

业余无线电在应急信息发布中的应用研究分课题研究报告附录五：

# 抗干扰新汉字通信模式 CP16

## 设计原理及现场试验报告

中国无线电协会业余无线电工作委员会

二〇一三年七月

# 抗干扰新汉字通信模式 CP16 设计原理及现场试验报告

## 一、问题的提出

实践证明，当突发重大灾害事件导致常规通信系统失效时，现场幸存的业余短波电台可能成为第一时间第一地点向外报出灾情的唯一工具。

在重大灾区现场的恶劣条件下，业余电台的天线和电源都可能受到很大的限制，加上短波电波电离层传播固有的信道不稳定性，外界接收到的灾区信号的信噪比可能很低，单边带话方式的话音质量很差，常用的数字通信方式则可能根本达不到正确解码的误码率要求，而重要的应急信息又希望采用报文形式来避免转信中的差错。

因此，需要开发一种具有高抗干扰能力的汉字通信模式来满足应急通信的需求。

当然，这种模式可以用来把需要发布的公共应急信息从上级机构发送到灾区电台，可以考虑为公共应急信息发布系统业余无线电子系统使用的一种基础技术手段。

开发 CP16 通信方式的设想就是在这个背景下提出的。

虽然 CP16 的开发主要是针对突发灾害应急通信的恶劣条件下的汉字报文通信应用，但也适用于月面反射通信、长波远距离通信等极微弱信号通信的应用场合。

## 二、CP16 通信方式设计原理

为了直接传输汉字点阵图形，CP16 采用 16 路射频载波，依次用  $16 \times 16$  点阵汉字每一列的 16 个像素分别对 16 路载频进行开关调制，因此属于幅度调制方式（16ASK）。不同时间、不同频率上射频载频信号的有无反应了汉字字模的形状。这样的射频信号被接受下来后，用时间-频率瀑布显示出来的二维亮点分布就是汉字的形状，而不需要其他的解调处理。

对 CP16 的功能期望是：

### 1、高抗噪能力

与任何其他依靠数字编码和严格的解码来传送文字的通信方法或者话音通信相比，CP16 应该具有显著的抗干扰优势。这是因为：

a) 由于发送端的汉字没有经过编码，接收端不需要进行解码，所以传送系统没有正确还原初始信息的误码率门槛；

b) 汉字信息的还原过程充分发挥了人类大脑的智慧。当接收端得到的 CP16 信号的信噪比较高时, 应该可以从瀑布图得很清晰的汉字图形。当接收端信噪比降低时, 得到带有噪点背景的汉字图形。当信噪比进一步恶化时, 只要还能勉强从噪点背景中看出亮点, 所传送的汉字还是可以有相当的可读性。即使字形中的某些像素缺损, 但使用者还是有可能根据经验准确还原出原来的信息, 这种智能判断能力是机器难以达到的;

c) 一般人的视觉对瀑布图响应比听觉语音响应灵敏, 因此在同样微弱的信号条件下, CP16 的信息更容易被捕捉到;

d) 瀑布图的信息比话音暂留更长的时间, 允许操作者由更多的时间进行信息匹配和检查, 与话音通信相比, 提高了信息传输的可靠度。

## 2、信号占用带宽仅 400Hz

CP16 的信号带宽设计为窄于 400Hz, 相当于 CW 人工莫尔斯电报的带宽。

## 3、允许普通接收机同时读取多路信号的汉字

由于 CP16 信号带宽比较窄, 带宽为 2.7kHz 的单边带话音信道可以同时容纳 6 路 CP16 信号, 而且汉字的显示不需要特别的解调。任何普通单边带接收机都可以把相邻的 6 路 CP16 射频信号搬移为音频范围的基带信号, 送入使用普通声卡将音频信号转换为频率-时间瀑布图显示的电脑, 就可以同时显示出 6 路汉字报文信息, 而不需要变换接收机的调谐。

这一功能对于应急通信具有积极的意义, 不但简化了操作, 而且可以使操作者同时监视多路通信, 了解全局。即使由于某种原因相邻信道的频带发生重叠干扰, 接收者也还是有可能较好地地区分出各自的报文。这些特点是其他汉字传输方式难以实现的。

