

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R F.1105-4建议书
(01/2019)

**减灾救援行动使用的
固定无线系统**

**F系列
固定业务**



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策（IPR）

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/zh>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R系列建议书

（也可在线查询<http://www.itu.int/publ/R-REC/zh>）

系列	标题
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和频率标准发射
V	词汇和相关问题

说明： 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版
2019年，日内瓦

© 国际电联 2019

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R F.1105-4建议书*

减灾救援行动使用的固定无线系统

(ITU-R第248/5号课题)

(1994-2002-2006-2014-2019年)

范围

本建议书介绍了减灾救援行动使用的固定无线系统（FWS）的特点。按照信道容量、工作频段、传输距离和传播路径条件把这些系统分为几种类型，其中包括可移动设备。

上述系统的详细说明另见附件1。

关键词

固定业务、陆地移动业务、减灾、救援行动、回程链路、可移动系统

相关ITU-R建议书和报告

ITU-R M.2015建议书 – 根据第646号决议（WRC-15，修订版）的公共保护和救灾无线电通信系统频率安排

ITU-R F.2061报告 – 高频固定无线电通信系统

ITU-R F.2087报告 – 固定业务高频（HF）无线电通信系统的要求

缩略词

ATM	异步传输模式
BER	比特误码率
CS	中心站
FS	固定业务
FWS	固定无线系统
OS	室外终端站
OFDM	正交频分复用
P-MP	点对多点
P-P	点对点
QAM	正交幅度调制
QPSK	四相相移键控/正交相移键控

* 提请电信发展部门第2研究组和ITU-T相关研究组关注本建议书。

PPDR	公共保护与救灾
SHF	超高频
STM	同步传输模式
TDD	时分双工
TDMA	时分多址
UHF	特高频
VHF	甚高频

国际电联无线电通信大会，

考虑到

- a) 在发生自然灾害、瘟疫、饥荒和类似的紧急情况下，可以快速部署的电信设施对减灾救援行动十分重要；
- b) 为尽量减轻自然灾害造成的影响而应采取的措施；
- c) 由于光纤到户、数字用户线路、移动电话等的普及，目前可以通过各种基于互联网协议（IP）的服务，以语音、文字数据和图像形式提供高速数据和大容量信息；
- d) 在救援行动中，可移动固定无线设备可以使用无线电或电缆链路和多跳应用的数字和模拟设备；
- e) 在减灾救援行动中，固定无线设备不受地形、气候带、不受控制的环境条件和/不稳定电源的限制，可以在任何地方使用；
- f) 在减灾救援行动中，固定无线设备可以在不利干扰的环境下使用；
- g) 在减灾救援行动中，固定无线系统与其他网络之间的互操作性和互联互通将有利于考虑到 a) 中所述的紧急情况；
- h) 当可移动回程链路和正常运行的基站都受到灾害破坏时，如果可移动回程链路和可移动移动基站都能部署在车辆上并被运送到受灾地区，则有助于灾害情况下的通信恢复，

认识到

- a) 第 646 号决议（**WRC-15，修订版**）邀请 ITU-R 继续进行技术研究，并在必要时就技术和业务实施提出建议，以满足公共保护和救灾无线电通信应用的需要，同时考虑到功能、演进和现有系统产生的过渡的要求，特别是许多发展中国家中用于国内和国际业务的系统；
- b) 第 647 号决议（**WRC-15，修订版**）邀请 ITU-R 根据其第 1 号决议继续进行必要的研究，并支持制定和维持适用于紧急和救灾行动的适当频谱管理指南；
- c) ITU-R 第 55 号决议请有关的 ITU-R 研究组在 ITU 内部和与本联盟以外的组织合作开展与灾害预测、探测、缓解和救援方面的无线电通信管理有关的研究和制定指南；
- d) ITU-R 第 55 号决议还要求相关的 ITU-R 研究组继续研究能够支持灾害预测、探测、缓解和救援的新技术；

