



Communication
Network Technology

现代通信网络技术丛书

GSM 网络优化 理论与实践

- ◇ 本书以一个网络优化工程师的视角,详细阐述了 GSM 无线网络优化涉及的技术知识。
- ◇ 对于爱立信设备所特有的功能和目前比较新颖的 GSM 无线优化思路进行重点全面的讲解。
- ◇ 本书注重理论与实践相结合,紧密贴近日常工作。

刘鹏飞 岳磊 杨玉东 等 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

现代通信网络技术丛书

Communication
Network Technology

GSM 网络优化 理论与实践

刘鹏飞 岳磊 杨玉东 等 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

GSM网络优化理论与实践 / 刘鹏飞等编著. -- 北京:
人民邮电出版社, 2013.4
(现代通信网络技术丛书)
ISBN 978-7-115-30429-2

I. ①G… II. ①刘… III. ①时分多址—移动通信—
通信网—最佳化 IV. ①TN929.532

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第309267号

内 容 提 要

本书以一个网络优化工程师的视角,详细阐述了 GSM 无线网络优化涉及的技术知识,尤其对于爱立信设备所特有的功能和目前比较新颖的 GSM 无线优化思路进行了重点全面的讲解。

本书注重理论与实践相结合,紧密贴近日常工作,对于从事 GSM 网络优化及相关工作的通信专业人员具有较高的实用价值。本书也可供高等院校通信及相关专业的师生阅读参考。

现代通信网络技术丛书

GSM 网络优化理论与实践

-
- ◆ 编 著 刘鹏飞 岳 磊 杨玉东 等
责任编辑 刘 洋
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.75
字数: 456 千字 2013 年 4 月第 1 版
印数: 1~3 500 册 2013 年 4 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-30429-2

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

本书编写组

刘鹏飞 岳 磊 杨玉东 王 玮

夏龙根 支敏慧 刘 扬 袁 雷

致 谢

在本书的创作过程中，作者得到了张锴、梁波、戴彬、赵振宇、邵锐、刘刚、龙济东等人的大力支持和帮助，在此向他们深表谢意，感谢他们在本书写作过程中提出的建议和指导。

感谢我的父母，谢谢你们对我的养育和教育；感谢我的妻子，在我的眼里她是世界上最美丽的天使；感谢我的亲人和朋友，感谢你们昔日给我的照顾和帮助，愿你们身体健康，万事如意。

谨以此书献给我即将出生的孩子。

[illegible]

本书以一个网络优化工程师的视角,全面细致地讲述了 GSM 网络优化需要的专业知识。对于典型的网络优化场景给出了分析思路。

第 1 部分：前 4 章，主要内容为 GSM 无线网络的基础概念。其中：第 1 章介绍了 GSM 的网络结构；第 2 章介绍了无线传播的知识以及 GSM 协议中对于无线电波的要求；第 3 章介绍了基站（BTS）、基站控制器（BSC）、天线等 GSM 无线侧硬件；第 4 章介绍了 GSM 的协议和信令。

第 1、2、3 章由刘鹏飞编写,第 4 章由支敏慧、刘鹏飞、杨玉东共同编写。

第5、6章由刘鹏飞编写,第7章由刘鹏飞、杨玉东、岳磊、王玮、夏龙根共同编写。

第3部分：第8~12章，主要内容为GSM无线网络优化。其中：第8章从接入性（寻呼、接入）、保持性（掉话）、移动性（切换）、完整性（话音质量）入手，对于话音业务（CS域）的优化进行了介绍；第9章从数据业务的容量、干扰、信道资源分配策略、信道资源调度算法以及数据业务端到端等方面对数据业务（PS域）进行了介绍；第10章是专题专项优化，包括网络结构优化、双频网优化、频率资源优化、2/3G互操作优化；第11章是特殊场景优化，包括高铁专网优化、高层建筑优化；第12章是室内分布系统和直放站

