马路上的卫星（五）｜SCPC单车和MCPC班车（第一回）

原创 一席VSAT 卫星与网络 1月30日

收录于话题
#马路上的卫星
8个 >

呼风唤雨
与品质同行
用我们的专业、用心、诚意及优质资源整合与调度能力，
协助合作伙伴在市场上呼风唤雨

马路上的卫星（五）｜SCPC单车和MCPC班车（第一回）

作者｜一席VSAT

本文原载于《卫星与网络》杂志2019年9月刊

> **作者说：**
>
> Comtech一直是FDMA技术的坚定代表，而UHP和Gilat却都是采用TDMA技术的VSAT厂家。这两起收购，从技术上来讲，说明Comtech已经觉得FDMA很难做了，所以开始向TDMA方向发展。这在《马路上的卫星》之二 - “一言难尽的TDMA”，以及之三 - “SCPC单车和MCPC班车”里都有过介绍和预言。（文末有阅读链接可点击直达哦~by小编）
>
> 当然还有一个非技术上的原因，就是Comtech或许也要像休斯和卫讯那样涉足VSAT运营，计划提供VSAT服务了。

> “是邪非邪，立而望之，偏何姗姗其来迟。”
> ——刘彻《李夫人歌》

这是汉武帝在思念早逝的爱妃李夫人，恍惚之间而见其身影时所做的《李夫人歌》。

别看中国古代有四大美女，但她们都不如李夫人，因为她们每一位都只不过占有 “沉鱼落雁”和“闭月羞花”中的半个成语，而李夫人却一人独占两个成语，比她们每个人都足足高出了6dB，其中一个就是《李夫人歌》中的“姗姗来迟”，而另外一个则更是大大的有名。

当然，这里想说的既不是四大美人，也不是汉武帝和李夫人，而是卫星通信中的SCPC单路单载波技术，是SCPC中的那些“是邪非邪”。因为经过多年的运行，很多用户都发现基于SCPC技术的VSAT卫星通信网络往往需要占用大量的带宽。即使花费了巨额租金，也总是觉得带宽不够用，诺大的卫星网络没有多少站点能够同时运行。而几年下来，花费在带宽上的租金，都可以重新再建设好几个新的VSAT网络了。

这是怎么回事儿呢？SCPC为什么会消耗这么多的带宽呢？有什么办法能够为SCPC卫星通信网络节省带宽吗？

其实，真正的SCPC系统自打休斯公司退出中国市场以后[1]，就已经很少见到了。取而代之的一些系统虽然自称SCPC，或貌似SCPC，实际上却并不是SCPC，而是MCPC系统。那什么是真正的SCPC？什么又是MCPC？两者之间又有什么差别呢？

在此之前，我们曾经以马路交通为例，较为轻松地对TDMA时分多址技术进行过一些比喻。而在这里，对于SCPC和MCPC，用马路交通来打比方却要费劲得多。但尽管如此，我们还是不妨在这里做一番尝试和努力吧。

是邪非邪的SCPC单车

SCPC属于FDMA频分多址卫星通信体制，是一种简单易用、历史悠久的VSAT卫星通信技术，其英文原文为“Single Channel Per Carrier”，中文翻译则为单路单载波。

◀ 非邪SCPC ▶

对于FDMA，恐怕很多人都不会感到陌生，因为这正是第一代移动通信（1G）所采用的无线信道访问技术，而其代表性的产品就是摩托罗拉公司那形似砖头的大哥大。

想当年，在单位开会或朋友聚餐的时候，谁要是把这样的大砖头往桌上一戳，那可是权力和财富的象征啊！那么这里就从一个只有两座卫星地面站，彼此之间进行点到点通信的、最为简单的场景出发，先看一看真正的SCPC是怎么回事儿。

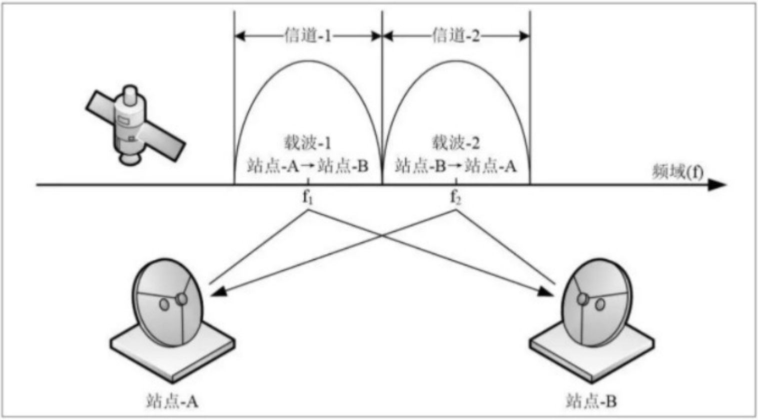

信道-1
信道-2
载波-1
站点-A→站点-B
载波-2
站点-B→站点-A
频域(f)
f_1
f_2
站点-A
站点-B

图1 缺了一半儿SCPC（点到点）

如图1所示为站点-A和站点-B之间进行点到点的卫星通信。其中：

- 站点-A在频点f1上占据一路信道（信道-1）向站点-B发射一个连续载波（载波-1），由站点-B接收并解调。

- 站点-B则在另一频点f2上占据另一路信道（信道-2）向站点-A发射另一个连续载波（载波-2），由站点-A接收并解调。

这样，两座卫星地面站通过这种非常简单的方式，就可以十分轻松地实现彼此之间的双向通信了[2]。或许在不少人的心目中，以为这就是SCPC了，而实际上这距离真正的SCPC还差着一半呢。

是邪SCPC

前面已经提到，SCPC的英文原文是“Single Channel Per Carrier”，其中第一个“C”的含义为信道，第二个“C”的含义为载波，所以SCPC的完整直译应为“单路信道单载波”。这里，大家对于第二个“C”的载波之意一般都还是很清楚的，但对于第一个“C”的信道之意却往往比较容易模糊，有时会误以为是“卫星信道”。而实际上这个“C”在此处指的是“业务信道”，指的是用户的每一路话音、每一路数据或每一路视频业务，所以SCPC的完整意译应该是“单路业务单载波”。

