

SAMA 技术及其与扩频 CDMA 的性能比较*

梁 钊** 周西京

(五邑大学 广东 江门 529020)

【摘要】 在阐述 SAMAC(扩展 ALOHA 多址)技术原理的基础上,分析了其性能,并与扩频 CDMA 进行了比较,讨论了其广阔的应用前景。

关键词 多址技术; ALOHA; SAMA; 扩频 CDMA

中图分类号 TN929.5

ALOHA 多址和扩频码分多址(CDMA)是两种不同类型的随机多址技术^[1],在理论研究和实际应用中均占有重要地位。ALOHA 随机多址技术源于夏威夷大学70年代初建成的 ALOHA 网,其重要意义在于首次在无线信道中引入了数据包(又称分组)广播这一结构,称为 ALOHA 信道。ALOHA 多址通信是指采用 ALOHA 信道结构的通信。ALOHA 多址协议分为纯 ALOHA、分隙 ALOHA、预约 ALOHA、载波监听多址(CSMA)及分组预约多址(PRMA)。

扩频通信是传输带宽远大于发射数据所需带宽的一种通信方式,通过采用伪随机编码调制与相关处理,使其具有功率谱密度低、保密性好、抗干扰和抗多径衰落能力强等优点。直接序列扩频码分多址(CDMA)是较普遍的一种随机多址扩频通信方式^[2]。

SAMA(扩展 ALOHA 多址)是在经典 ALOHA 的基础上结合扩频与扩时形成的新一代 ALOHA 多址技术^[3,4],兼有经典 ALOHA 与 CDMA 的优点。本文在介绍 SAMA 技术的产生背景及基本原理的基础上,分析了其性能,并与 CDMA 进行了比较,并讨论了其应用前景。

1 ALOHA 信道的效率及窄带 ALOHA 的局限性

纯 ALOHA 的吞吐量为^[1]

$$S = G \exp(-2G) \quad (1)$$

最大吞吐量为 $1/2e$,即0.184。一般认为 ALOHA 的信道效率是很低的,实际上只要网络的负载不重,发送成功的概率较高。文献[1]得出一个重要结论,即对于工作在低信道占用率的小型卫星地面站,ALOHA 的信道容量接近于仙农信道容量。由此可见,信道效率应采用两种不同的度量:ALOHA 吞吐量和 ALOHA 信道效率,前者用于峰值功率受限的 ALOHA 信道,后者用于平均功率受限的 ALOHA 信道。

ALOHA 信道效率定义为^[3]

$$r = \frac{C_a}{C} = \frac{SW \lg\left(1 + \frac{P}{GN}\right)}{SW \lg\left(1 + \frac{P}{GN}\right)} = \frac{G \exp(-2G) \lg\left(1 + \frac{P}{GN}\right)}{\lg\left(1 + \frac{P}{GN}\right)} \quad (2)$$

式中 C 是带宽为 W 、平均功率为 P 、噪声功率为 N 的高斯白噪声信道的容量; C_a 是在同样的带宽、吞吐量为 S 、信息包发送期间的平均功率为 P/G 、业务量为 $G(G < 1)$ 的 ALOHA 多址信道的容量。

图1为在几种信噪比情况下 r 与 G 的关系曲线。显然,在 S 比较小、信噪比很低的情况下,信道效率可接近于1。

1999年10月9日收稿

* 男 53岁 大学 副教授

然而, 当 ALOHA 信道带宽较小时, 由于发射机的峰值功率受限, 数据速率较低, 已不能满足各种高速业务和综合业务的需要, 因而限制了窄带 ALOHA 的应用范围。

2 SAMA 技术

2.1 扩展原理^[3]

扩展 ALOHA 是通过扩频与扩时实现的。扩频时仍采用纯(或分隙)ALOHA 信道, 且保持原来的信息包格式, 但带宽大大扩展; 扩时可通过不同的方法实现, 主要有比特扩展法和切谱扩展法。下面对比特扩展作一简单介绍。