规划与优化。

第 8 章由夏龙根、刘鹏飞、刘扬共同编写，第 9 章由岳磊和刘鹏飞共同编写，第 10 章由王玮和刘鹏飞共同编写，第 11 章由刘鹏飞编写，第 12 章由袁雷编写。

本书覆盖了网络优化的主要内容，除可以为从事优化工作的工程技术人员提供帮助外，也可供 GSM 网络优化入门人员参考。在书的编写上努力做到理论结合实际，紧密结合日常工作，相信读者通过本书的学习能够有所收获。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中疏漏及不足之处在所难免，恳请读者朋友批评指正。本书编辑邮箱：liuyang@ptpress.com.cn。

作 者

2013 年 1 月

目 录

第一部分 GSM 无线网络基础

第 1 章 GSM 无线网络概述.....2

1.1 GSM 网络发展历史.....2

1.2 GSM 网络结构.....3

1.2.1 核心网.....4

1.2.2 接入网.....5

1.2.3 移动终端.....5

第 2 章 无线传播.....6

2.1 无线路径的损耗和衰落.....7

2.2 GSM 系统干扰.....8

2.2.1 同频干扰.....8

2.2.2 邻频干扰.....8

2.2.3 码间串扰.....9

第 3 章 硬件设备介绍.....10

3.1 BTS 介绍.....10

3.1.1 传统基站.....11

3.1.2 分布式基站.....13

3.2 MO.....14

3.2.1 MO 概述.....14

3.2.2 MO 状态.....15

3.2.3 MO 与硬件的对应关系.....16

3.3 BSC 介绍.....16

3.4 天线.....17

3.4.1 天线增益.....17

3.4.2 波瓣宽度.....18

3.4.3 天线下倾.....18

3.4.4 分集.....19

3.4.5 互调.....20

3.4.6 驻波比 (VSWR).....21

第 4 章 协议和信令.....22

4.1 接入网接口协议.....22

4.1.1 Um 空中接口.....23

4.1.2 Abis 接口.....30

4.1.3 A 接口.....31

4.2 核心网接口协议.....32

4.3 GPRS/EDGE 系统.....34

4.3.1 Um 空中接口.....35

4.3.2 GPRS/EDGE 无线链路相关技术.....37

4.4 典型信令流程.....43

4.4.1 电路域 (CS 域).....43

4.4.2 分组域 (PS 域).....62

第二部分 GSM 无线网络规划与优化基础

第 5 章 网络规划.....72

5.1 覆盖规划.....72

5.2 信道规划.....74

5.2.1 TCH 信道容量规划.....75

5.2.2 SDCCH 信道规划.....76

5.2.3 CCCH 信道规划.....77

5.3 频率规划.....80

5.3.1 GSM 频率资源.....80

5.3.2 GSM 要求的载干比.....80

5.3.3 频率复用.....81

第 6 章 网络优化概述.....87

6.1 网络优化流程.....87

6.2 网络优化内容和思想	88	7.8 扩展小区	134
第 7 章 网络优化基础	89	7.8.1 概述	134
7.1 空闲模式	89	7.8.2 原理实现	134
7.1.1 网络选择	90	7.8.3 相关参数	135
7.1.2 小区选择	91	7.9 小区分层结构	135
7.1.3 小区重选	95	7.9.1 概述	135
7.1.4 位置更新	98	7.9.2 原理实现	136
7.1.5 系统消息	100	7.9.3 相关参数	138
7.2 信道管理及优化	102	7.10 AMR	139
7.2.1 CS 信道管理	102	7.10.1 概述	139
7.2.2 PS 信道管理	106	7.10.2 原理实现	139
7.3 切换	111	7.10.3 相关参数	143
7.3.1 概述	111	7.11 跳频	143
7.3.2 爱立信切换算法	113	7.11.1 基带跳频	144
7.4 指派到其他小区	121	7.11.2 射频跳频	145
7.4.1 概述	121	7.11.3 跳频序列	148
7.4.2 原理实现	122	7.11.4 跳频参数配置与优化	150
7.4.3 相关参数	122	7.12 动态功控	151
7.5 小区负荷分担	123	7.12.1 话音上行功控 (MS 动态功控)	151
7.5.1 概述	123	7.12.2 话音下行功控 (BTS 动态功控)	158
7.5.2 原理实现	123	7.12.3 AMR 动态功控	164
7.5.3 相关参数	125	7.12.4 数据上行功率控制	165
7.6 子小区 (同心圆小区)	125	7.12.5 功控参数汇总	166
7.6.1 概述	125	7.13 爱立信 STS 简介	167
7.6.2 原理实现	126	7.14 OSS 工具	168
7.6.3 相关参数	129	7.14.1 CDD	169
7.7 小区内切换	129	7.14.2 NCS	169
7.7.1 概述	129	7.14.3 FAS	172
7.7.2 原理实现	130	7.14.4 MRR	175
7.7.3 相关参数	133		