## 三、本课题 CP16 现场试验的目的

- 1、验证 CP16 信号传输汉字报文信息的可行性;
- 2、通过试验确定 CP16 信号的合理调制参数;
- 3、验证 CP16 汉字报文传输的抗噪声能力;
- 4、验证普通接收机同时解析多路 CP16 汉字报文信息的可行性;
- 5、验证 CP16 汉字在短波远距离传输中的实际效果。

## 四、CP16 通信试验的系统配置

本课题的 CP16 通信方式试验所采用的系统配置见图 1 (发射端) 和图 2 (接收端)。

为了节约成本，本课题试验没有采用专门的硬件调制部件来产生 CP16 射频信号，而是编制专门的软件控制个人电脑的声卡，产生音频范围的 16ASK 信号，再送入单边带发射机进行频率搬移，成为最后的 CP16 射频信号。

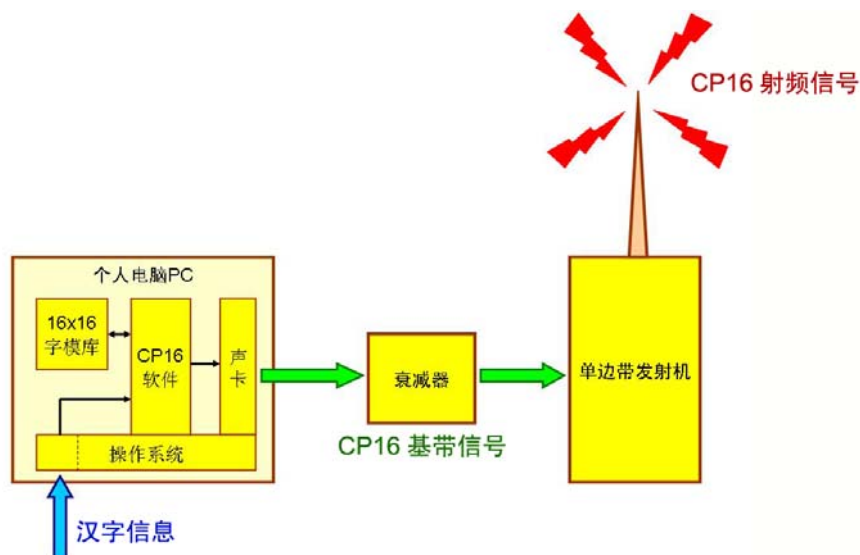


图 1 试验系统配置（发射端）

发送端由个人电脑 PC 在 CP16 原理性试验软件的控制下提供人机操作界面，根据操作者打入的报文，由  $16 \times 16$  点阵汉字字模库文件转换出代表相应字模像素的二进制信号，控制电脑声卡的 DSP 芯片完成基带调制和滤波。

