

## ITU-R F.2087 报告

## 对固定业务中的高频（HF）无线电通信系统的要求

(2006)

## 1 高频固定业务中日益增长的需求

### 1.1 引言

高频固定和移动业务中需求增长是由两个因素所驱动的。首先，其它技术不满足所有的要求。在公共保安和救灾工作中，这一点是特别正确的。在发生紧急状态期间，由于部署容易和成本相对比较低，使得 HF 固定和移动的应用成为理想的手段。第二个因素是出现了许多先进的 HF 技术，使得有可能利用这些应用，以更高的数据速率交换更多的信息。

### 1.2 用 HF 无线电通信系统支援救灾

在发生自然灾害期间，HF 无线电通信系统和网络在支援救灾工作中起着至关重要的作用。就性质来说，自然灾害可能是局部性的、地区性的或者最坏情况下，可能是全球性的。在发生自然灾害期间，基本的 HF 系统是必不可少的，而且正如在本报告中所表明的那样，它们现在已经支援了许多自然灾害的事件。由使用最理想的射频通信系统提供的全球性的救灾支持的种类中就特别列入了 HF 系统。

#### 1.2.1 背景

当电信基础设施已经被破坏或摧毁时，为了在危机状态期间，各主管部门、私人志愿组织（PVO）、非政府组织（NGO）和当地公安部门之间交换紧急的和救生的信息，使用频谱给救灾工作提供应急的无线电通信。通常，HF 信道支持救灾行动实质上是全球性的行动。无线电频谱中 HF 部分的电波传播特性使它最适合于这种工作。它提供了一种传播媒质，可以用它来建立可靠的、长距离的和地理上很辽阔的通信网络，它不使用卫星，而使用低成本的易于部署的设备，这些设备能够在相当大的频率范围上进行工作。

当自然灾害发生时，从周围地区、其它主管部门和各国际机构来的人员将给当地的救灾机构提供第一响应者的支援。在这些人道救援行动期间，HF 无线电通信提供支持保安工作的无线电通信，特别是当电信基础设施被损毁或无法工作时，它能提供远距离的通信。

HF 移动无线电台为各种各样的行动提供近距离的和远距离的支持，包括各种各样的陆地、水上和航空的无线电台，它们一起用作广泛的固定和移动网络能力中的一个完整部件。由于 HF 无线电波独特的传播特性，使用移动无线电台能够支持专门对这些公安和救灾响应的各种各样的关键需要。

现代的 HF 频带中的无线电通信有下列的许多特殊属性,这些属性使它为许多应急响应的要求提供了有生存能力的和不可替代的解决方案:

- HF 无线电通信允许跨越国界传输;
- HF 无线电通信可以,并且经常是同时提供本地和超视距通信的唯一手段;
- 在山区,它可能是唯一的地面无线电通信技术,它用接近垂直入射的天波(NVIS)来克服视距的阻挡;
- 它能够支持低速和中速数据传输和不同的无线电通信工作模式(例如语音/数据/电子报文/电子邮件);
- 它不依赖于中继(例如飞艇或卫星);
- 它传输每一比特信息的成本比其它无线电通信要低得多;
- 通常,它很容易买到和很容易部署;
- 它可以与其它商用的硬件产品装在一起或一起使用;
- 由于使用开放性标准,它的互操作性非常好。

依赖于使用 HF 无线电通信工作模式的人道主义救援行动应全世界范围的需要,正在逐渐发展成包含多国组织和条约的行动。这一趋势证明了它的价值是无法计算的,并且对人道主义援助而言,支持在全球范围内使用 HF 无线电通信。

### 1.2.2 要求猛增的案例研究: 2004 年印度洋海啸

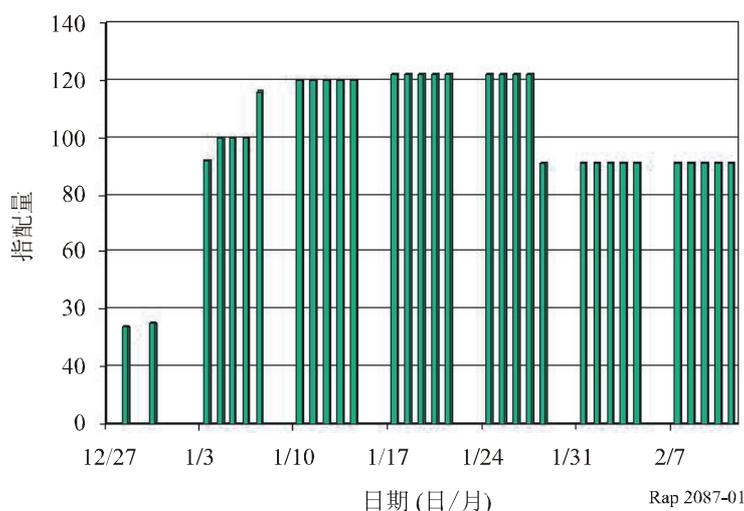
自然灾害救援行动的最近的实例是对印度洋海啸的多国家主管部门的反应。范围广泛的基础设施的破坏和快速提供从许多主管部门来的救灾物资组合在一起,构成了一个 HF 无线电通信的典型场景。陆地有线电信设施被摧毁,而所有其它型式的电信设施也受到严重破坏。通过卫星和 HF 无线电设备提供唯一可用的远距离通信手段。由于卫星通信设备和基础设施的前期费用较昂贵和可获得的设备数量短缺,这些都限制了它们的使用。