设 $C_1(t)$ 是宽频带 ALOHA 信道上的一个信息包

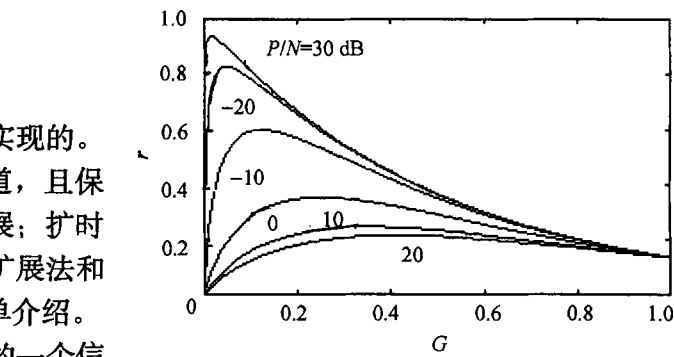


图1 ALOHA 信道效率

$$C_1(t) = \sum_{i=1}^n a_i p_i(t-i) \tag{3}$$

$p_i(t)$ 为

$$p_i(t) = r^{1/2} p(t) \tag{3a}$$

$$\int |p(t)|^2 = 1 \tag{3b}$$

式中 $p(t)$ 为满足下述归一化条件的任意一种脉冲波形; r 为扩频增益, 即扩展序列的长度。

采用比特扩展法进行扩时的步骤如下:

1) 将宽频带 ALOHA 信道上的信息包 $C_1(t)$ 在时间上拓展

$$C_2(t) = \sum_{i=1}^n a_i p_i(t-ri) \tag{4}$$

2) 令拓展后的信息包通过一个线性滤波器, 将每个信息符号代之以一个具有优良自相关特性的扩展频谱编码序列, 如巴克码或 m 序列, 得到扩展 ALOHA 信息包为

$$C_3(t) = \sum_{i=1}^n a_i \sum_{j=1}^r b_j p(t-ni-j) = \sum_{k=1}^m c_k p(t-k) \tag{5}$$

式中 $b = \{b_j\}, j=1, 2, \dots; r$ 是码长为 r 的扩展频谱编码序列。

2.2 SAMA 协议^[5]

SAMA 协议是在保留原 ALOHA 的竞争机理的基础上, 在信号格式上引入扩频与扩时形成的。根据这个协议, 网络中的全部用户均采用同一个扩展序列, 如码长为 2^n-1 的 m 序列; 每个用户随时都可向中心台(基站)发送信号; 中心台接收机只用一个匹配滤波器(或相关器)便可接收所有用户的信号; 接收机中的减法电路按信号到达的先后及强弱顺序, 逐一提取最先到达且最强的用户信号, 直至只余下一个信号为止, 然后再在接收机中逐一插入已减除的信号来鉴别不同用户的信号。中心台发射机通过下行信道向用户广播一个定时控制信号(该信号来自匹配滤波器的输出), 以此来调节各用户信号的到达时刻(即推迟或提前若干个 chip 时间), 从而减少了各用户信号的碰撞或重叠的程度。