CP16 基带信号由电脑声卡的耳机端口输出，经过电平衰减网络，送到单边带无线电发射机的话筒输入端口，搬移到载频上，成为射频调制信号，加以发射。

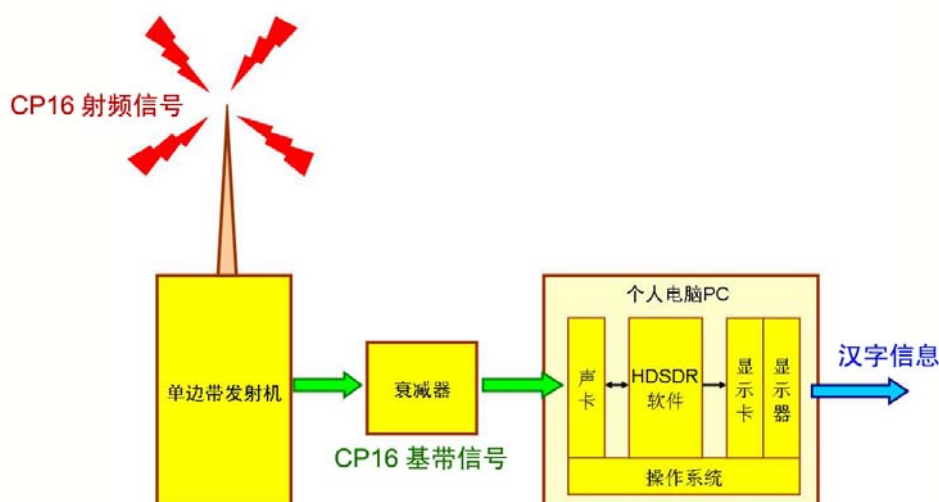


图 2 试验系统配置（接收端）

接收端采用软件接收机或者单边带接收机，其 I/Q 输出或者音频解调输出经过电平衰减网络送到个人电脑声卡的话筒输入端。

接收端的电脑安装有意大利业余无线电爱好者 Alberto di Bene（业余电台呼号 I2PHD）编制的 HDSDR 免费软件。该软件可以将声卡输入的基带信号显示为时间-频率瀑布图。

五、CP16 通信方式原理性试验发送端软件

在原理性试验中，CP16 发信端的调制完全由软件实现，由电脑屏幕界面输入的汉字串由软件转换成与 16×16 点阵汉字字模相对应的行列像素，并由软件控制开关决定，按列或者行的顺序逐次对 16 路音频载频进行幅度开关调制，经两段三阶巴特沃斯低通滤波器滤除调制过程中产生的高次谐波，最后由电脑声卡输出。试验所采用的载频间隔为 15-19Hz，16 路载波的总间隔小于 300Hz。由于所用软件和电脑速度的限制，传输一个汉字的时间为 4 秒左右。有效信号带宽可以顺利通过 400Hz 的 CW 滤波器。

软件还提供了改变各路载频的频率等参数、人为叠加随机噪声等试验手段，。原理性试验软件由本课题组用 National Instrument 公司的 LabView 工具（免费版）编制，大致逻辑框图见图 1，运行环境为 Windows/XP，可执行 exe 代码的安装包大小约为 69.9MB（其中包括 16x16 点阵汉字库 1.24MB）。