下面就以话音通信应用为例，分别展示一下在点到点、星状网以及网状网等场景下，各个站点利用SCPC技术以固定占用专用的卫星信道的方式（即PAMA），彼此之间相互通信时的情景。

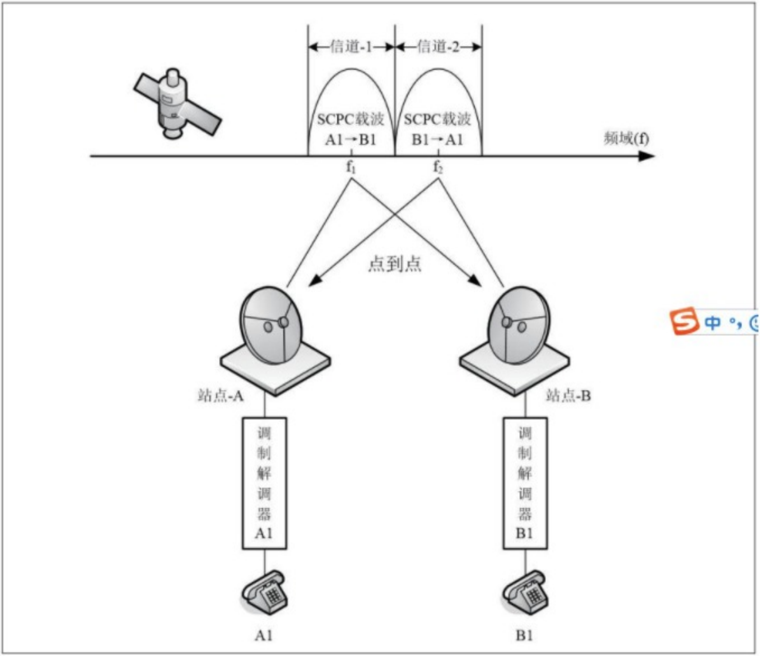

信道-1
信道-2
SCPC载波
A1→B1
SCPC载波
B1→A1
频域(f)
f1
f2
点到点
站点-A
站点-B
调制解调器A1
调制解调器B1
A1
B1

图2 完整的SCPC（点到点）

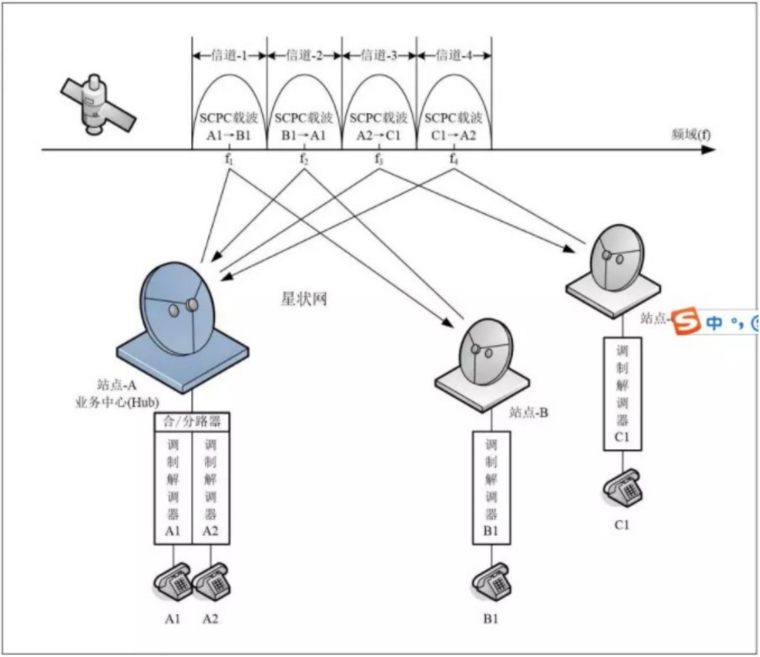
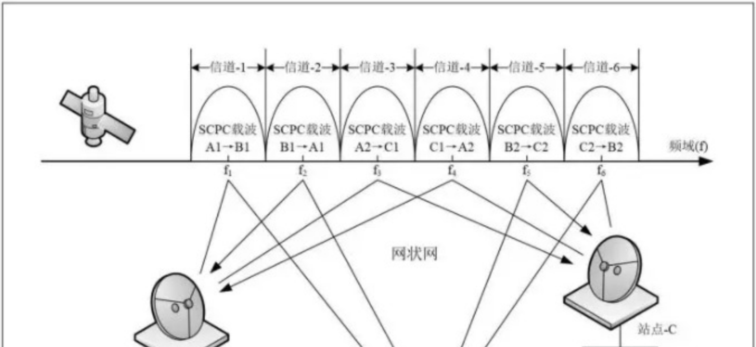

信道-1
信道-2
信道-3
信道-4
SCPC载波
A1→B1
SCPC载波
B1→A1
SCPC载波
A2→C1
SCPC载波
C1→A2
频域(f)
f_1
f_2
f_3
f_4
星状网
站点-A
业务中心(Hub)
合/分路器
调制解调器A1
调制解调器A2
A1
A2
站点-B
调制解调器B1
B1
站点-
调制解调器C1
C1

图3 完整的SCPC（星状网）


信道-1
信道-2
信道-3
信道-4
信道-5
信道-6
SCPC载波
A1→B1
SCPC载波
B1→A1
SCPC载波
A2→C1
SCPC载波
C1→A2
SCPC载波
B2→C2
SCPC载波
C2→B2
频域(f)
f_1
f_2
f_3
f_4
f_5
f_6
网状网
站点-C

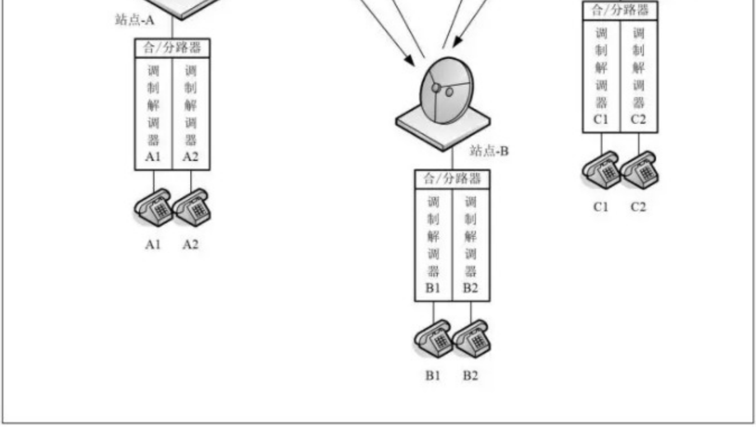

站点-A
合/分路器
调制解调器A1
调制解调器A2
A1
A2
站点-B
合/分路器
调制解调器B1
调制解调器B2
B1
B2
合/分路器
调制解调器C1
调制解调器C2
C1
C2

