cdma2000 1x语音和数据业务并发时无线信道容量的计算

朱文勃
江苏省邮电规划设计院有限责任公司 南京 210003

1 前言

影响CDMA系统容量的因素很多，尤其是其网络覆盖与有效容量会相互牵制，呈现出“软容量”的特性，增加了CDMA系统容量分析的复杂度。CDMA系统是自干扰系统，当反向链路上新增加终端的最大发射功率不足以使基站克服来自其他终端的干扰时，系统就达到了反向容量的极限。在前向，当基站发射总功率或Walsh码没有多余的部分可以分配给新增加的用户时，前向空中接口就达到了最大容量，因此CDMA系统容量分析可以从反向、前向受限容量2个方面入手。

2 纯cdma2000 1x系统的反向受限容量

2.1 单一业务下的反向链路容量

一般认为CDMA系统的容量是反向受限的，主要受限于本小区和其他小区的干扰以及基站E_b/N_o的要求。假定约束条件为理想的功率控制效果，使得基站接收到终端发射的信号具有相同的功率电平。

反向容量计算方法见公式（1）。

$$M_{pole}=\sum_{j=1}^{N}\frac{1}{1+\frac{G_j}{(E_b/N_o)_j\times vaf}}\times(1+\beta)$$

其中：M_{pole}为单载频单扇区下反向链路最大用户数；G_j为处理增益，即W/R_j，在本计算中W=1.228 8 Mbit/s，R_j为不同的业务速率；vaf为语音激活系数，CDMA系统的语音激活技术可以在通话间隙将无线信道语音编码速率由全速率降为1/8速率，从而降低发射功率，减少干扰，这里语音激活系数取0.4；β为其他小区对本小区的干扰因子，可通过计算机仿真得出，语音业务下取0.67，数据业务下取0.7；E_b/N_o是指基站为了实现良好语音质量和误帧率（FER）所必须满足的信噪比，是决定基站反向容量的主要因素；系统负载取50%，扇区化因子取0.85。代入公式（1）可得反向链路容量，见表1。

2.2 混合业务下的反向容量

CDMA系统的一大特点就是不仅能支持语音业务还能承载高速移动数据业务。分析混合业务下系统的反向受限容量，首先需要假设一种用户模型，并基于该模型来加以分析，假定的用户模型见表2。某区域非9.6 kbit/s语音业务的下行分配比例见表3。

根据这一模型，可以得出以下结论：

- 忙时使用9.6 kbit/s语音业务（A业务）的用户比例为1－100%×12%＝88%；
- 忙时使用9.6 kbit/s数据业务（B业务）的用户比例为(1－88%)×40%＝4.8%；
- 忙时使用19.2 kbit/s数据业务（C业务）的用户比例为(1－88%)×30%＝3.6%；
- 忙时使用38.4 kbit/s数据业务（D业务）的用户比例为(1－88%)×18%＝2.16%；
- 忙时使用76.8 kbit/s数据业务（E业务）的用户比例为(1－88%)×10%＝1.2%；
- 忙时使用153.6 kbit/s数据业务（F业务）的用户比例为(1－88%)×2%＝0.24%。

对于混合业务的容量可以按公式（2）计算。

$$T_{mix}=1/[a/T_A+b/T_B+c/T_C+d/T_D+e/T_E+\cdots] \quad (2)$$

其中：T_{mix}表示混合业务系统定向基站每载波扇区可承载的信道数；a、b、c、d、e分别表示A、B、C、D、E业务所占百分比；T_A、T_B、T_C、T_D、T_E分别表示A、B、C、D、E单一业务下的信道数（见表1）。将以上取值代入公式（2），得CDMA系统混合业务信道容量，见表4。由表4中的数据可知，当CDMA系统同时承载语音业务和数据业务时，信道容量会有所下降。

3 前向受限容量分析

3.1 前向链路的特性

前向链路与反向链路有所不同。首先，业务信道功率被所有用户共享。其次，软切换增加了分析的复杂性，因为对前向链路来说，有无软切换、有几路切换是难以确定的，其中分组数据业务只有基本信道可以进行软切换，补充信道并不参加软切换，终端只选用激活集中基本信道信号最强扇

