

通信仍然是重要的通信手段之一。预测今后一、二十年期间,海上短波单边带通信设备将更加完善,通信理论将不断深化,新的技术也将不断得到实践。随着短波单边带通信的弱点不断地被克服,短波单边带通信将为现代通信作出新的贡献。

高频自适应通信技术

王 开 永

(机械电子工业部第二十二研究所)

一、引言

在技术高度发展的今天,高频通信仍是无线电通信的主要形式之一,由于他所需设备价格低廉,通信距离远,机动,灵活。尤其在军事上使用不易被摧毁,随机应变能力比卫星系统要简单。由于具有这一系列优点,使得高频通信始终吸引着相当多的用户。

然而,由于高频信道是一种变参信道,作为传播媒介的电离层是一种色散介质,传播条件极不稳定,再加上频带窄,同频干扰严重,也极大地阻碍了高频通信技术和应用。

为了选择最佳工作频率,保证通信质量。高频通信发展的六十年中经历了:长期频率预报、实时选频和高频自适应通信三个发展阶段。

1、长期频率预报:长期频率预报是高频通信频率管理的传统方法。它是根据电离层特性参量的时空变化规律,求得太阳活动性指数的预测值。即在电离层正常状态下,对传播参数的月中值所作的推断。使用长期频率预报给出的最佳工作频率,一般能保证特定月份90%的天数可以成功地进行通信,但不能保证一天24小时都能通信。

2、实时选频:实时选频是在对电离层信道进行实时探测的基础上,指出某种特定通信业务的最佳工作频率;它能跟踪电离层的变化、预报的准确性较高,它能监测背景噪声,能有意避开干扰,确保通信质量。保证一天廿四小时皆有频率可通,4瓦级功率电台,600波特速率数传通信,误码率在一天内的90%时间里保持或优于 10^{-5} 。

在60年代末期,美国先后研制CURTS系统和CHIRP系统两种实时选频系统,加拿大研制出CHEC系统。我国在70年代末80年代初,先后研制出两套选频。实时选频系统和通信系统是分别独立的两套设备,各自独立工作。由于增加了选频设备,使系统庞大,成本增高,选频都需人工干预,自动化程度较低,给操作使用带来不便。

3、高频自适应通信:目前,许多国家正在研制各种高频自适应通信技术,归纳起来主要解决好以下两方面的问题:

(1)如何准确实时地测量和估算高频电路的信道特性,这就是常说的实时信道估算技术(RTCE)

(2)何时何处,如何最佳的调整通信系统的参数以适应高频信道的变化,这就是自适应技术。它包括:频率自适应、带宽自适应、增益自适应、天线自适应、信号处理自适应、

调制解调自适应、编码自适应、传输速率自适应、信息传输自适应、纠错方式自适应、信道响应自适应等等。

当前世界上已生产的各种型号的高频自适应通信系统从技术性能上说,主要是频率自适应系统,其它自适应技术尚未考虑进去。要实现全面自适应功能,在技术上,经济上,在设备的复杂程度上都有一定的难度。目前国际上许多公司都在致力于全面自适应通信系统的研制,预计在不久的将来,会有新一代的产品问世。

二、发展高频自适应通信系统的关键技术

要进一步发展高频自适应通信,必须要在以下四个方面技术有所突破,才可能研制出新一代的高频通信系统。

1、实时信道估算技术 (RTCE—Real Time channel Evaluation)

目前世界上已生产的各种型号的高频自适应通信系统都采用了RTCE技术,对线路质量进行分析,因此RTCE技术是发展自适应通信系统的核心技术。它的工作过程如下:系统首先对预置的信道进行实时探测,计算有关信道参数结合通信业务的要求,计算出频率的优劣程度并进行排队,一旦有呼叫请求时,立即将最好的一个频率提交给通信系统使用,若此时在该频率上通信质量变差,则自动转下一个最佳频率继续进行通信。