e) ITU-R M.2015建议书根据第646号决议（WRC-15，修订版）提供了关于公共保护和救灾无线电通信系统频率安排的指南；

f) ITU-R F.2061和ITU-R F.2087报告论述了高频无线电通信系统在公共保护和减灾救援行动（PPDR）中的作用，

建议

1 为在受灾地区进行减灾和救援行动，或为恢复中断的传输链路，应考虑使用表 1 中所列的固定无线系统（FWS）类型；

表1

减灾救援行动使用的固定无线系统类型

类型	特性	应用
A	可以快速建立起来的、与政府和国际机构总部进行电话通信的简单的无线链路	(1) (2)
B	由一个通信中心和通过电话线连接的10或20个终端用户站组成的一个或若干局域网	(1)
C	在视距或近视距路径上可以连接6至120信道的电话链路或一个可达6.3/8 Mbit/s的数据链路	(1) (2)
D	在视距或跨越障碍或超视距路径上的可以连接12至480信道的电话链路或一个可达34/45 Mbit/s的数据链路	(2)
E	大容量电话链路（480信道以上）或高达STM-1的高速数据链路	(2)
F	在一个地区内使用一个中心站和数个终端之间点到多点单个无线电通信的同步单个或群组无线电通信	(1)、(3)

A至E类：可移动系统

应用（1）：用于受灾地区。

应用（2）：用于传输链路中断。

应用（3）：用于减小灾害影响。

2 中继器站的模拟和数字电缆系统应在基带上实现可移动固定无线系统的互连；

3 中继器站的可移动固定无线系统与光纤系统的互连可在具有显著光功率的点进行；

4 关于系统特点，主管部门和系统规划部门可参照附件 1 的§ 1 所含信息作为指导；

5 在恢复过程中，使用可移动固定无线设备的链路以及由可移动固定无线设备组成的单独的链路的性能指标应具备足以开展正常业务的传输性能值（附件 1 的§ 3）；

6 在灾害救援和紧急情况下使用的移动通信中，基站的接入链路可以参照表 1 中 A 至 E 类可移动固定无线系统和附件 1 介绍的这些系统的特点（见§ 2.6 和附件 1 的附录 2）。

附件1

减灾救援行动使用的固定无线系统的说明

1 系统特性

表2中给出的信道容量、频段和路径距离均适用于表1中的每一类系统。

表2
基本特性

系统类型	容量	示范频段 ⁽¹⁾		传输路径距离
A	1-2信道	高频	(2-10 MHz)	达250 km及以上
B	有10-20个外设基站的局域网 (若干信道)	甚高频 特高频	(50-88 MHz) (150-174 MHz) (335-470 MHz)	达几千米
C	6至120个1.5/2或6.3/8 Mbit/s信道	特高频 超高频	(335-470 MHz) (1.4-1.6 GHz) (7-8 GHz) (10.5-10.68 GHz)	达100 km
D	12至480个1.5/2、6.3/8、4 × 6.3/8 Mbit/s或34/45 Mbit/s信道	特高频 超高频	(800-1 000 MHz) (1.7-2.7 GHz) (4.2-5 GHz)	视距或有障碍物的 路径
E	960-2 700信道 STM-0 (52 Mbit/s)或 STM-1 (155 Mbit/s)	超高频	(4.4-5 GHz) (7.1-8.5 GHz) (10.5-10.68 GHz) (10.7-11.7 GHz) (11.7-13.2 GHz) (14.4-15.32 GHz) (17.85-17.97/ 18.6- 18.72 GHz) (23 GHz)	达几十千米
F	6-TDMA信道 如, 单个呼叫可达2 000个 如, 群组呼叫可达200个	甚高频	(54-70 MHz)	达10 km (典型) 加中继器可以延 长

TDMA: 时分多址

STM: 同步传输模式

⁽¹⁾ 这些频段中许多部分都与卫星业务共用。

在与卫星业务中运行的一个地球站连接的情况下, 应考虑以下附加限制:

- 应避免空对地频段;
- 如使用地对空频段可能会产生问题;
- 应避免跨视距系统 (D类)。

最好避免在用的或规划使用的集群通信频段。不过, 这些频段可用于E类系统, 但主管部门应认真考虑干扰问题。

2 工程原理

2.1 小容量链路（A型系统）

1或2信道的高频可移动设备只应使用固态器件，在不使用时可以关闭发射机，以节省电池电量，减小发生干扰的可能性。

例如，在2至8 MHz频段内运行的固态100 W单边带拉杆天线终端范围可达250 km。在出现干扰时，为保证大范围快速选频使用一个混频器进行单工操作（发射机和接收机使用同频率），在不过度使用发射机的条件下，一个较小的电池可支持24小时运行。车载发电机可为电池充电，在恶劣的室外环境下所有设备都可以随身携带。

2.2 局域无线网（B型系统）

可以考虑把B型无线网络作为有10至20个外设基站的单信道无线电通信的局域中心，在高达470 MHz的甚高频或超高频上运行。还可以使用类似陆地移动业务中的单信道和多信道设备。

2.3 连接多达120个（C型系统）信道或6.3/8 Mbit/s

目前已有便于公路、铁路和直升机运输的设备。这些设备与供电设备一起可以很快进行安装并投入使用。根据要求、地形和其他因素，设备容量从1.5/2至6.3/8 Mbit/s不等。

最好选用直流电驱动的设备或交直自动转换设备。可以与重量轻、高增益的八木天线或铁栅天线结合使用，这样视距覆盖范围可达100 km，在较短的路径上可以容许树木的遮挡。最好使用架设方便、地面可以旋转的、拉线式或高度可调天线杆。如果对有交叉极化的发射和接收分别适用不同的天线，那么发射机连接到极化角度为45°的天线（从天线后方沿发射路径看，右上至左下）较方便；如果收发天线用阴阳插头安装在同一个子组件上，选择极化平面就不会有误，因为接收信号总是与发射信号形成交叉极化。

在灾害情况下，可能需要固定无线系统提供与多个疏散中心¹的连接，这些疏散中心的传输路径距离各不相同，这可能增加有害干扰的风险。因此，可能需要自适应调制和发射功率控制。在设备的初始设置过程中，为了消除尽可能多的变量，应首选单频或可选预置频率。能够在较宽的频段范围内适当选择发射和接收频率是一种优势。

为了缩短更快干预所需的时间，应使用一种选择适当频率信道的具体机制来确定适当的自适应参数和/或发射和接收频率，特别是在灾害分布面广的情况下，因为在这种情况下很少或没有专家来设计无线电链路。

泡沫填充或固体介质软电缆是首选，因为它们不太容易受到机械损伤和水分的影响。

附件1的附录3提供了这种C型系统的一个例子，也展示了这种选择适当频率信道的具体机制的一个例子。

¹ 受灾人员暂时居住的地点。

2.4 连接多达480个（C型系统）信道或34/45 Mbit/s（D型系统）

目前已有便于公路、铁路和直升机运输的设备。这些设备与供电设备一起可以很容易安装并投入使用。根据要求、地形和其他因素，设备容量从12至480话路不等。如果使用低噪音、配备专用解调器和分集接收的接收机，则天线尺寸、发射功率和供电设备的尺寸都会小于传统超视距系统的设备。

在视距或局部遮挡的条件下，同样可以使用快速安装的、传输容量在34/45 Mbit/s的可移动设备。最好选用直流电驱动的设备或交直自动转换设备。可以与重量轻的铁栅或平板天线结合使用，具有视距覆盖，在较短的路径上可以容许树木的遮挡。最好使用架设方便、地面可以旋转的、拉线式或高度可调天线杆。