表1 单一业务下的反向链路容量

系统参数	cdma2000 1x 上行链路					
	语音业务	数据业务				
编码器（kbit/s）	8	–	–	–	–	–
业务速率（kbit/s）	9.6	9.6	19.2	38.4	76.8	153.6
扩频带宽（MHz）	1.228 8	1.228 8	1.228 8	1.228 8	1.228 8	1.228 8
语音激活因子	0.4	1	1	1	1	1
扇区化因子	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
功率控制因子	1	–	–	–	–	–
需要的 E_b/N_0（dB）	4.5	4.5	3.5	3.2	2.9	2.8
扩频增益（dB）	131.1	131.1	65.5	32.8	16.4	8.2
小区干扰因子	0.67	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
小区负载因子	50	50	50	50	50	50
全向站极点容量（信道/扇区）	70	27	17	9	5	3
全向站有效容量（信道/扇区）	35	14	9	5	2	1
三扇区极点容量（信道/扇区）	59	32	20	11	6	3
三扇区有效容量（信道/扇区）	30	16	10	5	3	1

表2 假定用户模型

业务类型	某业务区域	性　质
可能使用非9.6 kbit/s普通语音信道的用户比例	100%	相当于数据渗透率
其中忙时使用非9.6 kbit/s普通语音信道的比例	12%	取决于该区域的用户行为

表3 非9.6 kbit/s语音业务的下行分配比例

业务类别	语音业务	数据业务				
业务速率（kbit/s）	9.6	9.6	19.2	38.4	76.8	153.6
业务区域	0	40%	30%	18%	10%	2%

表4 CDMA系统混合业务信道容量

模型类型	某业务区域模型
忙时上行信道总容量（三扇区站每扇区）（Erl）	26.7
其中 9.6 kbit/s 语音信道数	24.88
上行语音容量（2%呼损）（Erl）	17.5
上行语音容量（5%呼损）（Erl）	20
上行数据业务吞吐率（kbit/s）	92.49

区的补充信道。另外，与基站不同，移动终端位置具有随机性并会受到周围小区的干扰，前向链路所需的E_b/N_t随着终端移动速度和多径的变化而变化，理论上是各不相同的。最后，根据无线分组数据业务的特性可知，前向数据业务速率要求高，吞吐量大，对功率资源、Walsh码资源消耗较大，直接影响前向有效容量。

3.2 前向容量的分析思路

随着cdma2000 1x系统的商用，对前向链路容量的分析已成为必须解决的问题。尽管存在上文提到的不确定因素，但笔者认为如果能将不确定的变量控制在一个合理的、可以接受的范围内，再运用运筹学中线性规划理论，即可对前向链路的容量进行分析，分析的结果也是有实际借鉴价值的。

对IS95A系统来说，前向链路包括4种类型的信道：1个连续发射的导频信道、1个连续发射的同步信道、最多7个寻呼信道以及多达55个业务信道。cdma2000 1x Rev.0在前向增加了补充业务信道和快速寻呼信道，cdma2000 1x Rev.A增加了公共支配信道、公共功率控制信道。由于现网采用的还是cdma2000 1x Rev.0，而且快速寻呼信道也未正式投入使用，寻呼信道也只使用了1个，因此本文将在只增加前向补充业务信道的cdma2000 1x Rev.0的基础上对前向容量进行分析，这并不影响对最终结果的论断。

在前向，随着数据速率的提高，扩频增益会减小，这就需要增加发射功率以满足业务质量的要求，同时占用的Walsh码资源也会增加，但物理信道的需要量却增加不多，所以往往在基站发射总功率或Walsh码没有多余的部分可以分配给新增加的用户时，前向空中接口就达到了最大容量。由于有高通公司推荐采用的SCH调度算法和Walsh码池的动态管理方法，数据业务相比语音业务而言，硬件CE及Walsh码资源已不是主要瓶颈，容量的限制因素主要集中在前向功率资源（吞吐量限制），因此本文将围绕基站发射功率对前向容量的影响进行分析。