HF 无线电通信是一种现成的解决方案。各国政府和私人组织向受灾地区提供了许多救灾物资和支援,主管部门有足够的 HF 无线电通信设备,足以在极端严峻的条件下建立电信联系。在这一状态中,对 HF 频谱的紧急需要抬升了频谱的需求。下面的图表示了由于主管部门在印度洋和太平洋中的几个地点建立了转运救灾物资的机构,使得对 HF 无线电通信的需求增加。该图表明了为了适应维持救灾行动的秩序和组织的需要以及为受这次灾难打击的那些主管部门提供关键的通信联系,对 HF 的需求如何在一个很短的时期内引人注目地增加。

图 1 上的每一线条代表了一天的指配量。

2004 年 12 月印度洋海啸的救灾行动利用了范围广泛的无线电通信手段,在早期主要是 HF 无线电通信,尽管随着工作的进展,卫星通信能够用于远距离通信。在救灾工作中涉及的两个主管部门使用了超过 1 000 个 HF 频道,频率范围在 2 MHz 和 29.7 MHz 之间,用于在受灾害影响的地区中的救灾工作的固定和移动通信。在救灾工作中涉及的其它主管部门可能已经需要类似的要求。

图 1  
对太平洋海啸的指配



由于在受灾地区中，HF 频带有广泛的用途，根据《无线电规则》(RR) 频率分配表的条款，提供所有这些频道是不可能的，尽管在大多数情况下，满足了这些要求。例如，水上移动业务频带主要用于水上移动用途；固定/移动业务频带主要用于固定和移动的用途等等。那些违背无线电规则做出的频率指配，例如在业余和广播频带中的指配是根据 RR 第 4.4 款做出的。

一般 10 MHz 以下的频带一天 24 小时都能够使用。由于这一 24 小时的可用性，在救灾工作中它们优先供本地通信用，使用单边带语音通信。在受灾地区存在的这么多的 HF 使用量意味着本地通信所使用的某些频率不得不在 10 MHz 以上，因为在 10 MHz 以下的可用频谱不足以满足这些要求。

通常，白天 10 MHz 以上的频率在长距离上要受到电离层传播的影响。对受灾地区的地波通信而言，白天使用这些频率将随之带来对其它通信产生干扰的风险或者由于受到干扰损害（对救灾工作中涉及的那些通信更重要得多的通信）的风险，这些干扰可能会中断重要的通信。基于这一原因，对这种类型的工作，最好用低于 10 MHz 的频率。

在更高的频带中的频率主要用于与这两个主管部门的归属国的长途数字通信，尽管还有一部分频带用于补充较低的频带，同样提供受灾地区中的本地话音通信。最初，这些 HF 电路是与承担救灾工作的组织的首脑机关进行通信的主要手段。随着工作的进展，卫星通信可以使用了，但是，HF 电路仍然用于承载部分长途业务量，以及保留作为卫星电路的主要备份电路。在由于其它因素可能会使卫星通信中断的地区中，例如由于季风气候条件导致暴风雨所产生的信号通过衰减而中断通信，这种地区需要有主要的备份电路。

由于某些 HF 频率可以在受灾害影响的不同国家中同时使用，频率重复使用系数达到 3，使得用于救灾工作的 HF 总使用量达 1 000 kHz 左右。

### 1.2.3 第 544 号决议 (WRC-03) 所确定的频带的效应

附件 1 表示了在不同的频带中海啸救灾工作使用 HF 频谱的情况。

表 1 汇总了若第 544 号决议 (WRC-03) 确定的频带分配给广播业务专用时, 固定业务应用不能使用的频道数 (除 RR 第 4.4 款规定外)。广播业务使用将会导致广播频带中的强干扰信号。根据 RR 第 4.4 款, 救灾工作可能可以使用某些个别的频道, 然而, 因为救灾中的生命安全情况需要无干扰的频道, 所以, 这一使用方法可能不适于与广播业务共用频谱。

表 1

若将第 544 号决议 (WRC-03) 中确定的频带分配给广播业务专用的情况下受影响的频道数

频率范围 (kHz)	受影响的 频道数
4 500-4 650	1
5 060-5 250	13
5 840-5 900	1
7 350-7 650	25
9 290-9 400	7
9 900-9 940	1
TOTAL	48

在救灾行动期间所使用的 274 个频道 (约占总数的 25%) 在 4 MHz 和 10 MHz 之间。所以, 在海啸救援工作中使用的 10 MHz 以下频率中, 约有 17% 可能已经不能用了, 这取决于在那个时候广播使用的程度。

无法估计的是有关对应急通信的效应的流程, 因为将这些频带中的某些频带重新分配给广播业务已经对在这次灾难的救援工作期间的通信有影响, 或者可能对将来的大灾难的救援工作有影响。若现在使用第 544 号决议 (WRC-03) 确定的频带的许多国内和国际电路已经被转移到 10 MHz 以下的其它频带, 则在这些频带中的拥挤情况将会比现在严重得多。

此外, 若 2009 年以后, 要求对将来的灾难作类似的反应则在给救灾工作进行频率指配时, 将不得不考虑到 WARC-92 和 WRC-93 (分别在 2007 年和 2009 年生效) 所做出的给广播业务重新分配频带的效应。

因而, 将来要给类似的救灾工作通信所需要的所有频道找到 10 MHz 以下的频谱可能要困难得多。这将导致在救灾工作中所使用的频道中有更高的百分数要放在 10 MHz 以上的频带中, 而对这种救援行动来说, 这一频带并不是首选的频带。

### 1.3 先进的 HF 技术的出现

HF 频谱的较低频率的部分代表了适合进行频率管理的必要元素，而且它构成了 HF 资源重复使用的重要基础。但是，今天可以使用的频谱早已不能支持全部 HF 无线电通信的需要和可以应用的各种各样的设备的能力，因为所有固定的和移动的用户都要越来越多地利用市场上可以买到的新的 HF 技术。为了自动适应电离层中每天的和季节性的变化，电波传播关注的重要问题是将 HF 频谱库均匀地分割为许多频道或子频带。