图4 完整的SCPC（网状网）

如图2、图3、图4所示，每个站点中的每一部话机都会与一个专用的卫星Modem直接相连并进行调制[3]。在休斯公司早年的TES（Telephony Earth Station） VSAT卫星通信系统中，这样的一路话音Modem被称作CU（Channel Unit）信道单元。当某一站点中的某部话机与其它站点中的另外一部话机相互通话时，每一部话机产生的话音业务，都会通过其专用的卫星Modem被调制成一个连续的数字载波（如64kbps、32kbps等），然后独立地占据一路卫星信道传送到对端站。

比如，以图4网状网中的话机A2与话机C1之间通话为例：

●站点-A中的话机A2所产生的模拟话音，通过话音接口经模数转换及数字编码后，进入SCPC Modem-A2进行调制，成为一个连续的载波。

●该载波经上变频器、功率放大器（图中均略去）和天线等设备后发送上星，固定占用中心频率为f3的信道-3的那一段带宽（如60kHz）。

● 与此同时，站点-C里的SCPC Modem-C1也在固定地接收并解调信道-3中来自于SCPC Modem-A2的载波，经解码及数模转换后还原出原来的模拟话音，再送给话机C1。

这样，就实现了话机A2到话机C1方向的话音传输；反之同理。由于每个载波里传输的只有一路话音业务，所以是单路业务单载波，而单路业务单载波才是SCPC的真正含义。

SCPC/PAMA

需要提示一下的是，上面几张示意图中的带宽分配方式都采用的是PAMA固定分配（Permanent Assigned Multiple Access）或预分配（Preliminary Assigned Multiple Access），卫星上的各路信道全都是专用的信道，即每一路话音业务及其载波，都是固定地占用一段专门属于自己的带宽。而不管这部话机是否在打电话，这路信道及带宽都不会给其它话音业务或其它站点使用，简单地说其实就是专线。

《马路上的卫星》系列通常是将地面站比喻为单位，将载波比喻为车辆，将每个单位中的人员和货物比喻为各种业务。那么这里就以单位员工每天乘车上下班为例，试着给SCPC打个比方。

如果单位里的每位员工都骑着单车（大陆地区叫自行车）上下班，并且各自独占一条车道行驶，就叫单路单载波（SCPC）。（参见图5）

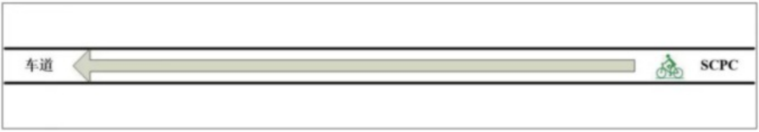
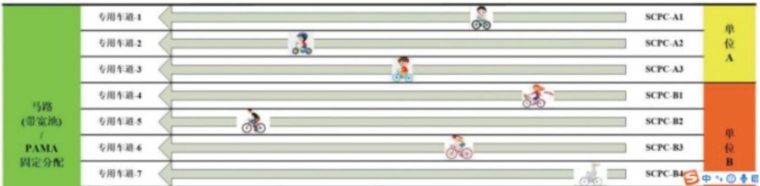


图5 1辆SCPC单路单载波单车（PAMA）

这时，一辆单车只运送一人，一条车道只行驶一部单车，也就是一路信道中只传输了一个载波及一路业务。这里需要特别注意的是，这条车道是这辆单车的专用车道（PAMA），即只允许这一辆单车在上面骑行，而不允许其它单车使用。即使这部单车已经到达了目的地，不再需要这条车道，其它单车也不得占用，也不可以在上面骑行。

而当某个单位有多部单车同时驶出时，就相当于某个站点同时发射了多个载波[4]，而每个载波则还是只传输一路业务。


马路
(带宽池)
/
PAMA
固定分配
专用车道-1
专用车道-2
专用车道-3
专用车道-4
专用车道-5
专用车道-6
专用车道-7
SCPC-A1
SCPC-A2
SCPC-A3
SCPC-B1
SCPC-B2
SCPC-B3
SCPC-B4
单位A
单位B

专用车道-8
SCPC-B5
专用车道-9
SCPC-C1
专用车道-10
SCPC-C2
单位
C

图6 三个单位发出10辆SCPC单路单载波单车（PAMA）

如图6所示，单位-A、B、C都各有几名员工，加起来共有10名。如果其中每位员工都骑行一辆单车，各自独占一条车道，那么共计设置10条车道就可以了。但可以想象，当员工成百上千非常多的时候，用这样的PAMA方式，为每一位员工及其每一辆单车都单独地设置一条专用车道的话，那整条马路得铺设得多宽哪！

SCPC网状网

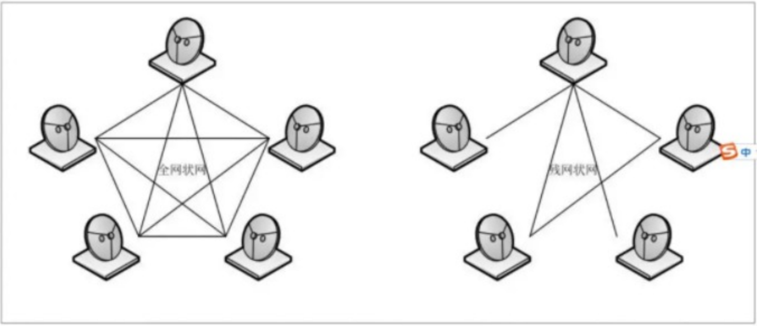


图7 全网状网（真网状网）和半网状网（残网状网）

从网状网中不难看出，如果采用SCPC通信体制，要想实现真正的全网状网（注意是真正的全网状网，即所有站点之间均可通过卫星单跳同时互通，参见图7），则当网络中有N个站点插入时：