在野外能够在很宽的频段范围内适当选择发射和接收频率是一大优势。

2.5 大容量链路（E型系统）

对较高频段和-960话路或STM-0及以上的系统，建议射频系统直接与天线相连。可移动设备最好采用直径约在2 m以下的反射器的设备。如果需要在中继器上进行中频互联，可以在两个射频头之间进行。

但是，由于紧急情况下或临时应用的设备通常设在地面，因此，控制电缆应将中频传送到地面上的控制器。救援工作中使用的系统天线往往小于固定微波链路的的天线，因此，发射机输出功率越大越好，接收机噪音系数越低越好。最好使用以电池为电源的设备，如果电池可以从车载直流或交流发电机充电，12和/或24 V的电源比较合适。

另外一个方法是把设备装在一些容器中。这不仅有利于运输，而且每个容器都可以提供便于快速安装多个发射机和接收机的设备。每个容器的可容纳的发射机的最大数量取决于直升机、飞机或其他交通工具所能允许的尺寸和最大重量。另外，还要考虑该普通商用电源工作的设备。固定无线系统一般需要在视距内操作。对于数字固定无线系统，接口应为一次速率（2 Mbit/s（E1）或1.5 Mbit/s（T1）或155.52 Mbit/s（STM-1））。

2.6 与可移动移动基站共用的车载可移动FS设备（D或E型系统）

也可利用光纤等电缆系统构建的移动回程链路，是FWS的主要用途之一。

无论是（采用FWS或电缆系统的）基站接入链路还是移动基站，都会因为在大范围灾害的情况下当中受损而无法使用。因此，应将可移动FWS回程链路和可移动移动基站安装在车辆上，使两个设备能够很容易地在灾区互联。这种运行条件能够有效地恢复电信基础设施，并迅速地向最终用户提供服务。

附件1的附录2举例说明了为此目的开发的车载救灾行动系统。

2.7 区域同步通信系统（F型系统）

此型系统平时作为点对多点系统运行，在紧急情况下可以用于救援通信。

本地/市局的中心站（CS）向室外终端站（OS）或室内接收机发送公共信息，为中心局与居民之间提供日常通信。中心站通过其他地区监控录像机、遥测仪或防灾系统从终端站收集防灾用的资料或信息。上述信息包括天气数据或风暴和火灾通知。日常通信是在TDMA-TDD模式中进行的。

对于远离中心站的终端站，可使用一个中继站（或顺序使用多个中继站）。中继站也可以像室外终端站一样具有交互通信功能。

在发生或可能发生灾害的情况下，中心站可以通过在室外终端站和室内接收机上配备扬声器或文字显示器向居民广播必要的信息或风暴、地震或海啸警报。此类下行信息是以同步分发模式传送的。

在使用同步分发模式的同时，还可以通过在TDMA-TDD中使用其他时隙进行中心站和单个室外终端站之间的互动通信。因此，受灾地区的重要信息可以有效地发送给中心站，包括救援情况、急需的资源或居民的安全信息。

详情见附件1的附录1。

3 传输性能

A型系统的噪音性能主要取决于具体情况下使用的天线和路径长度。

B型和C型系统在救援时和正常情况下提供的传输质量相似。在数字系统中可以参照使用小于 1×10^{-8} 的最小可维持BER指标。

D型系统和A型系统一样，取决于终端设备的位置和天线的尺寸。在数字系统中可以参照使用小于 1×10^{-8} 的最小可维持BER指标。

由于需要使用的天线尺寸和发射功率都要小于固定链路的天线和发射功率，E型可移动微波设备的传输质量可能会低于正常干线通信的连接要求。但是，其性能必须是网络仍能够实现所有正常功能。紧急情况下的性能指导标准如下：