#### 1.3.1 背景

正如表 2 中所指出的那样，受固定业务使用 HF 频带增长的驱动，有关 HF 固定系统的技术已经有了稳步的进展。在过去 30-40 年中，HF 调制解调器的数据容量已经逐步提高，并且将随着开发新的 HF 固定应用而继续增长。

表 2  
HF 调制解调器的数据容量

十年	1970	1980	1990	2000+
数据速率 (bit/s)	50	2 400	9 600	19 200-64 000

尽管所有的运营商都没有采用自适应系统，但是在 20 世纪 80 年代，开发了第 2 代自适应系统，并且 20 世纪 90 年代开发的第三代系统提供了链路建立更快，算法更健全和数据速率更高的系统。

为了保证满意的无干扰条件，HF 自适应系统必须仅仅在跳频组/频率库上进行工作。

另一方面，在一跳频组中或在一自适应使用的频率库中的频率数是与频率重访率、潜在干扰电平、潜在的受害者的允许干扰电平（同频道干扰和相邻频道干扰）和与系统自身的工作性能直接相关。

例如，对以每秒跳频 100-130 次的标准媒质跳频器来说，理想的跳频组应该由约 120 个互相协调的频率组成。从根本上来说，为了有可能跳频，最低的频率数将是约 16-20 个频率。

显然，为了完全利用现代技术所提供的所有这些机会，可以利用足够的频谱资源是至关重要的，并且甚至必须要可以使用比现在的标准的 3 kHz 频道更宽的带宽。

根据最近的开发成果，有两项已确认的很高数据速率的 HF 技术。可以把这两项技术视为技术上的主角。

频道划分频带的方法是以使用几个 3 kHz 信道为基础的。在国际市场上，使用这一技术的第一个 64 kbit/s HF 调制解调器的出现被评价为一个技术上的亮点。

宽频带信道的方案是基于数字无线电世界 (DRM) 标准的调制方案家族，它在 20 kHz 的宽频带 HF 信道上，提供高达 72 kbit/s 的数据速率。欧洲电信标准委员会 (ETSI) 已经在它的“Data Application Directory (数据应用目录)”中发表了这一可选方案。

现代技术水平的 HF 无线电通信系统可以是许多数据、传真、报文、图片和话音业务的可靠载体。已经证明，HF 电子邮件对 HF 信道而言是很合适的。

### 1.3.2 考虑了先进技术建立固定和移动应用

在无线电通信局 (BR) 在发布新的频率指配文件前，决定停止评估潜在干扰以后，固定和移动 HF 应用的统计分析是有疑问的。

直到 1995 年以前，关于 HF 固定业务的频率调整和指配的国际协议是基于长期存在的程序。新的频率指配的提案提交给 ITU BR (在 1993 年以前，提交给 IFRB)。BR 对该提案进行了审查，并将它提交给一个审查组，研究它与现有的指配程序的兼容性。若技术审查的结果表明所提议的用法不会对现有的频率指配产生有害的干扰，则把该指配方法纳入国际频率登记总表 (MIFR) 中。然后，主管部门进入批准指配的阶段。

由于时间限制、相关的频率登记费用以及 HF 固定系统增长等几个方面的原因，自 1995 年以来，MIFR 还没有有规律地进行更新，因而登记内容不代表实际使用情况。众所周知，许多固定的频率指配还没有纳入 MIFR 中，而且各个主管部门了解它自己的指配情况，并且按需要与其它主管部门进行协调。

预料大多数使用者要受到完全重新调整固定和移动频带的影响，包括在 2007 年和 2009 年许多使用者被国际上早已给广播业务作的指配所代替。这一额外的频谱拥挤的状态将使得许多使用者难以成功地满足它们所需要的频谱，不受到来自其它固定和移动用户的干扰。越来越多地使用自适应技术和先进的 HF 系统将缓解这一影响，但是未必会完全解决这一问题。

随着开发和引进频率自适应系统，MIFR 不再保持有关固定业务使用情况的准确资料，所以，每一主管部门中的发许可证情况和使用情况的统计资料提供了证明所分配的频谱的供需状况的基础。除了各主管部门所保留的资料外，HF 固定系统的技术进步也是 HF 固定业务增长的一个很好的标志，它说明了对更快速的更耐用的系统的需求情况。

知道了 HF 电波传播的特性以后，使用整个 3-30 MHz 频带上的频率是大多数固定和移动使用者的要求。在一天中给走的时间上、在给定的季节、太阳黑子活动周期等，只有特定的 HF 频谱子集将成功地通过电离层的折射传播信号。这些特性对如何满足使用者的需求有影响。

为了在 30 MHz 以下，特别是在 4 和 10 MHz 之间的现有频率分配内，最大限度地为固定和移动使用者所利用，要努力地应用先进技术带来的好处。重要的是要保证在现有的频率分配内，尽力地和有效地满足对有限的频率资源提出的普遍的日益增长的需求。