图2为用7位巴克码对信息包进行扩展的过程。

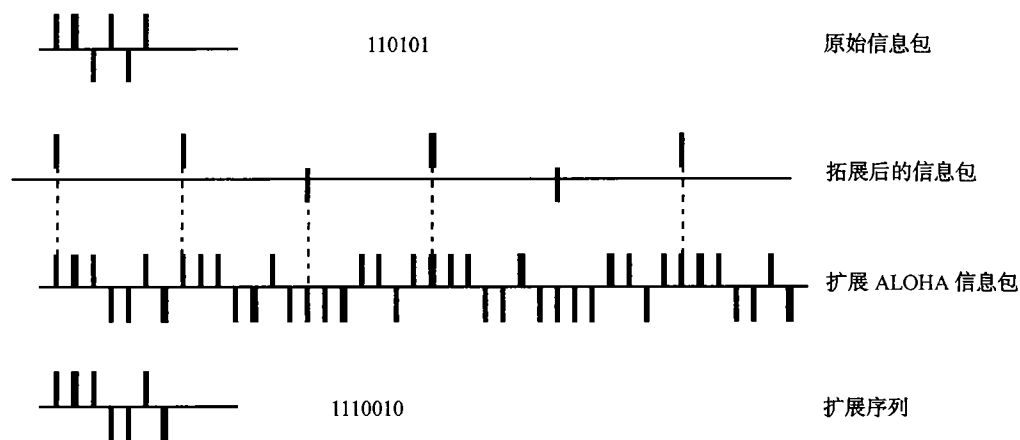


图2 扩展 ALOHA 信号的产生过程

3 性能分析与比较

SAMA 是在原 ALOHA 的基础上结合扩频与扩时而产生的，故同时具有 ALOHA 和 CDMA 的优点，下面将 SAMA 与 CDMA 的性能进行比较。

1) 信号形式

图3是扩频信号产生的一个简单模型。设 $a(t)$ 是长度为 n 的待发送信息包， $a(t)=(a_1, a_2, \dots, a_n)$ ， $b(t)$ 是长度为 r 的扩展频谱序列， $b(t)=(b_1, b_2, \dots, b_r)$ ，则用 $b(t)$ 对 $a(t)$ 进行频谱扩展后得到的发送信号可表示为

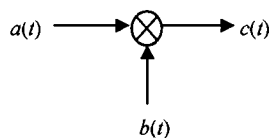


图3 扩频信号的产生

$$C(t) = \sum_{i=1}^n a_i \sum_{j=1}^r b_j p(t - j - ri) = \sum_{k=1}^{nr} c_k p(t - k) \quad (6)$$

式中 $p(t)$ 是满足式(3b)的脉冲波形。

从式(3)、(6)可见，SAMA 与 CDMA 具有完全相同的

信号形式^[1]。

2) 吞吐量与信道效率

纯 ALOHA 的最大吞吐量为 $S=1/2e=0.184$ ，SAMA 信号若仍采用纯 ALOHA 的竞争规则，吞吐量与信道效率保持不变，仍分别满足式(1)、(2)。研究表明，CDMA 的最大吞吐量在 0.1~0.2 之间^[6]，可见两者的数值大致相当。在上述条件下 ALOHA 的信道效率可趋近于 1，故在同等条件下，CDMA 的信道效率至多与 SAMA 相当。

3) SAMA 与 CDMA 均适用于具有大量用户的网络，但有一个显著区别，即在 SAMA 网络中，全部用户可采用同一个扩展序列，后者则需要给每个用户分配一个不同的扩频码，因而在用户数目很多时，扩频码的设计与选择就比较复杂；另一方面，基站必须使用多台接收机以接收来自不同用户的信号，因而增加了系统的复杂性和成本。在 SAMA 网络中由于全部用户使用同一个扩展序列，系统复杂性与成本都比较小；另外，只要基站通过下行信道发送一个导频信号，就可以使各用户发射机达到码片同步，所以同步问题很容易解决。

4) 不同用户信号的区分

SAMA 和 CDMA 都具有多址能力，但两者区分用户信号的方式不同，后者通过分配给用户的不同扩频码来区分，前者则根据信号到达的不同时刻加以区分。

5) 远近效应和捕获效应

在 CDMA 通信系统中, 由于多个用户同时使用同一频率发送或接收信号, 当两个用户的信号发生重叠时, 近地强信号或干扰会淹没远地有用的弱信号, 称为远近效应^[2]。远近效应大大增加了用户之间的干扰, 即多址干扰, 使系统的容量下降。远近效应可通过功率控制来解决^[7, 8], 但系统实现的复杂性也随之增加。与此相反, 在 ALOHA 信道中, 当两个信号功率不同的信息包在同一时隙发生碰撞或重叠时会发生捕获现象, 即两个发生碰撞的信息包并不会同时丢失, 而是只丢失功率小的信息包, 功率大的信息包仍能正常接收而无须重发。因而不会再与其他用户信号发生碰撞, 吞吐量反而有所提高。

6) 干扰抑制能力

SAMA 与 CDMA 具有相同的信号形式, 其扩展增益和 CDMA 的处理增益都等于扩展序列的长度 r 。在传输过程中, SAMA 信号可能发生重迭(重迭部分可看成信道噪声), 也会受到各种各样的干扰。在接收端, 匹配滤波器利用一个相同的扩展序列对接收序列进行相关运算, 然后在相应的拓展比特位上采样, 恢复原来的信息包。在解扩过程中, 有用数据的信号幅度增大到原来的 r 倍, 符号间干扰及因传输时信息包重迭等所引起的噪声幅度则大大减小, 分别反比于 r 和 \sqrt{r} 。可见, 只要选用码长 r 足够大, 且具有优良自相关特性的扩展序列, SAMA 系统便和 CDMA 系统一样具有较强的干扰抑制能力。