前向功率在各信道间如何分配将直接决定前向容量，由于前向变量较多，所以对前向容量的分析就是进行最优化的分析，得出在满足一定覆盖要求下各信道功率分配的最优值，该最优值下的可用信道数即为前向最大容量。此时，可以采用线性规划的方法，建立以前向容量为变量的功率目标函数和一系列信道E_b/N_t的约束条件来计算前向容量。

3.3 线性规划的约束条件

（1）各种前向信道对E_b/N_t的要求

要顺利建立一个语音或数据通话，要求前向相关信道的E_b/N_t满足终端的要求，$E_b/N_t=SNR\times PG$，SNR为信噪比，PG为处理增益，PG＝扩频带宽/信息速率，不同前向信道对传输速率和FER的要求不同，见表5。

（2）信道干扰和热噪声

理想情况下，本小区的信道间不应存在干扰，因为它们都是正交的，但在实际传播中存在多径时延，小区内信道间的干扰还是存在的。定义本小区干扰因子$\rho_{本小区}$＝终端接收到的本小区干扰总功率/终端接收到的本小区总功率，一般认为本小区干扰总功率等于终端接收到的本小区总功率，即$\rho_{本小区}=1$；邻小区的信道电平显然构成了对终端的干扰，其强度取决于终端在小区中的位置，定义邻小区干扰因子$\rho_{本小区}$＝终端接收到的邻小区干扰总功率/终端接收到的本小区功率，对于位于小区覆盖边缘的终端，$\rho_{本小区}=1.778$（2.5 dB）。终端的接收噪声一般为8 dB，接收噪声功率为－105 dB。

（3）前向链路的功率控制因子

cdma2000 1x引入了快速前向功率控制技术，即基站负责调整前向信道功率，以向终端提供最合适的功率，减少了功率资源的浪费和小区干扰。假定前向链路的功控因子$\rho_{功控}=P_{中值}/P_{边缘}$，$P_{中值}$为终端在基站覆盖半径内某位置接收到的功率中值，$P_{边缘}$为终端在基站覆盖半径边缘位置接收到的功率。由于终端位置移动具有随机性，假定终端位置在基站

表5 前向信道对传输速率和FER的要求

前向信道	速　率	处理增益倍数	E_b/N_t（dB）
导频	1.228 8 Mbit/s	1	－15
同步	1.2 kbit/s	1 024	6
寻呼	4.8 kbit/s	256	6
语音	9.6 kbit/s	128	7
数据	9.6 kbit/s	128	4.5
	19.2 kbit/s	64	3.5
	38.4 kbit/s	32	3.2
	76.8 kbit/s	16	2.9
	153.6 kbit/s	8	2.8

覆盖半径内是等概率分布的，通过计算可得到$\rho_{功控}=1/(1+\gamma)$，γ为传播幂指数，其值为$(44.9-6.55\times\lg h_{基站})/10$，$h_{基站}$为基站天线的挂高。

（4）前向链路综合损耗

前向链路的最大综合损耗包括链路最大损耗、天线增益、电缆和接头损耗等，对于800 MHz蜂窝系统，取定L＝147 dB。

3.4 线性规划的目标函数

基站发出的总功率$P_{总}=P_{导频}+P_{同步}+P_{寻呼}+\rho_{功控}\times M\times V\times P_{边缘}\leq P_{max}$。其中：M为前向信道数，V为前向链路功率激活系数，P_{max}为基站额定总功率。通过线性求解，可以得到满足各种约束条件下的最大用户数M_{max}。

3.5 单一业务的前向容量

单一业务前向容量的计算方法见公式（3）。

$$M_{max}=[(128/(\rho_{功控}\times V\times(E_b/N_t)_{业务})]\times[10^{-F/10}/(\rho_{本小区}+\rho_{邻小区})-(E_c/N_t)_{导频}-(E_b/N_t)_{同步}/1024-(E_b/N_t)_{寻呼}/256] \quad (3)$$