●在地面段上，每个站点至少需要配置（N-1）个Modem，全网所有站点则至少需要配置N×（N-1）个Modem；

●在空间段上，每个站点至少需要发射和接收各（N-1）个载波，全网所有站点则至少需要发射N×（N-1）个载波，卫星上则至少需要设置N×（N-1）路信道。

当N很小，即当网络规模很小的时候，N×（N-1）还不是很大，不易察觉，往往会被忽视。但随着网络规模的扩大，这一数目就会以惊人的速度暴涨。比如：

- 当网状网中只有5个站点时，整个网络所需配置的Modem和载波数量只有5×（5-1）=20个；

- 而当站数增加到10个时，这一数量就会暴涨到90个；

- 而当网络的规模继续扩大，增加到50个站点时，这一数量就会达到惊人的2450！

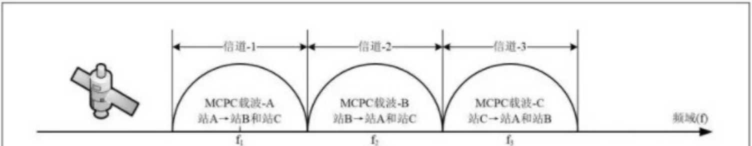
显然，对于Modem厂家和卫星公司来说，这样的SCPC/PAMA网状网可是块肥肉。因为如此一来，这就可以销售大量的Modem设备，出租大量的卫星带宽，收获大把的银子，所以是桩肥得流油的好买卖。但对于用户来说，这可就不是什么好事儿了。但无奈的是，当用户有所察觉的时候往往木已成舟、骑虎难下、为时已晚，只能乖乖就范了。当然用户也可以放弃全网状网，改做星状网或残网状网；或者再安装一套对SCPC载波进行控制的网络控制及管理系统（NCC和NMS），采用DAMA（按需分配多址）技术组建伪网状网，以节省卫星带宽及租金。

立而望之的MCPC班车

SCPC是单路单载波。那么有单路单载波，就有多路单载波。多路单载波的英文缩写为MCPC，原文则为“Multiple Channels Per Carrier”，其中第一个“C”的含义仍为“业务信道”，而非“卫星信道”。如果把SCPC比喻为单车的话，那么MCPC就好比是班车了。

MCPC基本原理

如下即仍然以话音通信为例，先看一看MCPC网络的运行方式。


信道-1
信道-2
信道-3
MCPC载波-A
站A→站B和站C
MCPC载波-B
站B→站A和站C
MCPC载波-C
站C→站A和站B
频域(f)
f_1
f_2
f_3

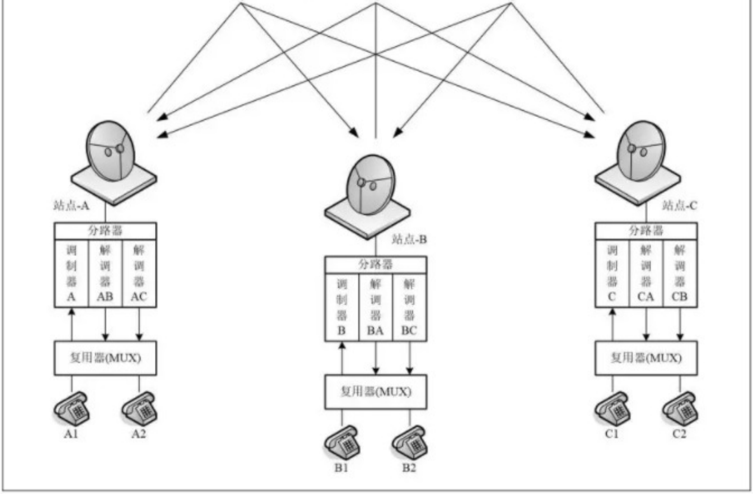

站点-A
分路器
调制器A
解调器AB
解调器AC
复用器(MUX)
A1
A2
站点-B
分路器
调制器B
解调器BA
解调器BC
复用器(MUX)
B1
B2
站点-C
分路器
调制器C
解调器CA
解调器CB
复用器(MUX)
C1
C2

图8 MCPC地面站及网络传输多路话音业务（网状网）

如图8所示，这是一个有3个站点的、简单的MCPC卫星网络。不难看出，与SCPC相比，MCPC网络中的各个地面站在设备的配置上就有几处明显不同：

- 首先，在地面站中，调制解调部分不再是一个个集调制和解调功能于一体的、独立和完整的调制解调器（Modem），而是一个独立的调制器（Modulator）和若干个独立的解调器（Demodulator），即调制和解调功能被分离开来了。

- 随之，在调制解调部分的中频输出和输入部位，也不再像SCPC地面站中有多个Modem时那样，既有合路器，也有分路器，而是只需要在下行链路中安装分路器，连接那几个解调器就可以了[5]。

- 另外，在调制解调器部分和用户话机之间，还增加了个复用器。复用器的英文原文为Multiplexer，常被简写为MUX，而其主要功能之一则是对多路话音业务进行复用及解复用。

在此设备基础之上，MCPC在实际的网络操作中也颇具特色，有着与SCPC很不一样的运行方式。

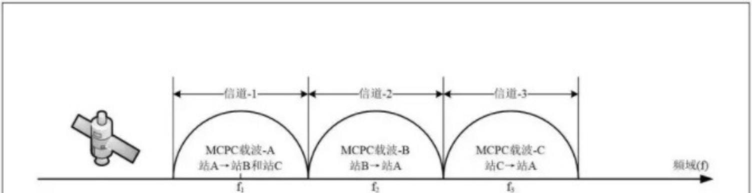
一方面，对于发射来说，每个站点无论有多少路话音，载波都只会发射一个，而不再是多个。即各个站点把发送给其它所有站点的话音业务，在经过数字化处理后，如A/D模数转换、数字编码压缩等，都会通过MUX以时分的方式复用成为一股数据流，再送往调制器，调制成为一个连续的载波，固定地占用一路卫星信道广播发送给网络中的其它所有站点。