## 2 有关 HF 使用的一般信息

### 2.1 引言

本节论述有关在 HF 频段的较低频率部分中工作的固定和移动业务的频谱支持的特性和技术问题。

典型的技术参数

### 陆地移动

频率范围： 1.5-30 MHz

功率： 10-30 dBW

发射标志符 3K00J3E (98%), 3K00J3A

天线高度： 最大 2-15 m

天线增益： 负 10-2 dBi

### 固定台

频率范围： 1.5-30 MHz

功率： 30-40 dBW

发射标志符 2K70J2B, 3K00J3E (98%), 3K00J3A

天线高度： 10-60 m

天线增益： 5-10 dBi

## 2.2 背景

电离层效应对 HF 频段的使用有严重的影响，不得不把主要运用限制在较低的频带、即 10 MHz 以下频带以内。

下一次世界无线电通信大会计划在 2007 年召开 (WRC-07)，它将在考虑到新技术和特别考虑到广播业务的频谱要求以后，重新审查在 4 到 10 MHz 之间的 HF 频带内有关它们给各种业务的分配。考虑到大量的免于这次重新审查的过程以后，广播频带的任何扩充可能再次不得不以损害固定和移动业务作为代价。

## 2.3 HF 频段的特性

数十年来已经非常了解 HF 频段的特性。典型的传播路径类型如下：

### 2.3.1 地波

在地波情况下，路径一直到视距 (LoS) 和视距以外。路径长度在 50-200 km 以下时，通常使用这一模式。所需要的频率是不随时间而变的，但是距离越远 (200 km) 要求使用越低的频率。所以，许多 HF 地波无线电通信只有在频率取自 HF 频带的较低频率部分，即 10 MHz 以下时才能进行工作。

### 2.3.2 天波

在天波情况下，路径不是视距的，而是通过地球以上 100-350 km 的电离层的反射才起作用的。通常，距离达数千公里。大多数 HF 天波路径地需要从 HF 频带的低频部分，即 10 MHz 以下取频率。

显然，为 HF 天波选择频率是相当困难的。一个频率是否能够传播将取决于一天中的时间，季节和链路长度等因素。为了确定适用的频率，必须使用许多程序，考虑到所有各种不同的因素，并预测可以用于 HF 天波链路的频率范围。

特别是有如下限制因素：

- 在最高可用频率（MUF）和最低可用频率（LUF）之间的窗口。若所选择的频率高于 MUF，HF 波将穿过电离层，并且将不会被反射到接收机上。若所选择的频率低于 LUF，HF 波将受到大量的衰减。通常，频率在 MUF 的 85% 的区域内进行选择，并把它称为最佳传输频率（FOT）。
- 天线的带宽大约为 1 MHz。若带宽做得更宽则天线效率趋向降低，而且天线的结构将更复杂和更昂贵。

## 2.4 由一个主管部门所作的使用情况评估

一个主管部门对在 4 和 10MHz 之间的某个频带中国内的频谱使用情况进行了回顾和分析。为了集中于分析工作，这一主管部门考虑了三个问题，未完全重新适应 WARC-92 的扩展频带，未完全根据 WARC-03 和 WRC-07 议项 1.13 中的第 544 号决议书（WRC-03）的考虑重新调整和随之而来的重新分配 HF 频谱。

### 2.4.1 背景

WARC-92 有了一个频率重新分配方案，在一个主管部门中还没有完全实施，因为这影响了现在这一频谱的使用者。这一主管部门充分研究了有关给广播业务重新分配频谱的任何将来的 WRC 提案和更重要的提案的影响必须考虑 WARC-92 重新分配的结果，即对它们的频率授权的影响。有关议项 1.13 的 WARC-92 的决定受到影响的频带有三个。在这三个频带中频率指配的任何重新调整将很可能在其余的固定业务频谱中，在 WRC-07 上，也会将首选频带考虑再分配给广播业务。这将减少了可以用于固定业务的频谱和必须共同进行研究。

到 2007 年 4 月 1 日为止，在 4 和 10 MHz 之间，WARC-92 预定重新分配的频带是 5 900-5 950 kHz、7 300-7 350 kHz 和 9 400-9 500 kHz，总共 200 kHz。为了确定对使用者的影响，对一个主管部门的频谱管理数据库进行了调查。下面列出的清单都包含了每一频带内指配的数目，以便最好地收集频谱的影响。

- 5 900-5 950 kHz 频带（174 项指配）
- 7 300-7 350 kHz 频带（170 项指配）
- 9 400-9 500 kHz 频带（216 项指配）。

作为 WRC-03 的结果，在第 2 区中，要有 50 kHz 频带从固定业务重新分配给广播业务，执行日期为 2009 年 3 月 29 日。在 7 400-8 100 kHz 频带中的固定业务使用者很可能必须重新作调整。正如前面曾提到过的那样，广播公司正在 7 350-7 650 kHz 频带内寻找附加的频谱，这将进一步降低现在 7 300-7 400 kHz 内正在寻找重新调整频带的使用者的可用频带量。所以，具有在 7 300-7 400 kHz 频带中的指配的使用者必须评估它们对重新调整的需要，包括现在的和将来的两方面的需要，在对议项 1.13 的答复中，不仅要考虑满足它们的转移频率的要求，也要考虑进一步减少频带的影响。

- 7 350-7 400 kHz 频带（211 项指配）

广播业务已经表明它们要求附加的 250 kHz 要清理同频道争用现象，而且要求多达 800 kHz，既清理同频道争用，也要清理邻频道争用。

第 544 号决议 (WRC-03) 特别指出了可能给广播业务作足够的分配的首选频带。这些首选频带如下:

- 4 500-4 650 kHz
- 5 060-5 250 kHz
- 5 840-5 900 kHz
- 7 350-7 650 kHz
- 9 290-9 400 kHz
- 9 900-9 940 kHz。

为了确定对在广播业务所首选的频带中工作的使用者的影响, 曾调查了一个主管部门的频谱管理数据库, 以便帮助评估固定业务频带的任何进一步减少将会产生的影响。

- 4 500-4 650 kHz 频带 (849 项指配)
- 5 060-5 250 kHz 频带 (1099 项指配)
- 5 840-5 900 kHz 频带 (272 项指配)
- 7 400-7 650 kHz 频带 (896 项指配)
- 9 290-9 400 kHz 频带 (216 项指配)
- 9 900-9 940 kHz 频带 (114 项指配)。