其中：F是以dB表示的终端接收机容限，一般取3 dB。

基站单纯承载各种业务（语音业务或不同速率的数据业务）时的扇区前向容量计算过程和结果见表6。

3.6 语音和数据业务并发条件下的前向容量

cdma2000 1x提供了一个实现无线分组数据业务的平台，在基站的每一个扇区和每一个载频理论上都可以开展语音和数据业务。语音和数据业务并发时的前向容量会出现怎样的变化是业界一直非常关注的问题，因为在cdma2000 1x EV-DO或EV-DV未投入商用前，在一个载频下，语音和数据用户同时存在是不可避免的，由于数据业务更加消耗功率资源，而语音业务主要消耗信道资源，因此混合时的资源利用率就降低了。假设在一个扇区载频下已有15个cdma2000 1x语音终端在通话，根据以上对前向容量的分析方法，依旧通过线性规划的方法，可以求解剩余基站功率尚可提供的各种业务的容量，计算结果见表7。

可以看到，当有15个cdma2000 1x语音用户在线时，只允许再接入13个IS95A的语音用户，或16个9.6 kbit/s的数据用户，或10个19.2 kbit/s的数据用户，或5个38.4 kbit/s的数

表6 前向单一业务容量

系统参数	IS95A	cdma 2000 1x					
	语音	语音	数据				
业务编码速率（kHz）	9.6	9.6	9.6	19.2	38.4	76.8	153.6
扩频带宽（MHz）	1.228 8	1.228 8	1.228 8	1.228 8	1.228 8	1.228 8	1.228 8
频道号	283	283	283	283	283	283	283
下行频率（MHz）	878.49	878.49	878.49	878.49	878.49	878.49	878.49
上行频率（MHz）	833.49	833.49	833.49	833.49	833.49	833.49	833.49
室外覆盖半径（m）	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
最大允许损耗（dB）	146.89	146.89	146.89	146.89	146.89	146.89	146.89
导频编码速率（MHz）	1.228 8	1.228 8	1.228 8	1.228 8	1.228 8	1.228 8	1.228 8
寻呼编码速率（kHz）	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
同步编码速率（kHz）	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
寻呼信道数	1	1	1	1	1	1	1
手机天线高度（m）	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
基站天线高度（m）	40	40	40	40	40	40	40
前向链路功控因子	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
接收容限（dB）	3	3	3	3	3	3	3
导频所需的E_c/N_t（dB）	－15	－15	－15	－15	－15	－15	－15
同步所需的E_b/N_t（dB）	6	6	6	6	6	6	6
寻呼所需的E_b/N_t（dB）	6	6	6	6	6	6	6
业务所需的E_b/N_t（dB）	7.0	4.5	4.5	3.5	3.2	2.9	2.8
移动台噪声系数（dB）	8	8	8	8	8	8	8
移动台噪声（dB）	－105	－105	－105	－105	－105	－105	－105
本小区干扰因子	1	1	1	1	1	1	1
邻小区干扰因子	1.778	1.778	1.778	1.778	1.778	1.778	1.778
基站最大发射功率(W)	20	20	20	20	20	20	20
前向功率受限容量（信道/扇区）	18	33	22	14	7	4	2

表7 混合业务容量

系统参数	IS95A	cdma2000 1x					
	语音	语音	数据				
业务编码速率（kHz）	9.6	9.6	9.6	19.2	38.4	76.8	153.6
基站配置（信道/扇区）	–	15	–	–	–	–	–
消耗导频功率（W）	–	2.02	–	–	–	–	–
消耗寻呼功率（W）	–	0.99	–	–	–	–	–
消耗同步功率（W）	–	0.25	–	–	–	–	–
消耗业务功率（W）	–	1.41	–	–	–	–	–
消耗功率之和（W）	–	5.79	–	–	–	–	–
功率剩余（W）	–	14.21	–	–	–	–	–
剩余容量（信道/扇区）	13	–	16	10	5	2	1