— 数字系统 $< 1 \times 10^{-8}$ BER。

F型系统需要：

— 室内接收终端 $< 1 \times 10^{-3}$ BER。

— 带扬声器的室外终端 $< 1 \times 10^{-4}$ BER。

附件1的 附录1

防灾和救援行动区域 数字同步通信系统的特征和应用

目前已开发的基于ARIB STD-T86²的区域数字同步通信系统（RDSCS）用于防灾和救援行动，除了在中心局和居民之间进行语音和数据通信以外，还可用于收集灾害预防或灾害损失的数据和信息并向居民发送必要信息或警报。

该系统由一个位于本地局的中心站和该地区数个终端组成，除提供中心站和终端之间的点对多点的个别通信以外，还提供同步或群组通信。

中心站通过室外TDMA终端从监测录像机、遥测仪、人员等，或通过电话或传真从其他灾害预防系统收集灾害预防或灾害损失的数据或信息。然后，中心站通过室外终端或室内接收机以同步分发模式通过扬声器或文字显示器向居民发送必要的信息和警报。

每个室外终端都可以通过TDD模式与中心站进行互动式通信。6时隙的TDMA即使在同步分发通信进行的同时也可以提供个别通信。

根据产品制造的型号，通过6-TDMA信道可以提供多达2000路个人通话或200路群组通话。

通过16-QAM机制，在15 kHz无线电信道间隔条件下可以实现45 kbit/s的传输速度，在中心站进行图像数据收集，在终端上进行文字显示。

对于远离中心站的终端，安装一个带有中间转换功能的中继器，使终端既可以接入中继器也可以接入中心站。如有必要，可以顺序安装两个或更多中继器。通过使用中继器，每个室外终端的发射机输出功率可减小到10 W或更低。结合TDD和TDMA模式的运行，室外终端耗电少，从而可以利用太阳能供电或太阳能和风力混合发电机供电。

在此可以保证不同厂商的终端设备或系统之间的互操作性，这样，其他地区的设备可以搬运到受灾地区用于救援行动。

通常该系统用于本地局和居民之间的日常通信，也可以用于风暴、火灾等的报警。

技术规范概述：

频段： 54-70 MHz

信道间隔： 15 kHz

发射机功率： 10 W或以下

传输速度： 45 kbit/s

调制方式： 16-QAM

通信方式： TDMA-TDD

语音编解码方式（CODEC）： 扬声器16 kbit/s高效语音编解码器

附件1的 附录2

用于救灾行动的与可移动 移动基站相结合的可移动FWS设备的车载使用

可移动的FWS根据灾区的干扰状况和/或必要的传输距离，使用表2（E行）中的部分示范频段。应特别指出的是，上端4 GHz和18 GHz频段的系统轻盈小巧，因而易于车辆安装和使用。这些系统的主要规范见表3。

可移动FWS与可移动移动基站互联的主要规范见表4。该系统的整体概念图见图1。

表3

减灾行动用车载可移动FWS的主要规范

频段 ⁽¹⁾	容量	接口	天线类型	传输距离
上端 4 GHz 频段 (4.92-5.0 GHz)	7-35 Mbit/s	100BASE-TX ⁽²⁾	36 cm 平板	10 km
18 GHz 频段 (17.85-17.97 / 18.6-18.72 GHz)	155.52 Mbit/s	STM-1	0.4-1.2 m 直径蝶形	3.5 km

⁽¹⁾ 射频信道从分配的频段中选出。

⁽²⁾ 通过以太网/ATM转换器连接MPX（复用器）。

表4

减灾行动用车载可移动移动基站的示范参数

频段	带宽（载波数量）	天线类型
800 MHz (830-845/ 875-890 MHz) ⁽³⁾ 2 GHz (1 940-1 960/ 2 130-2 150 MHz)	15 MHz（3个载波） ⁽¹⁾ ， 20 MHz（4个载波） ⁽¹⁾	角反射器（40 cm × 37 cm）， 角反射器（23 cm × 42 cm） ⁽²⁾