对实时信道估算值的要求是准确、迅速,这两个要求又相互矛盾。要求实时信道估算准确,就要尽可能多的测量一些电离层信道参数如:信/噪比、多径时延散布、频率散布、衰落速率、衰落深度、衰落持续时间、衰落功率谱密度、频率偏移、干扰比的时间、频率和振幅、谐波失真等多个参数。但在实际工程中,测量这样多的参数并进行实时数据处理,势必延长系统的运转周期,同时要求信号处理器具有极高的运算速度,这在经济上是不化算的。

近年研究表明:只需对通信影响大的信/噪比、多径延时和误码率三个参数进行实时测量就可以较全面的反映信道的质量。因此,在信号设计和数据处理技术方面,各种高频自适应通信系统均根据本系统实际测量信道参数的不同而有所区别。

美国哈里斯公司(Harris) M. Baker[5]等人指出下一代的自动电路控制的许多方面的研究工作已经完成,它包括8进制FSK信号和先进的线路质量分析(ALQA)技术。它将原来只测信/噪比和误码率两种信道参数,增加到测信/噪比、多径时延散布、频率散布、衰落速率、衰落深度、衰落功率谱密度、频率偏移噪声干扰比的时间、频率和振幅谐波失真等信道参量。这样便更加准确的反映电离层信道变化情况。HARRIS公司的ALQA技术是目前世界上所有高频自适应通信系统中RTCE技术中最先进的较全面的技术,是实时探测电离层信道参数最多的一个系统。

2、自适应信号处理技术

在高频自适应通信系统中,自适应信号处理器是系统的核心部件。实时探测的电离层信道参数都是在这里计算处理的。它要求计算迅速、准确。当探测参数多时,计算处理的任务就相当繁重。采用什么样的信号形式进行电离层信道探测?探测哪些参数?如何快速准确地进行计算分析处理?这些就是自适应信号处理技术要研究的内容。

目前国际上有的研制成功了高速编程的信号处理器,有的采用FFT算法来提取多种电离层信道参数,估算出各种传输速率所需的各种质量等级的频率,提供给通信实时应用。研制自适应的信号处理器芯片,利用微处理机的软硬件技术实现高速编程信号处理器是方向。

信号处理器和微型计算机的微处理器的结构是不同的。自适应信号处理器是一个可编程的单片模拟和数字信号处理机,它由三部分组成:(1)程序存储部分;(2)运算部分;(3)模拟部分。在信号处理器中,模拟电路和数字电路同时工作,以达到实时工作时所需的效率和速度。

研制出这种自适应信号处理器芯片,可使自适应高频通信系统复杂度简化,体积减小,成本降低,由于信号处理器芯片是可编程的,可以根据不同的自适应功能要求,编程改变信号处理器的软硬件功能,以适应不同系统的要求。

3、自适应控制技术

在高频自适应通信系统中,自适应控制器是系统的指挥中心。是系统成败的关键。

自适应控制系统是一种特殊形式的非线性控制系统,系统本身的特性(结构和参数)、环境及干扰特性,存在某种不确定性。在系统运行期间系统自身能在线地积累与实行有关的信息并修正系统结构的有关参数和控制作用,使系统处于所要求的最佳状态。

由于高频信道是一种时变信道,极不稳定,高频自适应系统是属于随机自适应控制系统,这类自适应控制器考虑了随机扰动和量测噪声,并以分离原理作为理论依据。

随机自适应控制系统是由被测对象,辨识器和控制器三部分组成。辨识器根据对系统输入输出数据进行采样后,辨识出被测对象的参数,辨识器根据系统运行的数据及某一定的辨识算法,实时计算被控对象的未知参数的估值和未知状态的估值,再根据事先选定的性能指标,综合出相应的控制作用。由于控制作用是根据这些变化着的环境以及系统的数据不断辨识不断综合出新的规律。因此控制系统具有一定的适应能力。目前参数估算和状态估算的方法很多最优控制的算法也很多,因而组成了相应的随机自适应控制系统的方案也是非常灵活的。

在高频自适应通信系统中,随着自适应功能不断增强,控制的参数不断增加,辨识器的功能和形式也增多,控制能力势必要增大,因此自适应控制器也相应复升。需要自适应设计者统观全局。综合分析,以尽可能减少被测对象,以简单可行有效的辨识方式,获得尽可能多的自适应控制功能。