CP16 通信方式原理性试验发送端软件的人机交互界面见图 3。为满足试验需要，设置了改变调制参数的部件以及人为叠加入白噪声的控制部件。

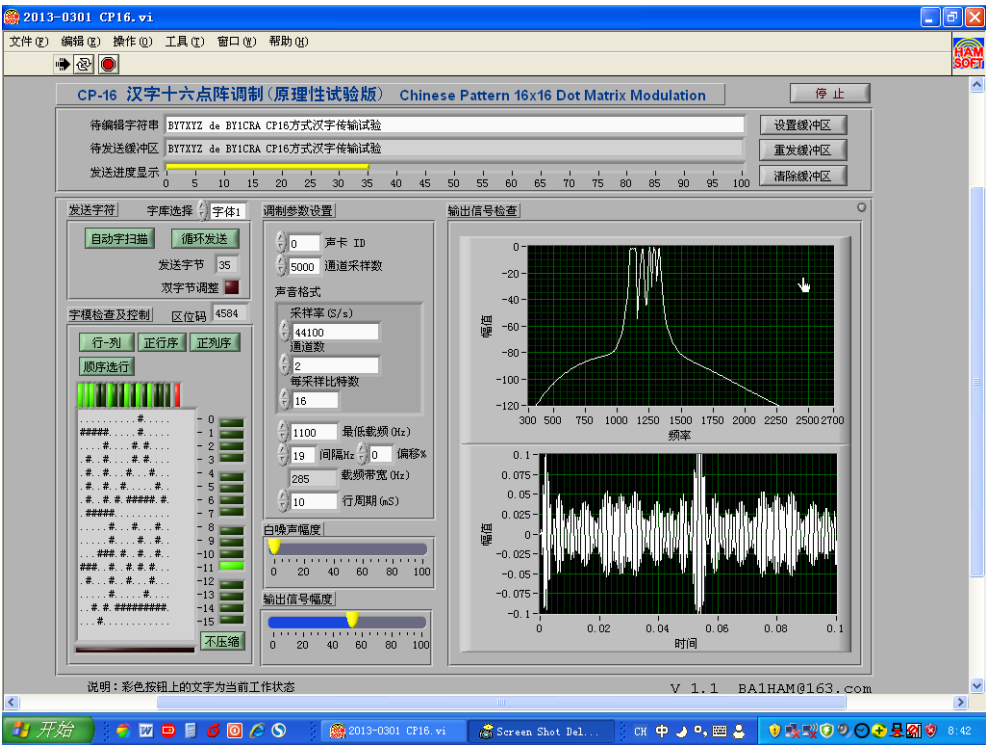


图 3 CP16 通信方式原理性试验发送端软件操作界面截屏

软件的信号流程框图见图 4。







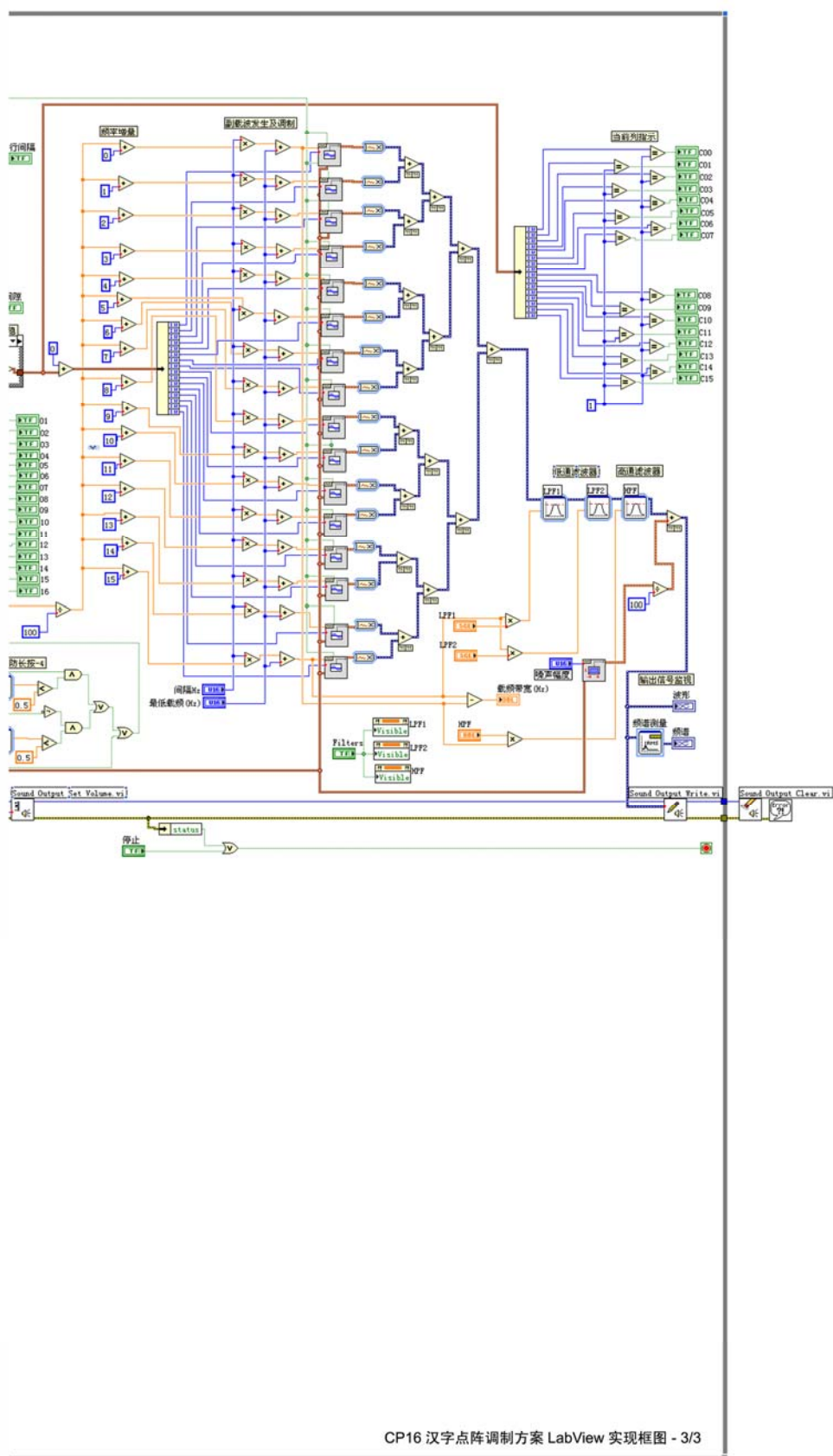


图 4-3 CP16 通信方式原理性试验发送端软件的信号流程框图



## 五、CP16 方式本地无干扰信道传输试验

课题组首先对 CP16 方式发送的汉字进行了本地通信的无干扰信号接收实验，接收效果见图 5，瀑布图上的汉字清晰可见，达到预期效果。

图中上部窗口显示为接收到的 CP16 信号瀑布图，中间窗口为它的频谱图，下部小窗口为该信号经过 400HzCW 带通滤波器后的瀑布图和频谱图。