这里需要注意的是，虽然载波只有一个，数据流只有一股，但由于其中含有多路话音业务，所以是MCPC多路单载波，而不是SCPC单路单载波。

而另一方面，对于接收来说，每个站点中的各个解调器也都会分别接收和解调其它各个站点发出的MCPC载波，以实现彼此之间的互联互通。如图8，每个站点就都配置了两个解调器，如站点-B中配置的解调器BA和解调器BC，就分别用来解调站点-A和站点-C发出的MCPC载波-A和MCPC载波-C，从而实现与站点-A和站点-C的同时互通。当然，在各个解调器所收到的MCPC载波中，是会含有发给其它站点的话音的，而这就需要接下来在后面的MUX中做进一步的处理，将发送给其它站点的话音滤除，而只留下发送给本站的话音。

这里，需要特别注意一处很容易被忽略的地方。在一个有着N个站点的MCPC网络中，每个站点只有在配置了N-1个解调器的情况下，才能同时接收和解调所有其它站点发出的载波，才能组建真正的全网状网，即所有站点均可通过卫星单跳同时互通。否则，如果某一站点中的解调器少于N-1的话，则该站点就不可能同时接收和解调所有其它站点发出的载波了，因而也就无法与这些站点同时互通，也就不是什么全网状网，而只能算是部分网状网，或残网状网了。（参见图7）

比如在图8中，如果站点-B和站点-C里都只有一个解调器，就会变成如图9中的样子：


信道-1
信道-2
信道-3
MCPC载波-A
站A→站B和站C
MCPC载波-B
站B→站A
MCPC载波-C
站C→站A
频域(f)
f_1
f_2
f_3

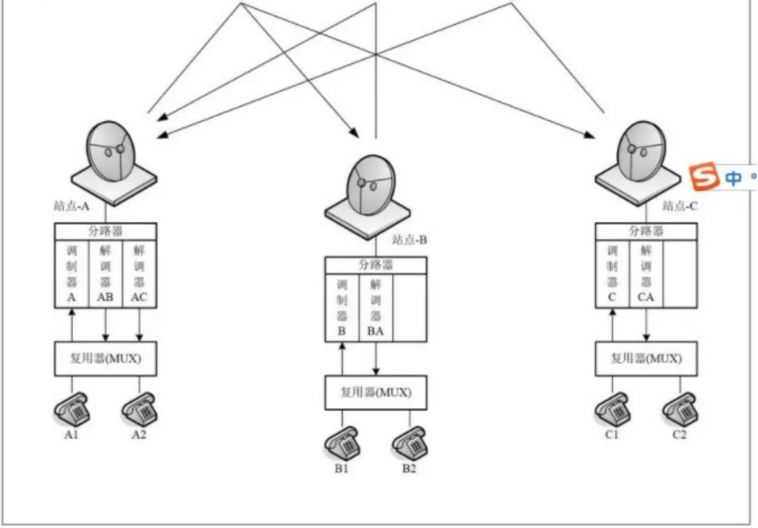

站点-A
分路器
调制器A
解调器AB
解调器AC
复用器(MUX)
A1
A2
站点-B
分路器
调制器B
解调器BA
复用器(MUX)
B1
B2
站点-C
分路器
调制器C
解调器CA
复用器(MUX)
C1
C2

图9 MCPC地面站及网络传输多路话音业务（非网状网）

●在站点-A中配置有两个解调器，能够分别解调站点-B发出的MCPC载波-B和站点-C发出的MCPC载波-C；

●而在站点-B和站点-C中却都只有一个解调器，都只用于解调站点-A发出的MCPC载波-A。

这样：

●有两个解调器的站点-A是可以同时与站点-B和站点-C通过卫星单跳直接双向互通的。

●而站点-B却由于没第二个解调器，不能再接收和解调站点-C发出的载波，所以是不能和站点-C直接互通的。站点-C同理。

所以说，这样的网络并不是全网状网，而是一个只能在局部范围内实现部分站点之间通过卫星单跳双向互通的半网状网或残网状网。而具体到图9中的例子，则是一个以站点-A为中心的小型星状网。

MCPC不仅可以用来传输多路话音，而且还能传输包括多路数据、话音和视频等在内的多种

不同的综合业务，且各个站点发射的载波速率也可以各不相同。

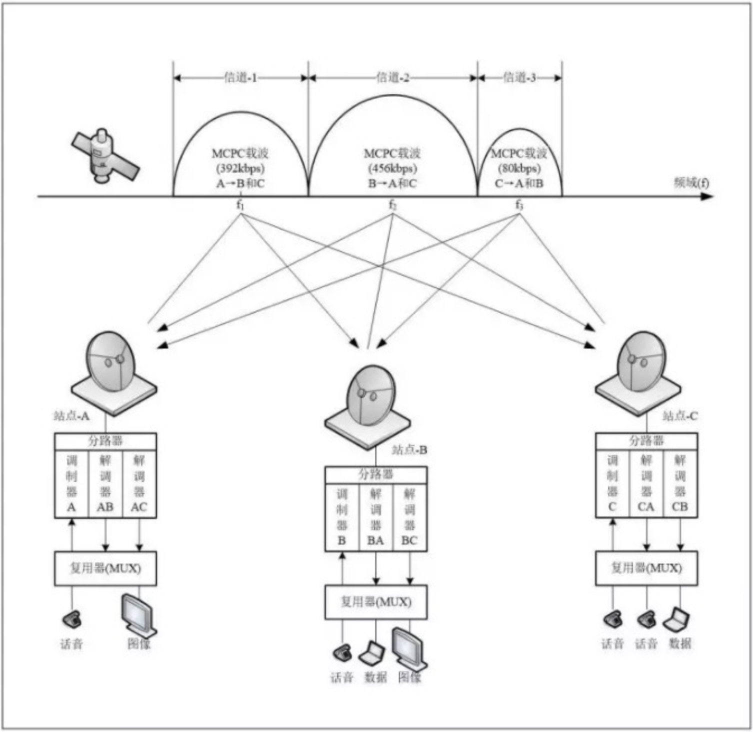

信道-1
信道-2
信道-3
MCPC载波
(392kbps)
A→B和C
MCPC载波
(456kbps)
B→A和C
MCPC载波
(80kbps)
C→A和B
频域(f)
f₁
f₂
f₃
站点-A
分路器
调制器A
解调器AB
解调器AC
复用器(MUX)
话音
图像
站点-B
分路器
调制器B
解调器BA
解调器BC
复用器(MUX)
话音
数据
图像
站点-C
分路器
调制器C
解调器CA
解调器CB
复用器(MUX)
话音
话音
数据