## 2.4.2 要求

一个主管部门在支持公安用的飞行器应急通信中, 现在正使用在 4 到 10 MHz 范围内的几个特定的频道。此外, 这一主管部门使用在 4 到 10 MHz 范围内的频谱作为范围广泛的应急 HF 网络的一部分。

当其它通信能力不存在、不足够或暂时被破坏时, 这些网络支持国土上的政府机关、大西洋和太平洋岛屿上的政府机关和首脑机关之间的应急通信。这一使用方式是在常态行动的基础上的, 而频谱的需求是随特定的需要而起伏的, 例如正在进行的公共保安行动和特殊的救灾状态。

水上 HF 的功能包括公共保安和救灾的功能。这一主管部门依靠 HF 无线电通信提供应急的海上救生任务、船舶和航空单位的操作命令和控制以及失事报警。根据条约, 有使用数字选择性呼叫实现失事报警, 并在窄频带直接印字电报和无线电话上实现失事、应急和安全通信的要求<sup>1</sup>。此外, 通过话音、数据和传真提供全世界导航报警的广播、气象警报和预报<sup>2</sup>。这些工作对国际海运业是至关重要的。

这一主管部门对使用 HF 系统进行长路径通信也有一个要求。在特殊情况下, 可以使用 NVIS 通信, 但是不能满足大多数使用者的正常要求。这一主管部门在东西海岸之间要建立 HF 链路是相当普遍的, 它只能用长路径的天波链路来实现。根据已知的 HF 电波传播特性, 在任一给定的电离层折射以后, HF 信号的“脚印”是十分大的。在所需要的信号方向上, 这些“脚印”可能超过 3 000 km。这就使得许多固定或移动通信的长路径信号将可能覆盖国际海运航道。所以, 在固定或移动 (航空/陆地) 业务与海事业务之间频率共用可能是不太现实的。知道了海事通信的安全性特性以后, 势在必行的是要求在固定和移动 (航空/陆地) 业务与海事业务之间频率共用的任何解决方案都要提供证明这样的频率共用的可行性的详尽的频率共用研究结果。这一主管部门现在正研究这一问题并将在一单独的文稿中提供研究结果。

<sup>1</sup> 在海上人生安全公约的第四章中提供了这些要求。

<sup>2</sup> 在海上人生安全公约的第四和五章中提供了这些要求。

在夜间和在太阳黑子数相当低的太阳活动的长周期期间，NVIS 和长途通信通常需要用 10 MHz 以下的 HF 频道。由于这个原因，HF 频带的低频部分中出现的任何一种恶化（例如有噪声）都将严重减少在这些时间段内的标准 HF 无线电通信。

在这一主管部门内，按照情况批准，扩大固定和移动无线电通信的需求。这样的扩大的程度随所涉及的资产量、参与操作的其它国家的通信能力，基础设施的可用性和不同使用者之间的长途通信的需求等因素而变化。因为每一种情况都是不同的，虽然可以断定总趋势呈现固定和移动业务的频谱需求有增加的趋势，但 HF 使用的预测是没有根据的。随着各种各样的技术（例如窄频带发射）的应用，以便最大程度地使用现有的特别支持引进先进的 HF 业务的分配，这一主管部门正在应对这一需求的趋势。根据 HF 无线电通信的特性和它为公安和救灾提供的可靠性，在可以预见的将来，这一上升的趋势将继续下去。

可以将先进的 HF 业务汇总在三个主要的业务组中：

- 1) 电子报文传送
- 2) 大文件传送
- 3) 互联网

这些类型的系统需要比典型的 HF 系统更大的带宽（包括自适应技术）。在短期内，可以通过使用多个频道支持单一任务的方法来满足这种需求。通过提高通信能力的速度和复杂性来弥补更大的带宽的要求，这就使得现在的多项任务有可能用单一的通信频道来完成。所以，国际上选择更宽带宽的问题还需要做进一步的调查研究。

多年来，已经成功地使用了许多自适应技术。这些技术影响到在全世界范围内提供可靠的无线电通信的现有的频率指配和频率规划。事实上，由于自适应技术的可靠性和价格的因素，在许多主管部门中，自适应技术正在成为 HF 无线电通信的标准通信手段。当考虑部署这样的系统时，不需要非常熟练的操作员是它的另一个长处。

## 2.5 另一主管部门对使用情况的评估

在一个主管部门中，在 4 和 10 MHz 之间的频率范围内的使用情况与它所在地区中的大多数其它国家的使用情况有很大差别。它首先是由于它的必须提供无线电通信的领土范围所造成的（无线电链路的长度能够达到数千公里）。领土包含很大的、人口稀少的、边远的、难于到达的地区和北部地区，在这些地区中，部署传统类型的移动通信系统，如集群或蜂窝无线电通信是极其困难的。

此外，为了在高海拔地区提供短距离的无线电通信，运营商不得不在较低的高度上使用中继站，这样导致所使用的频率加倍。

在使用固定和陆地移动的框架内安排在 4 和 10 MHz 之间频率范围内的多跳通信的基础上，能够找到在这些地区提供无线电通信的有效（和在某些情况下唯一可能）的解决方案。现在，在这些业务的框架内，有大量地面电台正在工作。在 4 和 10 MHz 之间的频带中，给中功率和大功率电台的平均频率指配密度量达到每 10 kHz 频谱 105 项指配。在固定和陆地移动业务内，给中功率和大功率电台频率指配总共有约 60 000 项正在工作，其中包括在候选频带中约 30 000 项的频率指配。这些电台的典型特性在表 3 中做了说明。

