC规定的话便无法支持更高的速度。这意味着802.11b系统只与1Mbps和2Mbps的802.11 DSSS系统互用,却不与1Mbps和2Mbps的802.11 FHSS系

统互用。

802.11原型和802.11b在数据率、码长、调制等方面有某些差别,如表1所示。

表1 802.11b数据率定义

数据率	码长	调制	每个符号的位数
1Mbps	11	BPSK	1
2Mbps	11	QPSK	2
5.5Mbps	8	QPSK	4
11Mbps	8	QPSK	8

2.5 802.11a 标准的新内容

802.11a标准设计用于最近分配的5GHz无限制国家信息基础结构(UNII)频带。它支持高达54Mbps的数据率。特别值得一提的是,FCC已经分配了300MHz的频谱用于5GHz块的无限制使用,其中200MHz从5.15MHz到5.35MHz,另外的100MHz在5.725MHz到5.825MHz之间。头100MHz的最大功率输出限制在50mW。第二个100MHz具有250mW的较大功率预算,而最高的100MHz则指派为室外应用,最大功率输出为1W。

802.11a已经定义和设计了一种新物理层编码技术,与今天正在运用的传统的直接序列技术截然不同。该技术称作编码正交频分多路(COFDM)。COFDM是专门发展用于室内无线使用并提供远远优于扩谱方案的性能。COFDM将一个高速数据载波分裂成若干个低速子载波后再并行发射出去。每个高速载波带宽20MHz并被分为52个子信道,每个宽约300KHz。COFDM用48个这样的子信道,其余4个用于同步话和控制。COFDM传递着较高的数据率和高级别的多路径反射恢复。

802.11a可以支持多个数据率,包括三个基本数据率和扩展数据率。事实上的802.11a网络标准看来是54Mbps,如表2所示。

802.11a存在的唯一问题在于其占用的5GHz频谱无法像802.11b占用的2.4GHz波段那样受到国际认可。802.11a仅在美国能够享有相对畅通无阻的信道。日本市场上只能使用低端的100MHz频谱,这意味着802.11a在日本的应用将面临更多的争论。在欧洲,低端的200MHz与FCC的5GHz分配重合,但为室外应用而保留的高端100MHz却已经被占用了。802.11a约需20MHz的频谱以便运转在54Mbps数据率上。这样,美国和欧洲的用户将有多达10个信道供选择,而在日本的用户将被限制在5个信道上。

表2 802.11a数据率规格

子信道数据率	数据率	调制	基本/扩展数据率
125Kbps	6Mbps	BPSK	基本
250Kbps	12Mbps	QPSK	基本
500Kbps	24Mbps	16QAM	基本
1.125Mbps	54Mbps	64QAM	扩展

3. 定位方案

下面基于对定位技术和以802.11a/b MAC为基础的WLAN的研究,回顾和提出一些定位方案。而更详细的研究,包括算法设计和性能分析留待以后完成,因为所采用的方案不仅取决于应用对象,而且还取决于所给定WLAN的环境。

3.1 红外定位系统

基于红外的定位系统研究始于主动式徽章系统^[6,7]。该系统中,人佩戴的一种徽章每隔10秒发射一个独特的红外信号。放置在建筑物内已知位置的传感器获得这个独特的标识符并将其转发到定位管理软件中。虽然该系统能够提供精确的定位信息,却有如下一些缺陷。(a)由于红外射程有限,该系统的范围很窄;(b)安装和维护费用非常高;(c)在带窗户的屋内,当有直射阳光时,它的效果很差。

在另一个基于红外技术的系统中^[8],红外发射器安装在建筑物内已知位置的天花板上。一个装在头上的光学传感器通过检测红外信号给用户定位。该系统也同样遭遇了与上述(a)~(c)类似的缺点。

3.2 室内射频定位系统

室内基于射频定位的第一个方案应用已知位置上AP获得的到达时间信息(TOA)和到达方向(DOA)测量值。当置于某个移动用户周围的天线以WLAN的指定频率发射射频信号时,为了知道TOA信息,AP应该与AP标识码同时发射一个响应信号。该响应信号所起的作用就像一面射频镜子或者雷达的反射回波。

对于三维定位,移动用户需要从至少三个已知位置上的AP接收响应信号。来自多于三个AP的TOA信息将由于有用信息的冗余而增加定位精度。式(1)解释了一个WLAN用户如何能够利用TOA信息而计算其位置。

$$R_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} + \eta_{R_i} \quad i=1,2,3 \quad (1)$$