图10 MCPC地面站及网络传输数据、话音和视频等多路综合业务

如图10所示，在该卫星通信网络中有8kbps话音、64kbps数据和384kbps图像等3种业务。其中：

- 站点-A有1路话音和1路图像业务，经MUX复用后发射出了1个速率为392kbps（8+384=392kbps）的中等速率的MCPC连续载波[6]。

- 站点-B则有1路话音、1路数据和1路图像业务，经MUX复用后发射出了1个速率为840kbps（8+64+384=456kbps）的较高速率的MCPC连续载波；

站点-C只有2路话音和1路数据业务，经MUX复用后发射出了1个速率为80kbps（8×2+64=80kbps）的较低速率的MCPC连续载波。

MCPC班车

前面提到SCPC单路单载波有点儿像马路上的单车。倘若仍以员工上下班为例来比喻的话，那MCPC多路单载波技术就好比是每个单位给所有员工都安排了一辆班车，在一条较宽的车道上一起上下班。这时，一辆班车里同时运送了很多人，也就是每个载波中同时传输了多路业务。（参见图11、12）

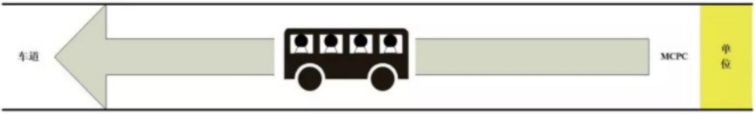


图11 某个单位发出1个MCPC多路单载波（班车）

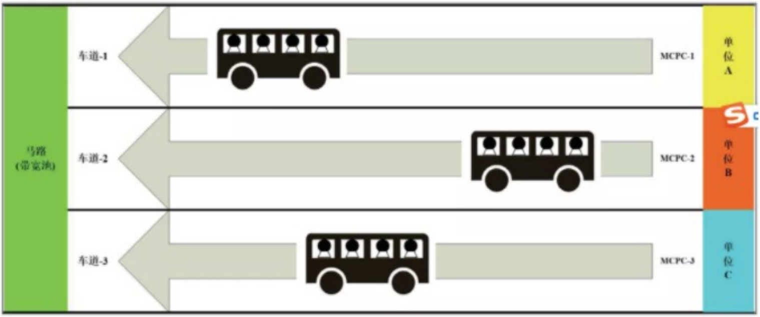

马路
(带宽池)
车道-1
MCPC-1
单位A
车道-2
MCPC-2
单位B
车道-3
MCPC-3
单位C

图12三个单位各发出1个MCPC多路单载波（班车）

因为所有人员都被集中在一起，单位只发出了一辆班车即将所有人员都送走，所以MCPC的这种情形曾经也被称作单站单载波（SCPS-Single Carrier Per Station），意为从一个站点里总是只发射一个载波。不过需要注意的是，SCPS中前面那个C的含义可就不是信道（Channel）了，而是载波（Carrier）了，即SCPS和SCPC（Single Channel Per Carrier）的差别并不只是在第4个字母上，它们在第2个字母上的含义也不相同。

当然，大一些的单位人员较多，有可能需要动用多部班车送人，这就相当于从一个站点里要同时发射多个MCPC载波。可如此一来，就又会像SCPC多载波操作那样为避免互调干扰而引

入回退，从而造成功放利用率的降低，失去单载波操作的优势，得不偿失了，所以在实际应用中采用得较少。而本文对这种单站多MCPC载波的情形也就不讨论了。

MCPC/PAMA

这里需要注意的是，SCPC是每个单位中的每个人窄窄地占用了一路单车车道，而MCPC则是每个单位宽宽地占用了一路大车车道，两者的形式是不太一样的。不过，虽然形式不同，但有一点却是相同的，那就是无论是SCPC中的单车，还是MCPC中的班车，在路上行驶的时候都会固定地占据一条专用的车道。

其间不管这条车道是否空闲，都不允许其它车辆同道而行，而这则是与TDMA最不一样的地方。在TDMA网络中，在同一条车道上，是可以有来自于不同单位的多部车辆一同行驶的[7]。

这听起来或许会有些令人费解，但如果联想一下快速公交（BRT）的运行方式就会更容易明白。在一些较大的城市里，都会在一些马路上开设BRT车道。BRT车道与普通车道并列，它们虽然看上去并无特别之处，但却是快速公交车所专用，即只允许快速公交车在上面行驶，其它车辆则一律禁行。即使其它车道上已拥堵得水泄不通，而BRT车道上空无一车，普通车辆也只能眼巴巴看着空空如也的BRT专用车道而望洋兴叹。

IP化的MCPC

过去，绝大多数的VSAT系统，不管是SCPC，还是TDMA，都是通过在IDU（室内单元）中插入不同的板卡向用户提供各种各样的物理接口，以支持不同的用户业务，如话音中的FXS、FXO、E&M、E1接口卡，以及数据中的RS-232、V.35、RS-422/449接口卡等等。像VSAT历史上几款很有名气的SCPC VSAT系统，如美国HNS休斯网络系统公司的TES，NEC日本电气公司的NEXTAR-VO，美国SA科学亚特兰大公司的SkyLinx等，这些系统就都具有多种板卡，能够提供并支持各种用户接口，而每一块这样的板卡实际上也就是一个SCPC调制解调器（Modem）。所以，当在一个VSAT地面站的IDU（室内单元）中插入一块或几块这样的板卡时，从表面上就一目了然，能够很容易地看出这个站点是只有一路业务，还是有多路业务。见图13。