表 3

	电台 M1	电台 M2	电台 M3	电台 M4
工作频带 (MHz)	1.5-30	3-30	1.5-30	2-30
功率 (kW)	5	15	5	15
路径长度 (km)	3 000	6 000-7 000	3 000-4 000	6 000-7 000

低功率电台使用了多得多的频率指配。初步估计表明，在候选频带内，有 100 000 个以上低功率电台的频率指配在工作。低功率电台的典型参数在表 4 中做了介绍。

表 4

	电台 N1	电台 N2	电台 N3
工作频带 (MHz)	1.5-29.0	1.5-29.0	1.5-29.0000
功率 (W)	1; 10	310; 100	10; 50
用对称偶极子天线的路径长度 (km) 不小于	300	350	350

这些电台中的大多数不使用自适应频率管理方法。

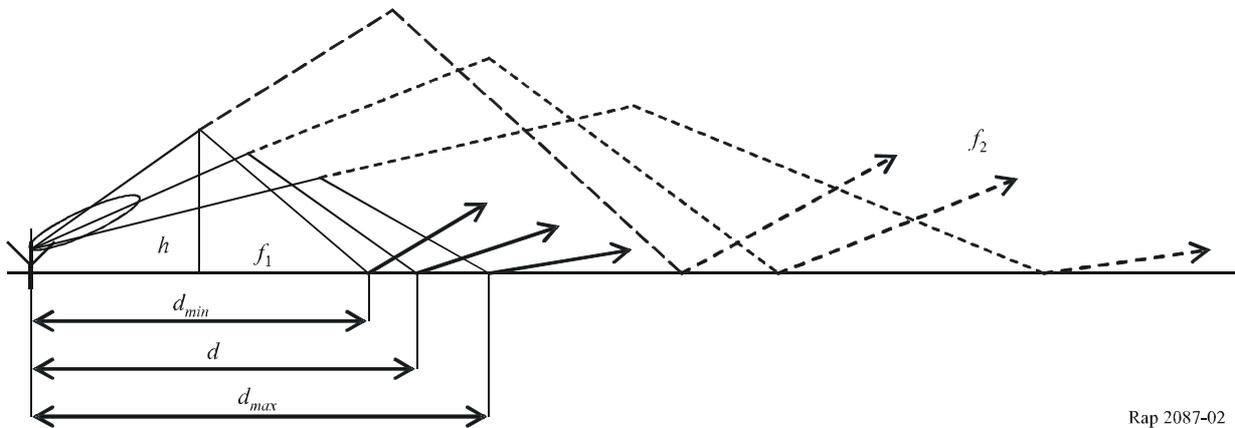
### 2.5.1 频率共用的场景

下面考虑固定、陆地移动和海事移动业务的一个频率共用场景。从表 3 可以看出，在一个主管部门中，固定和陆地移动业务中的无线电路径长度能够达到 7 000 km。我们可以得出结论，在固定、陆地移动和海事移动业务之间的频率共用场景对一个主管部门而言，已证明是不可接受的，并且为了利用适用于中等的和长的无线电路径的频率共用场景，必须安排进一步的研究工作。

### 2.5.2 频率变化对在频率范围 4-10 MHz 内的无线电路路工作的影响

在这一频率范围内，电波传播的特点是它通过从电离层和地球表面多次反射来传播的。不同频率的电磁波路径的概貌如图 2 所示。

图 2  
电磁波路径与频率的关系  
(注:  $f_2 > f_1$ )



Rap 2087-02

分析表明,在天线方向性图宽度所确定的大小和主瓣朝水平方向的倾向角下,在典型情况下,电台之间的通信只有在某个区域内才是切实可行的。远距离通信是通过电波在电离层和地球表面之间多次反射才发生的。被照射区的大小和它们之间的距离是由电离层的状态、天线方向性图宽度和工作频率来确定的。

从上面的论述得出结论,开发与频率变化相联系的频率共用场景,必须考虑在 4-10 MHz 频带中电波传播的特点和可能发生的经济上的和程序上的结果。

### 2.5.3 频谱有效性

对在从东到西方向上或者从西到东方向上提供远距离通信(距离范围从 7 000 km 到 12 000 km)的系统而言,它是特别正确的。它与使用晚上和白天选择的频率和可利用的提供发射频率变换的中间站相联系的。

对于有长距离链路的系统,考虑了可以得到的资料以后,所使用的选定的频率数量必须多于组合到一个 ALE 系统中的电台数量。否则,当大量电台同时需要发射信号时,可能会出现某些电台需要排队等候的时间,从而导致数据传送中即时性降低。在某些情况下(例如对于在极端状态下提供无线电通信的系统,特别是在无法进入的地区或边远地区),由于可能会出现不可逆转的结果,出现这种情况将是不可接受的。

### 2.5.4 降低发射台的功率

ALE 系统能够自适应并且可能找到更好的传播条件,所以可以建立低功率电平的链路。当 ALE 系统中的所有电台都部署在一个具有类似传播环境的区域时,上面的说法可能是合理的。当一个系统中的所有电台都部署在同一时区或相邻时区中时,可能就出现这样的条件。但是,若一个系统由位于全球相对侧(白天和夜晚)中的电台所组成和它们用多跳技术链接起来时,则运营商必须以最低的可达频率,在它们之间建立通信。在这样的情况下,经常应该使用提高功率电平发射。摆脱这种状态的方法是在该无线电路径上部署这样的 ALE 系统的一些附加的电台并且将整个网络分成一些子网,每一子网都能以对它的所在地区最佳的频率进行工作。对于领土特别辽阔的国家来说,上述情况可能是典型的。还可能在部署无线电路径长度在 7 000-10 000 km 之间的远距离无线电通信系统时出现上述情况。