7) 隐蔽性和保密性

在 SAMA 系统中, 原始信号经变换后频谱被扩展到很宽的频带内, 其功率谱密度明显低于环境噪声和干扰的电平, 故难以检测, 因此 SAMA 信号同样具有隐蔽性; 另一方面, SAMA 信号在扩展过程中运用伪随机序列进行扩时, 若接收者不了解该序列的结构并用同样的序列来解扩, 则无法恢复其原始信息, 因而也具有一定的保密性。

8) 在数字蜂房系统中, 为了减小干扰、提高系统容量, CDMA 采用了语音激活、多扇区及分布天线等技术^[7, 8], 这些技术同样适用于 SAMA。由于采用了扩频技术, SAMA 同样也具有不受频率再用限制的优点。

4 结束语

SAMA 是在经典 ALOHA 的基础上结合扩频与扩时而产生的第二代 ALOHA 随机多址技术, 兼有经典 ALOHA 和扩频 CDMA 的优点。它具有与 CDMA 相同的信号形式, 但只需一个扩展序列, 因而实现简单, 成本较低。与传统 ALOHA 相比, SAMA 可使用户终端具有低发射功率和高数据速率的优点。

SAMA 协议适用于 Internet 的接入及突发性业务, 通过在 SAMA 协议中引入虚预约, 可望支持语音、数据及图像等综合业务。SAMA 协议的潜在应用领域包括无线局域网、无线本地环(话音及数据业务)、PCN、交互式卫星直播网络(DBS)、无线销售点(POS)网络等。采用 SAMA 的 SkyDSL 卫星产品近期已问世。可以预料, SAMA 具有良好的应用前景。

参 考 文 献

- 1 Abramson N, Editor. Multiple access communications—foundations of emerging technologies. New York: IEEE Press, 1992
- 2 Pickholtz R L. Spread spectrum for mobile communications. IEEE Trans on VT, 1991, 40(2): 313~322
- 3 Abramson N. Multiple access in wireless digital networks. Proceeding of the IEEE, 1994
- 4 Abramson N. Wideband random access for the last mile. IEEE Personal Communications Magazine, 1996
- 5 Abramson N. Spread aloha CDMA data communications. 美国专利, US5537397, 1996

- 6 Hui J Y N. Throughput analysis for code division multiple accessing of the spread spectrum channel. IEEE J Select Area in Comm, 1984
- 7 Gilhousen K S. On the capacity of a cellular CDMA system, IEEE Trans on VT, 1991, 40(2): 302~312
- 8 维特比 A J 著. CDMA 扩频通信原理. 李世鹤译. 北京: 人民邮电出版社, 1997

Performance Analysis of SAMA and Comparisons with SS CDMA

Liang Zhao Zhou Xijing

(Wuyi University Guangdong Jiangmen 529020)

Abstract In this paper, the principle of SAMA(Spread ALOHA Multiple Access) protocol is briefly introduced, and compared with spread spectrum CDMA. A performance analysis is also given.

Key words multiple access; ALOHA; Spread ALOHA Multiple Access; SS CDMA

· 科研成果介绍 ·

具有非准静态等离子体输运的电导调制功率器件

主研人员: 李肇基 方 健 赵建明 杨 健 李学宁 闫 斌等

IGBT 等电导调制型功率器件集中了 VDMOS(垂直扩散 MOS)和 BJT(双极结型晶体管)两者的优点, 既有前者输入阻抗高、热稳定等优点, 又有后者载流子注入的电调制使比导通电阻 R_{on} 降低一个数量级的优点。但由于非子在宽准中性基区的大量存贮, 使关断时间 T_{OFF} 长达数微秒, 工作频率低于 50 kHz。

该器件具有非子抽出的电导调制型功率器件的非准静态离子体输运模型, 对电导调制型功率器件有普遍的重要意义, 适用于 IGBT、MCT、EST、SITH 等各种电导调制类功率器件。

· 科 卜 ·