其中, (x, y, z) 是需要通过计算确定的移动用户坐标; (x_i, y_i, z_i) 是已知的第*i*个AP(AP_i)的坐标; R_i 是移动用户与AP_i的距离,当AP从接收一个射频信号到发射响应信号的延时已知时可以从TOA信息中提取出来; η_{R_i} 是 R_i 的测量噪声。

如果移动用户或者任何AP装备了测向(DF)装置,则可获得确定移动用户位置的DOA信息。式(2)描述了这一有用信息。

$$\varphi_i = \tan^{-1} \frac{y_i - y}{x_i - x} + \eta_{\varphi_i} \quad (2)$$

其中, φ_i 是移动用户相对AP_i的方位角,如果DF装置的精度足以满足定位应用时可从DOA信息中提取出来; η_{φ_i} 是 φ_i 的测量噪声。

由于DOA信息的加入,仅需两个AP即可实现三维定位目的。应该注意到,TOA和DOA信息在某种恶劣的环境中也许会变得无用,比如说射频信号在建筑物内会遭受多重反射和衰减等严重问题。

还有另外一种非常粗糙的用户定位系统^[9],其中,AP发射的信号随其物理坐标而增强。移动用户将其隶属于的AP位置作为它的估计位置。这样,系统的精度就受到了单元尺寸的限制,而每一单元可能会很大。

一种具有应用潜力的基于射频的室内定位系统使用射频信号强度(SS)对用户定位^[10]。它构建在现成的WLAN技术配置基础上。AP(或者称基站)的部署位置可以在感兴趣区域提供重叠性的覆盖。

该系统的基本思路是,在一个射频网络中,信息包的强度是接收机(移动用户)位置的函数。因此,它提供了一种推断用户位置的方法。事实上,系统利用所有邻近AP独立观测的信号强度趋势来估计移动站的位置。

系统在作出定位决策之前需要采取以下步骤:

(1)产生一张建筑物的电波地图。事实上,该电波地图是

建筑物内位置和在这些位置上观察的(或者估计的)来自各 AP 的信号强度的数据库。例如,图上的某个出口可能记录成 $(x, y, z, ss, (i=1 \cdots n))$ 的形式,这里, (x, y, z) 是记录信号点的物理地址, ss_i 是来自 AP_i 的信号强度。

(2) 移动站测量区域内每个 AP 的信号强度。然后,它在电波地图数据库中搜索,以找出与所测信号强度最为匹配的强度值矢量。系统将与该最佳匹配的强度值对应的位置作为移动站的定位值。一种匹配方法是计算地图中每一强度矢量 $(ss_i, i=1, \cdots, n)$ 与测得值 $(ss_m, i=1, \cdots, n)$ 这两个信号空间之间的欧几里得距离。选取使该距离最小的 SS 矢量作为用户定位的物理坐标估计值。

3.3 室外射频定位系统

第一个典型的户外基于射频的地理定位系统是发展用于广域蜂窝移动通信的,最近,有若干种定位系统被提了出来^[11]。用于蜂窝电话定位的可供选择的技术包括测量信号衰减、DOA、和/或到达时间差(TDOA)。研究表明,这些系统在户外环境下是有前途的。

基于 GPS 技术的系统对于 WLAN 用户的户外地理定位是非常有用的^[11,12]。而那些无法接收到多于四颗 GPS 卫星信号的 WLAN 用户(如处于建筑物/大树阴影下甚至地铁里)的地理定位问题,就可以借助于所谓的伪 GPS 信号,当然,前提是该区域里已经为此目的建立了某些站来发射类 GPS 信号。由于未来 WLAN 的大部分增长点是在健康设备方面的应用,因此最近提出了一种称作“转发式 GPS”的方案^[13],为某些 WLAN 用户的精确地理定位提供支持,这些用户的保健医师需要监视他们的准确位置及其生物数据。

结束语 以前关于室内外定位系统方面的研究已经在专用硬件和技术上有了许多发明。除了上述地理定位方案之外,还有其它一些方案,尽管也很有趣和具有创造性,但没有在此列出。这些系统经常是为了单一性的用户定位目的而构建的,即它们不提供任何数据网络服务。

更不幸的是,现有的 WLAN 用户地理定位系统和技术,甚至某些发展中的技术并没有设计成适合基于 802.11a/b MAC 的 WLAN,因为它们没有考虑 802.11a/b 标准的特性,