### 2.5.5 频率分配的不规则性

要指出的是，利用现有频率分配的频率自适应系统早已成功地进行工作。当与以现在的频率分配进行工作的频率自适应系统的情况相比较，ITU-R 还没有得出能够证明均匀的频率重新定位将导致改善频谱资源利用效率的结果。

## 附 件 1

下面的表中表示了在不同频带中的 HF 频谱在海啸救灾工作中使用的情况。加了阴影的那些行表示第 544 号决议书（WRC-03）曾确定作为首选频带的频带，可能其中有些要分配给广播业务。表的第一列中括号内的数字代表若第 544 号决议书（WRC-03）的首选频带分配给广播业务专用时，固定业务应用将无法使用的信道频率的数目。

指配数量	划分给以下业务		
	第 1 区	第 2 区	第 3 区
8	<b>2 194-2 300</b> 固定 移动（航空移动（R）除外）  5.92 5.103 5.112	<b>2 194-2 300</b> 固定 移动  5.112	
4	<b>2 300-2 498</b> 固定 移动（航空移动（R）除外） 广播 5.113	<b>2 300-2 495</b> 固定 移动 广播 5.113	
	5.103	<b>2 495-2 501</b> 标准频率和时间信号（2 500 kHz）	
	<b>2 498-2 501</b> 标准频率和时间信号（2 500 kHz）		
	<b>2 501-2 502</b>	标准频率和时间信号 空间研究	
	<b>2 502-2 625</b> 固定 移动（航空移动（R）除外）	<b>2 502-2 505</b> 固定 移动	
2	5.92 5.103 5.114	<b>2 505-2 850</b>	
2	<b>2 625-2 650</b> 水上移动 水上无线电导航  5.92	固定 移动	
6	<b>2 650-2 850</b> 固定 移动（航空移动（R）除外）  5.92 5.103		
	<b>2 850-3 025</b>	航空移动（R）  5.111 5.115	
10	<b>3 025-3 155</b>	航空移动（OR）	

指配数量	划分给以下业务		
	第 1 区	第 2 区	第 3 区
2	<b>3 155-3 200</b>	固定 移动（航空移动（R）除外）  5.116 5.117	
3	<b>3 200-3 230</b>	固定 移动（航空移动（R）除外） 广播 5.113  5.116	
3	<b>3 230-3 400</b>	固定 移动（航空移动除外） 广播 5.113  5.116 5.118	
6	<b>3 400-3 500</b>	航空移动（R）	
2	<b>3 500-3 800</b> 业余 固定 移动（航空移动除外）	<b>3 500-3 750</b> 业余  5.119	<b>3 500-3 900</b> 业余 固定 移动
6	5.92	<b>3 750-4 000</b> 业余 固定 移动（航空移动（R）除外）	
2	<b>3 800-3 900</b> 固定 航空移动（OR） 陆地移动		
	<b>3 900-3 950</b> 航空移动 5.123		<b>3 900-3 950</b> 航空移动 广播
1	<b>3 950-4 000</b> 固定广播	5.122 5.125	<b>3 950-4 000</b> 固定 广播 5.126
4	<b>4 000-4 063</b>	固定 水上移动 5.126	
21	<b>4 063-4 438</b>	水上移动 5.79A 5.109 5.110 5.130 5.131 5.132 5.128 5.129	

指配数量	划分给以下业务		
	第 1 区	第 2 区	第 3 区
5 (受影响 1)	<b>4 438-4 650</b> 固定 移动 (航空移动 (R) 除外)		<b>4 438-4 650</b> 固定 移动 (除航空移动外)
	<b>4 650-4 700</b>	航空移动 (R)	
6	<b>4 700-4 750</b>	航空移动 (OR)	
1	<b>4 750-4 850</b> 固定 航空移动 (OR) 陆地移动 广播 5.113	<b>4 750-4 850</b> 固定 移动 (除航空移动 (R) 外) 广播 5.113	<b>4 750-4 850</b> 固定 广播 5.113 陆地移动
13	<b>4 850-4 995</b>	固定 陆地移动 广播 5.113	
	<b>4 995-5 003</b>	标准频率和定时信号 (5 000 kHz)	
	<b>5 003-5 005</b>	标准频率和定时信号 空间研究	
	<b>5 005-5 060</b>	固定 广播 5.113	
13 (受影响 13)	<b>5 060-5 250</b>	固定 移动 (航空移动除外)  5.133	
14	<b>5 250-5 450</b>	固定 移动 (航空移动 (R) 除外)	
	<b>5 450-5 480</b> 固定 航空移动 (OR) 陆地移动	<b>5 450-5 480</b> 航空移动 (R)	<b>5 450-5 480</b> 固定 航空移动 (OR) 陆地移动
10	<b>5 480-5 680</b>	航空移动 (R) 5.111 5.115	
3	<b>5 680-5 730</b>	航空移动 (OR) 5.111 5.115	
3 (受影响 1)	<b>5 730-5 900</b> 固定 陆地移动	<b>5 730-5 900</b> 固定 移动 (航空移动 (R) 除外)	<b>5 730-5 900</b> 固定 移动 (航空移动 (R) 除外)
6	<b>5 900-5 950</b>	广播 5.134 5.136	
	<b>5 950-6 200</b>	广播	