4、频率管理技术

高频频率自适应通信系统,在不同程度上都具有一定实时选频的功能,可以建立高频通信的选频网络。对高频的频率资源进行管理,为更多的高频用户服务,使广大高频用户都能工作在高质量的频率上。同时也可以有效的减少高频的人工干扰,提高高频通信质量。

澳大利亚在频率管理方面作了不少工作,B.W.Brown^[6]等人,指出“对于高质量的数据电路和扩展频谱能力的日益增长的需求,使得自动频率管理成为一种必需品而不是一种权宜措施了”。可见频率管理技术在自适应通信中所起的重要作用。

5、其它自适应技术、

除了以上四种关键的自适应技术以外,还必须研究自适应调制解调技术,自适应检错纠错技术,正在使用信道的监测技术……等等,以便把高频自适应通信系统的性能提高一步。

四、我国高频自适应通信系统研制进展情况:

由于国防建设的需要,我国对军事高频通信一向十分重视。为了提高高频通信质量我所早在74年着手研制“高频实时选频系统”。78年样机研制成功。80年投入使用,成绩突出。

1983年研制成第二套高频实时选频系统”该系统配备了高频频谱监测仪，有效的测量了背景干扰噪声，使系统具有双向选频的功能，84年投入使用，获得了成功。

在研制高频实时选频的基础上，1987年我所又开始了“400W单边带自适应通信系统”自适应控制器的研制。该系统具有以下功能：

(1) 全自动建立高频无线电电路；(2) 选择性呼叫；(3) 预置信道搜索；(4) 线路质量分析，主要探测信/噪比，多径时延散布和误码率三个信道参数；(5) 时段划分，每天分为日频段，夜频段和过渡频段，每段分别设置通讯频率表，这样可以提高频率利用率，由控制器自动选用；(6) 本地干扰噪声监测功能：在指定频段上，按一定步长进行干扰探测或在一组指定干扰监测频率上进行，为设置通讯频率，修改通信频段提供依据或为人工方式、实时提供工作频率。(7) 实时选频功能：目前各国的各种高频自适应通信系统，都是在一组预置的信道上进行LQA，然后选择最佳信道进行通信。却不能探测出实际的最佳工作频率。不能实时跟踪电离层的变化。因此，我认为这些系统只能是准频率自适应高频通信系统。在我们研制的系统中，增加了实时选频功能，从而可以实时探测出高频的可通频段，然后在可通频段内进行噪声测量，从而实时选出最佳工作频率。这些最佳频率是电离层当时实际存在的最佳频率，它的质量高于预置信道质量，这就是我们系统中增加实时选频功能的原因，以便提高整个系统性能。该系统将在89年底研制完毕，并投入试运转。

此外，机电部第七研究所、第卅研究所、西军电、杭电、南京无线电厂和常州无线电厂也在研制高频自适应通信系统。我们相信在不久的将来，我国自行研制生产的高频自适应通信系统将像雨后春笋般的出现。到那时，我国高频通信事业将会有有一个飞跃的发展。

参 考 文 献

- [1] “RF-7100 HF adaptive communications system instruction mannul”, Harris corporation, USA.
- [2] “HF-8096 Selscan automatic communication processor”, Collins corporation, USA
- [3] “CHX-200 A new intelligent HF radio Communications”, Siemens Corporation, Federal Republic of Germany.
- [4] B. D. McLarnon, “Real-time channel evaluation in an automatic HF radiotelephone system”, Communications research centre, dept of communication, CANADA
- [5] M. Baker G. Mcphee and B. Voger, “Real time HF channel evaluation and 8-ary FSK signalling for adaptive communications”, Harris Corporation, USA
- [6] R.W. Brown and Dr. L.A. Peters, “A modular frequency management facility with application at IIF”, Plessey pacific defence system, AustRALIA.
- [7] D. Borgmann, “An HF radio link processor with adaptive frequency management”, Aeg Radio and Radav system divisior, Federal Republic of Germany.