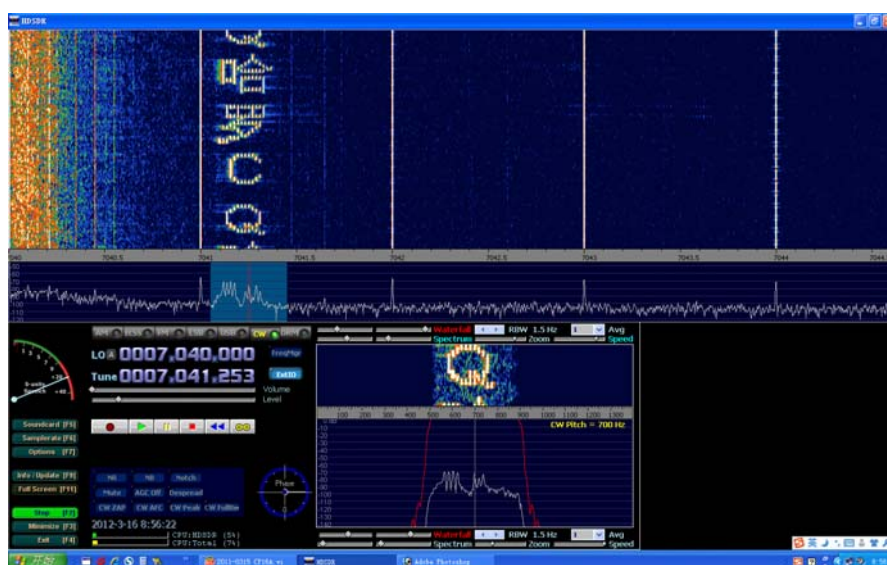


图 5 HDSDR 软件瀑布图显示的 CP16 信号

## 六、CP16 方式本地加白噪声干扰信道传输试验

课题组对 CP16 方式发送的汉字进行了本地通信的人为叠加干扰信号接收试验。受实验条件所限，干扰是在发送端电脑中通过软件模拟方式在声卡中产生的，由于缺乏测试设备，没有对信号的信噪比进行定量的测量，仅根据接收机输出的基带信号的听觉效果选择了几种情况，接收效果分别见图 6 至图 8。其中图 6 为可以明显听到背景噪声的情况，图 7 为噪声开始明显影响同等话音信号的可辨度的情况，图 8 为信噪比极坏、CP16 信号只能被隐隐约约地听到、无法通话的情况。

试验结果表明，信噪比低到信号勉强能被听到时，单边带通话已经基本不能准确传输信息内容，而 CP16 传输的汉字轮廓仍然可以读辨出来，证明 CP16 系统抗噪声功能达到预期效果。