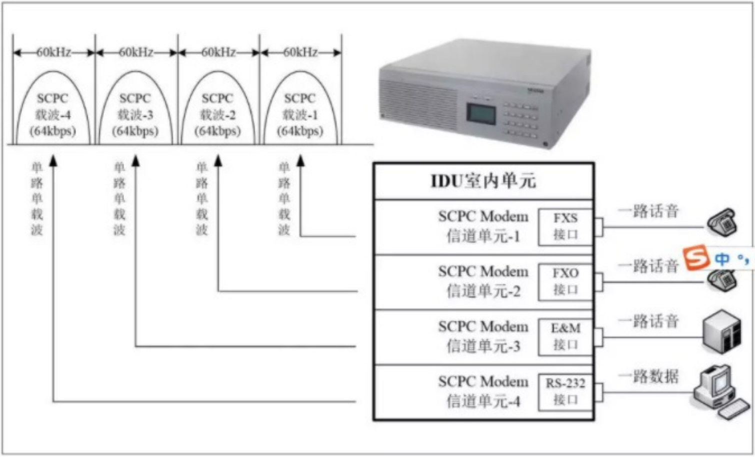

60kHz
60kHz
60kHz
60kHz
SCPC
载波-4
(64kbps)
SCPC
载波-3
(64kbps)
SCPC
载波-2
(64kbps)
SCPC
载波-1
(64kbps)
单路单载波
单路单载波
单路单载波
单路单载波
IDU室内单元
SCPC Modem
信道单元-1
FXS
接口
SCPC Modem
信道单元-2
FXO
接口
SCPC Modem
信道单元-3
E&M
接口
SCPC Modem
信道单元-4
RS-232
接口
一路话音
一路话音
一路话音
一路数据

图13 SCPC室内单元（IDU）、用户接口及载波

但是，在所有业务都IP化的今天，VSAT的IDU（室内单元）都已经简化成只有一个RJ-45以太网接口了，而不管是话音、数据，还是视频业务，则全部都可以通过这一个物理接口以基于IP协议的方式进行传输，所以从表面上看很容易给人以一种错觉，好像这个VSAT只传输了一路业务。见图14。

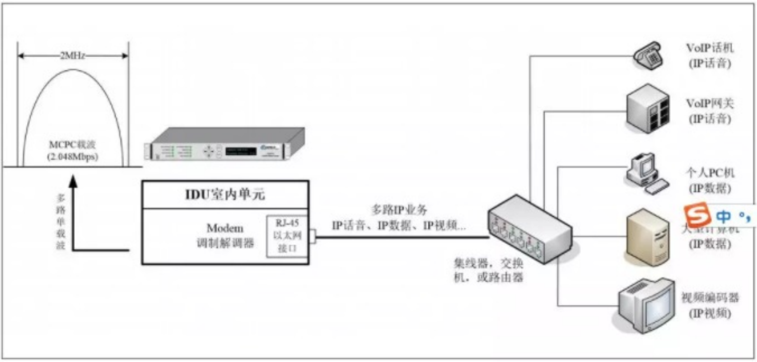

2MHz
MCPC载波
(2.048Mbps)
多路单载波
IDU室内单元
Modem
调制解调器
RJ-45
以太网
接口
多路IP业务
IP话音、IP数据、IP视频...
集线器，交换机，或路由器
VoIP话机
(IP话音)
VoIP网关
(IP话音)
个人PC机
(IP数据)
(IP数据)
视频编码器
(IP视频)

图14 SCPC室内单元（IDU）、用户接口及载波

可实际上，虽然物理接口只有一个，但在这个接口上却同时流淌着多路IP业务。这些不同的IP

业务是在经过路由器、交换机或集线器后，不知不觉地被汇聚成为一股数据流，然后一起进入Modem进行调制。而当这股IP数据流最终通过一个连续的载波发射出去的时候，虽然貌似SCPC单路单载波，但实际上却是MCPC多路单载波！而在这里起到复用器作用则是身处IDU（室内单元）之外的那个路由器、交换机或集线器。

可以说，在所有东西全都IP化的今天，其实基本上已经没有什么SCPC了，取而代之的实际上都是MCPC。而之所以要注意区分SCPC和MCPC之间的差别，则是为了让大家更容易认识并理解有些适合与SCPC相配合的技术（如DAMA），可并不一定同样适用于MCPC。不能以为SCPC能够做到的事情，MCPC就也能。所以，将貌似为SCPC，或者宣称为SCPC，但实为MCPC的VSAT系统加以识别，就变得非常重要了。

MCPC和TDM

也许有人会说：“这样的MCPC看起来不就是TDM时分复用吗？”

不错，多路复用包括频分复用（FDM）、时分复用（TDM）和码分复用（CDM）等多种方式，而由于这里所讲述的几路数字话音业务是在时域中，以时分的方式被复用在一起的，所以也被叫作TDM。FDM频分复用和CDM码分复用在卫星通信中并不多见，而TDM却常见于诸多知名的VSAT网络，尤其是TDM/TDMA、DVB/RCS等网络中主站的出境信道和载波（Outbound）中，所以名气非常的响亮，以至于被忽略了其实TDM就是一种MCPC，是MCPC中一个重要而庞大的分支。

在TDM/TDMA或DVB/RCS星状网中，主站把要发送给所有远端站的多路数据、话音、图片、视频、因特网等业务，以TDM时分方式复用到一个少则几Mbps，多则高达数百Mbps的高速载波里，然后占用一段固定的卫星带宽，广播发送到全网。故而主站的这一TDM出境载波实际上就是一种时域中的MCPC。

所以说MCPC并不新奇，相反却相当传统，其中有一个非常经典的传输多路数字话音的应用，就是Intelsat国际通信卫星公司[8]在IESS-308标准中所规范的IDR业务。IDR译为中等数据速率（Intermediate Data Rate），其典型应用就是卫星通信骨干网中传输E1数字话音中继电路，而其简要的处理过程就是先将30路64kbps的PCM数字编码话音以时分方式复用到一起，形成一条速率为2048kbps的E1数字电路（即PCM基群）。见图15。注意，这30路64kbps PCM编码数字话音的复用，以及E1数字电路（PCM基群）的形成是在用户的PBX交换机一侧实现的，即用户的PBX交换机在这里起到了MUX复用器的作用。