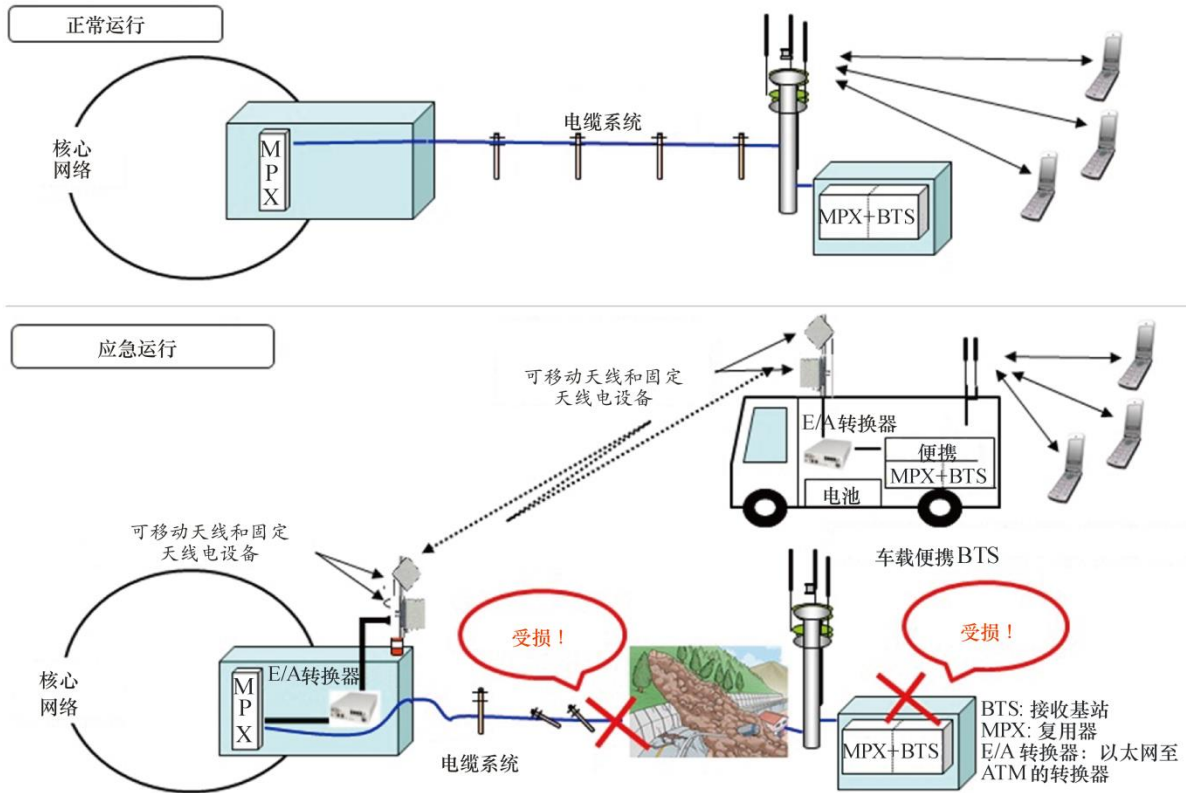
⁽¹⁾ 一个载波的带宽为5 MHz。

⁽²⁾ 最大孔径。

⁽³⁾ 这些频段用于陆地移动业务的公共通信。

图1为上端4 GHz频段车载救灾行动系统的概念图。

图1
上端4 GHz频段车载救灾行动系统概念图



附件1的 附录3

用于救灾行动的固定无线系统， 具有选择适当频率信道的特定机制

用于救灾行动的FWS根据容量或传输路径距离使用各种频段，如表2所示。在表中所示的系统中，C型系统采用UHF或SHF，传输路径距离可达100 km。在该系统中，P-P（点对点）拓扑和P-MP（点对多点）拓扑都是可能的，对于P-MP拓扑，一个中心站可以覆盖多达八个终端站。该系统的设备由天线、射频单元和室内单元组成，便于运输和安装在车辆上。