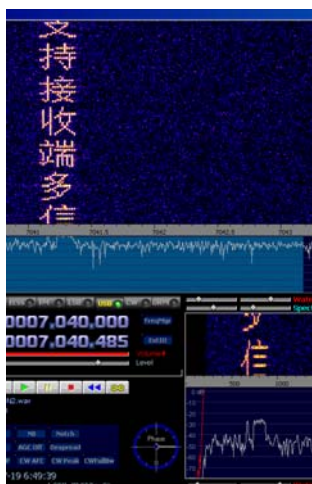


图 6 轻度噪声

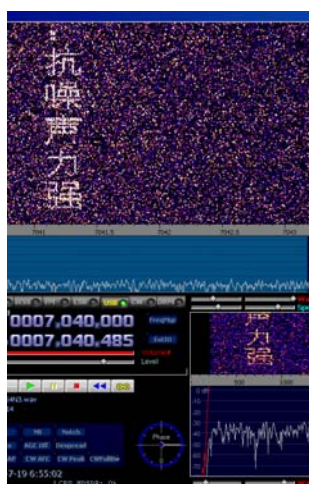


图 7 中等噪声

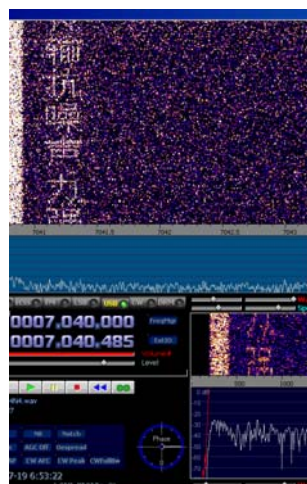


图 8 强噪声

## 七、CP16 方式本地共享话音信道传输试验

为证实一个话音信号可供多路 CP16 报文同时传输、并且不需要针对每一路信号进行分别调谐的设想，课题组对 CP16 方式发送的汉字进行了本地共享话音信道的传输试验。

由于设备条件限制，课题组难以做到同时用多部发射机和电脑同时发送多路 CP16 信号，因此试验采用了模拟的方式，即先用 CP16 原理性实验软件产生一路 CP16 基带信号，记录成波形文件，再用音响界加工音乐用的音频处理软件 Adobe Audition 对该波形信号进行移调处理，通过 Adobe Audition 的重新采样和时间域扩压，产生频率按一定百分比升高或降低若干值的与原有信号频谱错开的新信号，再用 Adobe Audition 将这些信号加以合成，叠加为一个包含多路不同载频的 CP16 信号的音频信号，最后送到发射机加以发射。

该项试验的结果如图 9。中间部位频谱图上的灰蓝窗口表示 2.7KHz SSB 话音带宽，试验中的三路 CP16 只占用了其中的一部分，推算下来一个话音信道实际能容纳 8 路 CP16 信号。达到多路 CP16 信号可以被一部接收机和一部电脑同时接收和监视，实现“群通信”的预期效果。



图 9 多信道 CP16 显示

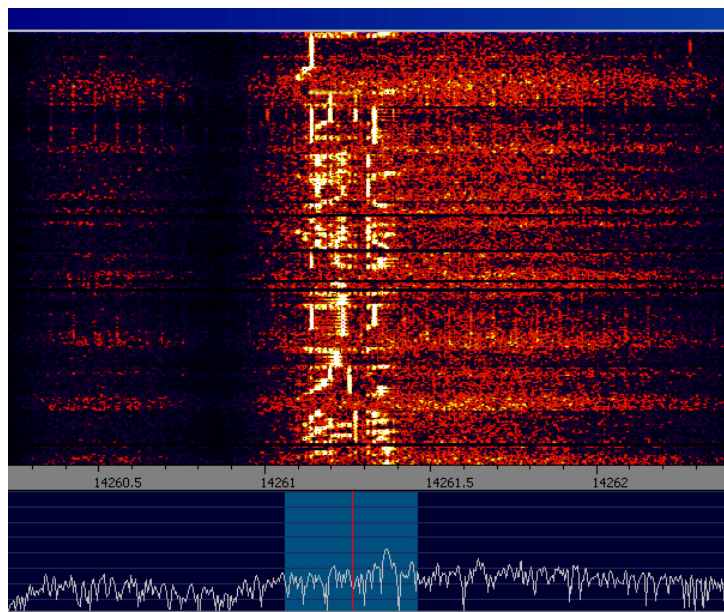
## 八、CP16 方式广西-北京远程传输试验

课题组进行了广西和北京之间的 CP16 方式远程传输试验，双方均采用 100 瓦短波单边带电台和 4 单元八木天线。试验频率为 14MHz 业余频段，试验时段北京和广西之间的电波传输效果属于中下，接收单边带话音信号带有明显的噪声，有些词语已经难以听辨。