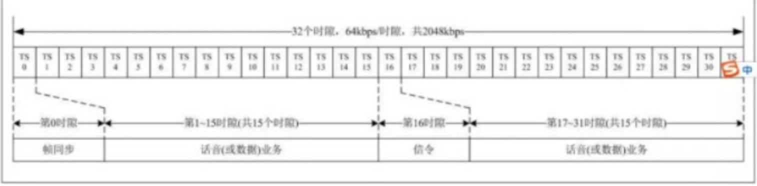

32个时隙，64kbps/时隙，共2048kbps
TS 0
TS 1
TS 2
TS 3
TS 4
TS 5
TS 6
TS 7
TS 8
TS 9
TS 10
TS 11
TS 12
TS 13
TS 14
TS 15
TS 16
TS 17
TS 18
TS 19
TS 20
TS 21
TS 22
TS 23
TS 24
TS 25
TS 26
TS 27
TS 28
TS 29
TS 30
TS
第0时隙
第1~15时隙(共15个时隙)
第16时隙
第17~31时隙(共15个时隙)
帧同步
话音(或数据)业务
信令
话音(或数据)业务

图15 E1数字电路PCM基群帧结构

接着，这路2048kbps数据流即会被送入一个IDR卫星Modem中进行调制，最后占用一个固定频点，以一个连续载波的形式发送上星，传输到对端站点。图16所示即为两个站点通过卫星进行点到点的E1数字电路传输时的简略示意图，采用的通信体制为FDMA频分多址，遵循Intelsat的IESS-308技术规范[9]。

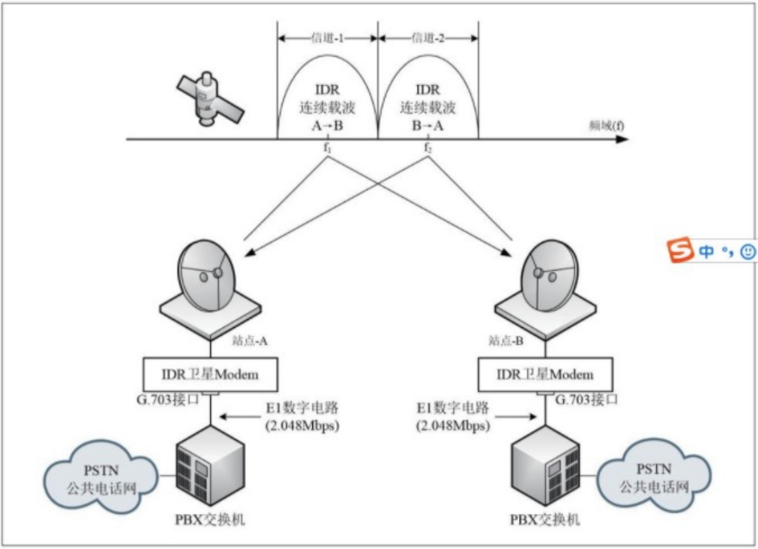

信道-1
信道-2
IDR
连续载波
A→B
IDR
连续载波
B→A
频域(f)
f_1
f_2
站点-A
站点-B
IDR卫星Modem
IDR卫星Modem
G.703接口
G.703接口
E1数字电路
(2.048Mbps)
E1数字电路
(2.048Mbps)
PSTN
公共电话网
PSTN
公共电话网
PBX交换机
PBX交换机

图16 IDR点到点E1数字电路传输

注意，这里说的虽然是一条E1电路，用户的PBX交换机和IDR卫星Modem之间的连接也只有一个接口（通常为G.703），传输的（貌似）只有一路2048kbps数据流，地面站发射出来的也只是一个载波，但这里面却包含有30路话音，所以严格地讲，这个载波并不是什么单路单

载波（SCPC），而是正经八百的多路单载波（MCPC）。

MCPC网状网

相比于SCPC，MCPC在不少方面都有所改善。比如，拿这里的MCPC网络与之前介绍的SCPC网络相比就会发现，在组建含有N个站点的全网状网时：

●在地面段上，每个地面站不再需要配置N-1个完整的Modem，而是只配置1个调制器就可以了。这样，每个站点只发射一个载波，还能避免多载波回退，节省功放功率，降低地面站的造价。不过，虽然调制器减少到只剩下1个，但解调器的数量却还是需要有N-1个，否则就不能实现真正的全网状网，而只能是半网状网或残网状网了。

●在空间段上，由于每个站点只发射1个载波的缘故，所以卫星上的信道及载波数量也从SCPC全网状网中的N×（N-1）个，减少到了N个。

看起来MCPC似乎有不少改善，但凡事都有利有弊。虽然MCPC系统在地面站的Modem和功放设备上要比SCPC系统节省很多，但在带宽的占用和按需分配上却会出现不少麻烦，要付出更多的代价。

欲知后事如何，且听下回分解。

注释：

[1]同一时期提供同类SCPC VSAT系统的公司还有NEC日本电气公司和美国SA科学亚特兰大公司等。

[2]这里需要注意一下信道和载波之间的差别，有关详情可参阅本系列之《马路上的卫星之一：信道和载波》。

[3]在实际运行中，还有话音接口转换、A/D模数转换、话音编码和数字压缩等处理过程。为突出重点，图文中均予以略去。

[4]多载波操作会带来许多问题，其中之一就是需要为功率放大器考虑输入和输出回退，以避免或降低互调干扰，而这就又会在功率上造成浪费。互调干扰是SCPC等FDMA频分多址技术中的一项重要课题，有关技术分析及文献非常多，而本文在附录-1中所给出的则仅仅是一个非常简单的介绍。欲知详情，还请大家自行查阅相关资料。

[5]为了突出重点，图中对地面站中的天线、BUC、LNB、合路器和分路器等射频和中频部分都

进行了简化处理，没有绘出十分严格的和详细的工程连接。

[6]为了进行控制和管理，MUX在复用过程中往往会增添同步、地址等一些额外的包头开销，因而最后载波的比特速率是会略高于该站中所有业务速率之和的。比如，当2.048Mbps的E1数字电路以IDR方式通过卫星进行传输时，就会被加上96kbps的包头，所以从地面站发射出来的传输E1数字电路的载波，其实际速率是大于2.048Mbps的（详见IESS-308）。而为了便于讨论，复用过程中由MUX所增添的这些额外开销均被简化和忽略了。

[7]有关TDMA技术的介绍，可参阅《马路上的卫星之二：一言难尽的TDMA》。

[8]Intelsat原为国际通信卫星组织。

[9]E1也可以通过TDMA网络进行传输，并且有着区别于FDMA的特点和优势。鉴于本篇主要讨论SCPC和MCPC等FDMA技术，故在此略去。