为了在大范围灾害发生时提供通信，可能需要不同距离的通信链路，采用自适应调制和传输功率控制机制。传输功率控制机制还可以减少对其他系统的非必要干扰，从而增加需要连接的应急中心的数量。该系统的概念图如图2所示。

表5

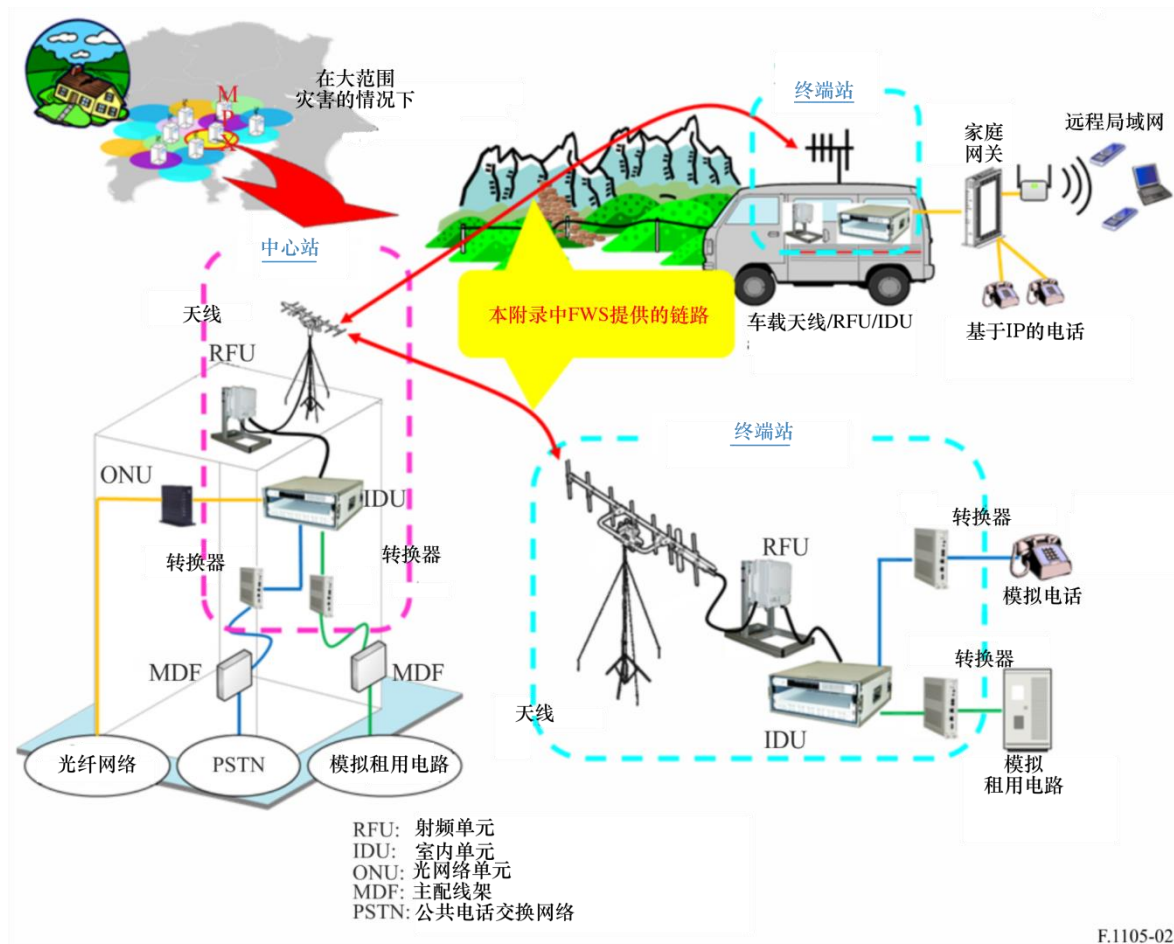
日本救灾行动中FWS主要规范示例

频段	调制	容量	拓扑结构	传输距离
特高频 (417.5-420.0 MHz/454.9125- 457.3625 ³ MHz)	正交频分复用（正 交相移键控 /16QAM/64QAM 自适应调制）	16信道 1.7 Mbit/s	P-P P-MP（最多八个 终端站）	长达50 km