指配数量	划分给以下业务		
	第 1 区	第 2 区	第 3 区
6	<b>6 200-6 525</b>	水上移动 5.109 5.110 5.130 5.132 5.137	
3	<b>6 525-6 685</b>	航空移动 (R)	
2	<b>6 685-6 765</b>	航空移动 (OR)	
6	<b>6 765-7 000</b>	固定 移动 (航空移动 (R) 除外) 5.138 5.138A 5.139	
3	<b>7 000-7 100</b>	业余 卫星业余 5.140 5.141 5.141A	
	<b>7 100-7 200</b>	业余 5.141A 5.141B 5.141C 5.142	
4	<b>7 200-7 300</b> 广播	<b>7 200-7 300</b> 业余 5.142	<b>7 200-7 300</b> 广播
1 (受影响 1)	<b>7 300-7 400</b>	广播 5.134 5.143 5.143A 5.143B 5.143C 5.143D	
11 (受影响 11)	<b>7 400-7 450</b> 广播 5.143B 5.143C	<b>7 400-7 450</b> 固定 移动 (航空移动 (R) 除外)	<b>7 400-7 450</b> 广播 5.143A 5.143C
43 (受影响 13)	<b>7 450-8 100</b>	固定 移动 (航空移动 (R) 除外) 5.143E 5.144	
16	<b>8 100-8 195</b>	固定 水上移动	
37	<b>8 195-8 815</b>	水上移动 5.109 5.110 5.132 5.145 5.111	
6	<b>8 815-8 965</b>	航空移动 (R)	
4	<b>8 965-9 040</b>	航空移动 (OR)	
14 (受影响 7)	<b>9 040-9 400</b>	固定	

指配数量	划分给以下业务		
	第 1 区	第 2 区	第 3 区
13	9 400-9 500	广播 5.134 5.146	
5	9 500-9 900	广播 5.147	
1 (受影响 1)	9 900-9 995	固定	
	9 995-10 003	标准频率和定时信号	
	10 003-10 005	标准频率和定时信号 空间研究 5.111	
	10 005-10 100	航空移动 (R) 5.111	
4	10 100-10 150	固定 业余	
115	10 150-11 175	固定 移动 (航空移动 (R) 除外)	
4	11 175-11 275	航空移动 (OR)	
	11 275-11 400	航空移动 (R)	
26	11 400-11 600	固定	
3	11 600-11 650	广播 5.134 5.146	
	11 650-12 050	广播 5.147	
10	12 050-12 100	广播 5.134 5.146	
20	12 100-12 230	固定	
28	12 230-13 200	水上移动 5.109 5.110 5.132 5.145	
8	13 200-13 260	航空移动 (OR)	
	13 260-13 360	航空移动 (R)	
	13 360-13 410	固定 射电天文 5.149	

指配数量	划分给以下业务		
	第 1 区	第 2 区	第 3 区
17	13 410-13 570	固定 移动（航空移动（R）除外） 5.150	
	13 570-13 600	广播 5.134 5.151	
3	13 600-13 800	广播	
2	13 800-13 870	广播 5.134 5.151	
13	13 870-14 000	固定 移动（航空移动（R）除外）	
3	14 000-14 250	业余 卫星业余	
	14 250-14 350	业余  5.152	
59	14 350-14 990	固定 移动（航空移动（R）除外）	
	14 990-15 005	标准频率和时间信号（15 000 kHz）  5.111	
	15 005-15 010	标准频率和时间信号 空间研究	
	15 010-15 100	航空移动（OR）	
9	15 100-15 600	广播	
33	15 600-15 800	广播 5.134  5.146	
44	15 800-16 360	固定  5.153	
20	16 360-17 410	水上移动 5.109 5.110 5.132 5.145	
21	17 410-17 480	固定	
5	17 480-17 550	广播 5.134  5.146	
3	17 550-17 900	广播	
3	17 900-17 970	航空移动（R）	
	17 970-18 030	航空移动（OR）	

指配数量	划分给以下业务		
	第 1 区	第 2 区	第 3 区
	18 030-18 052	固定	
	18 052-18 068	固定 空间研究	
	18 068-18 168	业余 卫星业余	
		5.154	
44	18 168-18 780	固定 移动（航空移动除外）	
	18 780-18 900	水上移动	
5	18 900-19 020	广播 5.134	
		5.146	
20	19 020-19 680	固定	
3	19 680-19 800	水上移动 5.132	
30	19 800-19 990	固定	
	19 990-19 995	标准频率和时间信号 空间研究	
		5.111	
	19 995-20 010	标准频率和时间信号（20 000 kHz）	
		5.111	
42	20 010-21 000	固定 移动	
	21 000-21 450	业余 卫星业余	
3	21 450-21 850	广播	
	21 850-21 870	固定 5.155A 5.155	
3	21 870-21 924	固定 5.155B	
	21 924-22 000	航空移动（R）	
27	22 000-22 855	水上移动 5.132 5.156	
6	22 855-23 000	固定 5.156	
3	23 000-23 200	固定 5.146A 航空移动（OR）	

指配数量	划分给以下业务		
	第 1 区	第 2 区	第 3 区
	23 200-23 350	固定 5.156A 航空移动 (OR)	
3	23 350-24 000	固定 移动 (除航空移动外) 5.157	
12	24 000-24 890	固定 陆地移动	
	24 890-24 990	业余 卫星业余	
	24 990-25 005	标准频率和时间信号 (25 000 kHz)	
	25 005-25 010	标准频率和时间信号 空间研究	
3	25 010-25 070	固定 移动 (航空移动除外)	
	25 070-25 210	水上移动	
9	25 210-25 550	固定 移动 (航空移动除外)	
	25 550-25 670	射电天文  5.149	
	25 670-26 100	广播	
	26 100-26 175	水上移动 5.132	
	26 175-27 500	固定 移动 (航空移动除外)	
12	27 500-28 000	气象辅助 固定 移动	
3	28 000-29 700	业余 卫星业余	
	29 700-30 005	固定 移动	