北京接收广西信号的截屏见图 10，汉字的可读程度达到预期效果。

接收端显示的汉字图形中间偏右有一调暗带，经分析，可能是发送前信道缺陷引起的，发送端的 CP16 信号没有直接用导线从电脑传送到发射机，而是由电脑扬声器变成声音，然后由发射机话筒拾取后再发射，由于扬声器和话筒的电声频响不均匀，造成一部分点阵所对应的载频强度不足，这个现象已在本地试验中发生过，应该与 CP16 方式本身无关。





10 北京接收广西信号的截屏

## 九、关于调制参数

CP16 使用了 16 路载频，总带宽预期控制在 400Hz 左右。如果载频之间的平均间隔为 20Hz，最高载频和最低载频之间的宽度为 300Hz。这个间隔是否合适？如果载波呈等间隔排列，是否可能因为相邻载频在软件调制或者发射机的音频和射频通道中发生互调，互调产物落到其他载频频率造成接收到的汉字出现干扰两点，影响汉字的接收？

为得到答案，本课题使用的 CP16 通信方式原理性试验发送端软件允许通过控制界面选择不同的载频间隔基值，并可选择在基值基础上偏移不同比例的增量以实现非均匀载频间隔。

试验表明，载频间隔在 17-21Hz 间变化，使用均匀或非均匀载频间隔，接收端得到的汉字图形没有明显变化。本报告所提供的试验结果，均是在载频间隔 19Hz（静态载频总带宽 285Hz）的调制参数下得到的。

## 十、现场试验结论

CP16 模式汉字信息的本地及远程现场试验表明，试验所提出的目标全部达到，证实 CP16 这种传送汉字报文信息的新模式的预期设计目标全部能够实现，即：

- 1、用 CP16 方式传输汉字报文信息是可行性的；

2、试验所选用的 CP16 信号调制参数是可用的，并且通信效果对调制参数的小范围变化不敏感；

3、CP16 汉字报文传输在模拟加扰和远距离实际传输中均表现出优秀的抗噪声能力；

4、普通 SSB 接收机可同时解析多路 CP16 汉字报文信息。

因此，CP16 是无线电应急短波通信传输汉字报文的一种可选用的新通信模式。

为了使 CP16 更好地适应突发重大灾害事件现场的恶劣环境，建议国家和地方无线电管理机构支持下列后续实用化研发工作：

1、本课题组在试验中采用了软件调制的方法。受 LabView 软件平台的限制，目前汉字传输速度仅能达到 4 秒/字，而比较理想的接收阅读速度应为 2 秒/字左右。

试验中已经用附加音频软件处理的办法，把软件调制出来的基带信号的时间轴压缩到一半，得到 2 秒/字的 CP16 信号，再加以发送和接收，证明这样的速度对于 CP16 模式本身讲来是没有问题的。

下一步应开发用来产生 CP16 信号的硬件调制部件，把电脑产生的汉字国标码表换成 CP16 基带音频信号，一方面突破 LabView 的速度限制，另一方面不必为发送 CP16 信号而占用电脑声卡。

2、开发手机 APP 软件，以利用手机的编辑功能录入需要发送的汉字报文信息，利用蓝牙接口将信息传送到上述硬件调制部件，使发送 CP16 汉字信息不再依赖于个人电脑。

3、开发手机 APP 软件，以利用手机的 DSP 和 LCD 屏幕实现音频基带信号的瀑布图显示功能，并开发将无线电接收机的音频信号传送到手机的蓝牙接口，取消 CP16 接收端对个人电脑的依赖。

手机比电脑更轻巧、更普及，取消 CP16 通信对个人电脑的依赖，将对于提高突发重大灾害现场的通信资源幸存率具有非常积极的意义。

以上三项后续研究和开发完成后，利用 CP16 汉字报文传输模式进行短波通信所需要的设备条件和操作技术都将变得很简易。