³ 目前在454.9125-457.3265 MHz频段内没有关于FS信道分配的ITU-R建议书。

图2

大范围灾害中FWS概念图



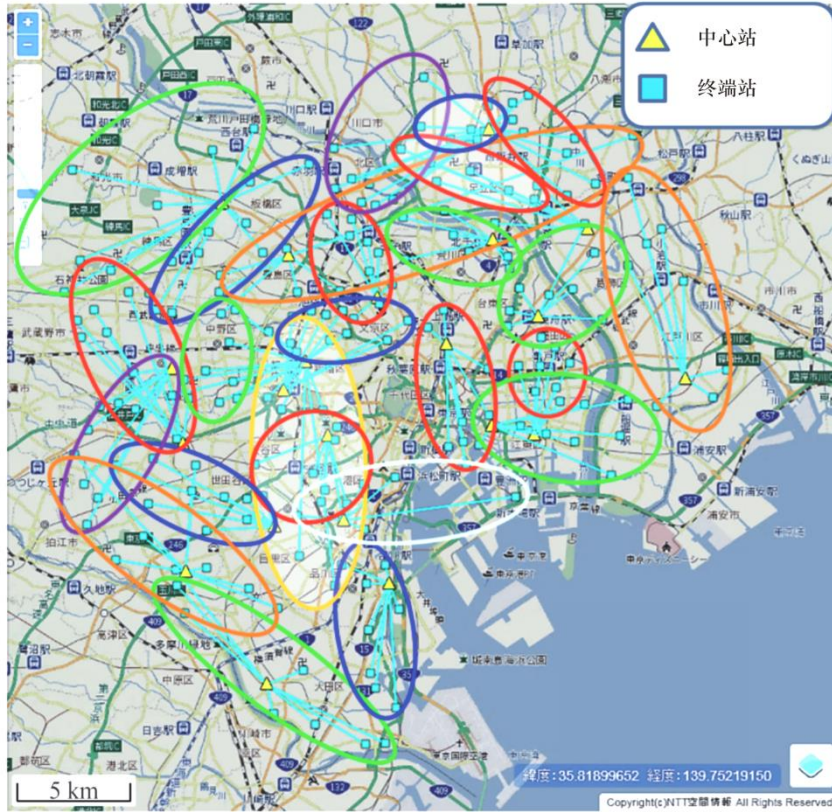
在大范围灾害发生的情况下，可能会有大量的疏散中心，紧急需要电话线和数据通信。通常无法预测或确定哪些与运营商网络相连的FS站建筑将在灾害中保存下来。因此，在大范围灾害发生之前，不可能计算出详细的无线电链路设计。因此，在大范围灾害发生的情况下，需要进行复杂的计算，以选择适当的发射和接收频率，同时减少对其他网络的不必要干扰，并增加有限频率信道覆盖的疏散中心数量。有时，在无线电链路设计专家很少或没有的情况下，会进行这种计算。针对这种情况，开发了一种具体的机制，其功能如下：

- 选择适当的频率信道。
- 确定FS站的传输功率。
- 确定FS站的天线方向。
- 估计中心站和终端站之间的吞吐量。

该机制使用ITU-R P.1812建议书中的预测方法计算传播损失。图3显示了日本东京都会区的计算示例。在图中，圆圈表示一个中心FS站的区域，线表示中心站和终端站之间的通信链路。频率信道数为7个，图3中相同颜色的圆圈表示相同的传输和接收频率信道。根据所得结果，25个中心站可覆盖约200个疏散中心，有7个传输/接收频率信道。

图3

选择合适频率通道的特定机制的计算实例



F.1105-03