据用户，或2个76.8 kbit/s的数据用户，或1个153.6 kbit/s的数据用户。

4 结束语

对于语音业务，前向容量略大于反向容量，因此，语音业务的容量和覆盖主要是反向受限；而对于数据业务，前向容量略小于反向容量，可见数据业务受前向功率的影响更大。当高速率信道与低速率信道共享同一载波时，由于特性的不同，会造成资源利用效率的下降，因此长远的策略是将数据和语音业务分开在不同的载波带宽内，也就是采用cdma2000 1x EV-DO技术将数据业务单独用HDR RF载波承载，以提高前向的容量和速率。影响前向容量的不仅仅是功率，还有Walsh的管理方法、SCH的调度效率等，需要在今后工程中逐步摸索改进。

邯 奚
E-mail editor@ttm.com.cn

宏正自动科技推出全新企业级IP-Based Cat 5 KVM多电脑切换器

宏正自动科技推出3款KVM over the NET多电脑切换器，进一步扩展宏正旗下的ALTUSEN企业级产品线阵容，包括：32端口 IP KVM多电脑切换器，支持 1位近端及2位远程用户（KN2132）；16端口 IP KVM 多电脑切换器，支持1位近端及4位远程用户（KN4116）；32端口 IP KVM多电脑切换器，支持1位近端及4位远程用户（KN4132）。

KVM over the NET多电脑切换器适用于拥有分支机构的企业，产品具备Dual NIC双网络适配卡设计，可提供Redundant LAN或Dual IP操作能力，当主要网络适配卡离线时，次要网络适配卡会立即自动上线；支持Power over the NET远程电源管理方案，网管人员可从远程控管服务器的电源功能；具备频外操作能力，即使网络发生故障，管理人员仍可持续访问及控管服务器。

LifeSize推出LifeSize Control 4.0多厂商视频网络管理解决方案

美国LifeSize公司推出一款多功能视频网络管理平台LifeSize Control 4.0，该平台通过与企业IT架构紧密集成，帮助企业实现对异构视频通信网络的集中管理和控制，使视频通信成为数据网络的自然延伸。

LifeSize Control 4.0的图形界面简单易用，系统管理员可轻松查看视频终端设备、MCU以及其他基础架构系统的实时信息与网络状态。与其他视频管理系统不同，LifeSize Control直接与Microsoft Exchange集成，无需安装Microsoft Exchange Server补丁或Microsoft Outlook客户端插件。LifeSize Control 4.0采用Smart Scheduler管理技术，能直接管理所有网络视频资源并根据需要对这些资源进行智能分配，帮助系统管理员简化对所有视频会议设备的控制，灵活开展视频通话。通过LifeSize Control 4.0平台，系统管理员可监测5个关键类别（设备清单、系统升级、通话记录、报警以及呼叫状态）的实时信息，确保用户体验质量及网络完整性。

泰科电子推出1206封装额定大电流快断式片状保险丝

2009年2月18日，泰科电子推出新系列适用于高额定电流的片状快速熔断保险丝。这种片状表面贴装保险丝，电弧抑制特性强，在行业标准1206封装尺寸具有极高的额定电流，为电源、服务器、通信设备、电压调节模块以及其他空间受限的产品提供过电流保护。

这种保险丝采用单片式多层设计，提高了高温性能，承受浪涌电流的能力很强，该器件以直径178 mm卷装，可以用于大批量组装。

诺基亚西门子通信推进TD-LTE发展

2009年，诺基亚西门子通信杭州研发中心的1 000多名研发人员投入到中国TD-LTE技术创新工作当中，并与中国和欧洲运营商紧密合作，已经展开并将继续评估TD-LTE技术在各种部署环境下的性能表现，包括更深入的空中接口测试以及最终在试商用测试网络中完成的多小区现场测试。

已于2008年11月成功完成的TD-LTE第一阶段测试展现了TD-LTE在各种信道环境和技术稳定性条件下极高的数据速率和极低的延迟，可确保用户在非对称频谱中也能享受到符合LTE标准的移动宽带体验。