尤其是在速度、带宽、频率以及编码方案等方面。由于这些原因,在此领域有许多研究工作有待于完成。这样,值得进一步研究基于 802.11a/b MAC 的 WLAN 地理定位的可行性问题。

参考文献

- 1 IEEE 802.11b Wireless LANs -- Wireless Freedom at Ethernet Speeds: [Technical Paper of 3Com Corporation]
 - 2 Brenner P. A Technical Tutorial on the IEEE802.11 Protocol. Breezecom Wireless Communications
 - 3 Crow B, Widjaja I, Kim J, Sakai P. IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks. IEEE Communications Magazine, Sept. 1997. 116~126
 - 4 IEEE P802.11, Working Group for Wireless Local Area Networks, 1999
 - 5 Kurose J F, Ross K W. Computer Networking. Addison Wesley, 2000
 - 6 Want R, Hopper A, Falcao V, Gibbons J. The Active Badge Location System. ACM Transactions on Information Systems, 1992, 10(1): 91~102
 - 7 Ward A, Jones A, Hopper A. A New Location Technique for the Active Office. IEEE Personal Communications, 1997, 4(5): 42~47.
 - 8 Azuma R. Tracking Requirements for Augmented Reality. Communications of the ACM, 1993, 36(7): 50~51
 - 9 Hodes T D, Katz R H, Schreiber E S, Rowe L. Composable Ad Hoc Mobile Services for Universal Interaction. MobiCom'97 Proceedings, Sep. 1997. 1~12
 - 10 Bahl P, Padmanabhan V N, Balachandran A. Enhancements to the RADAR User Location and Tracking System; [Technical Report (MSR-TR-2000-12) of Microsoft Corporation]
 - 11 Tekinay S. Wireless Geolocation Systems and Services. Special Issue of the IEEE Communications Magazine, April 1998
 - 12 Enge P, Misra P. Special Issue on GPS: The Global Positioning System. In: Proc. of the IEEE, Jan. 1999. 3~172
 - 13 Chen Yongguang, Kobayashi H. A Repeating GPS System for Geolocation. In: Proc. of the 2001 Conf. on Information Sciences and Systems, The Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland, 2001
-
- (上接第30页)
- 输提供一种高效、可靠的传输方法。但是, SMFTP 不局限于遥科学地基网络中的应用,它同样适合于其他小规模、一点对多点的文件传输应用。
- ### 参考文献
- 1 张珩,李庚田. 遥科学的概念、应用与发展. 中国航天, 1997(11)
 - 2 鲁士文. 天地一体化的遥科学系统和网络技术. 计算机工程与设计, 2002(1)
 - 3 Deering S, Hinden R. Multicast Routing in datagram inter-network and extended LANs. ACM Transactions on Computer Systems, May 1990
 - 4 Holbrook H W, Singhal S K, Cheriton D R. Log-based receiver reliable multicast for distributed interactive simulation. In: Proc. ding of ACM SIGCOMM, Aug. 1995
 - 5 Miller K, Robertson K, Tweedly A, et al. Startburst multicast file transfer protocol specification. <http://www.globecom.net/ietf/draft/draft-miller-mftp-spec-03.html>, 1998
 - 6 Koifman A, Zabele. RAMP: a reliable adaptive multicast protocol. In: Fifteenth Annual Joint Conf. of the IEEE Computer and Communication Societies, San Francisco, CA, March 1996
 - 7 Chang J M, Maxemchuk N. Reliable broadcast protocol. ACM Trans. on Computer Systems, 1984, 2(3)
 - 8 Whetten B, Montgomery T, Kaplan S. A high performance totally ordered multicast protocol. Theory and Practice in Distributed Systems, International Workshop, Lecture Notes in Computer Science, Sep. 1994
 - 9 Yavatkar R, Griffioen J, Sudan M. A reliable dissemination protocol for interactive collaborative applications. In: Proc. of ACM multimedia, Nov. 1995
 - 10 Lin J, Paul S. RMTP: A reliable multicast transport protocol. In: Proc. of the IEEE Infocom'96, Nov. 1995
 - 11 Chiu D M, Hurst S, Kadansky M, et al. TRAM: A tree based reliable multicast protocol. <http://research.sun.com/research/techrep/1998/sml-tr-98-66.pdf>, 1998
 - 12 Floyd S, Jacobson V, Liu Ching-Gung, et al. a reliable multicast framework for light weight sessions and application level framing. ACM Sigcomm Conf. 1995