第三部分 无线网络优化实践

第 8 章 CS 域优化	178	8.1.3 寻呼拥塞和寻呼成功率	181
8.1 寻呼	178	8.2 接入	181
8.1.1 寻呼策略	178	8.2.1 相关计数器	182
8.1.2 PS 业务影响及 CS 寻呼优先补丁	180	8.2.2 优化思路	182
		8.3 切换	184

8.3.1 切换原因	184	9.9 GPRS/EGPRS 业务分流	220
8.3.2 切换参数	184	9.10 数据业务端到端优化	220
8.3.3 相关计数器	186	9.10.1 端到端性能评估体系	221
8.3.4 优化思路	190	9.10.2 端到端优化方法	221
8.4 掉话	191	9.10.3 端到端优化应用	227
8.4.1 SDCCH 信道掉话	191	第 10 章 专题专项	229
8.4.2 TCH 信道掉话	191	10.1 网络结构优化	229
8.4.3 优化思路	192	10.1.1 网络结构优化思路	229
8.5 话音质量	194	10.1.2 网络结构评估	229
8.5.1 话音质量评估标准	194	10.1.3 道路网络结构评估	232
8.5.2 Rxquality 优化方法	198	10.1.4 网络结构的调整策略	232
8.5.3 MOS 值优化方法	201	10.2 双频网	234
第 9 章 PS 域优化	206	10.2.1 双频网规划	234
9.1 概述	206	10.2.2 双频网优化	238
9.2 PS 业务用户感知评价体系	206	10.3 频率资源优化	241
9.2.1 接入性	206	10.3.1 频率优化流程	241
9.2.2 速率	207	10.3.2 其他因素	243
9.2.3 保持性	210	10.4 2/3G 优化	243
9.2.4 提升 PS 业务用户感知的优化思路	211	10.4.1 Idle Mode 下, 2G 重选到 TD	244
9.3 容量优化	211	10.4.2 Idle Mode 下, TD 重选到 2G	244
9.4 干扰优化——无线环境优化	214	10.4.3 话音通话状态下, TD 切换到 2G	244
9.4.1 上行动态功率控制	215	10.4.4 不同业务差异化策略	244
9.4.2 链路适配算法	215	第 11 章 特殊场景	245
9.5 移动性优化	215	11.1 高铁	245
9.5.1 合理的路由区设置	215	11.1.1 高铁提速引发的问题	245
9.5.2 网络辅助小区重选	215	11.1.2 高铁覆盖的难点	245
9.6 CS/PS 资源均衡优化	216	11.1.3 高铁规划方案	247
9.6.1 信道分配策略	216	11.1.4 高铁优化方案	249
9.6.2 预清空策略	218	11.2 高层建筑	251
9.7 调度资源优化	218	11.2.1 高层建筑室内覆盖问题分析	251
9.7.1 EPoG	218	11.2.2 窗口边缘场强确定	252
9.7.2 LOPT	218	11.2.3 电梯覆盖方案分析	252
9.7.3 E-QoS	218	11.2.4 频率优化	254
9.8 信道资源占用导向优化	219	11.2.5 总结	255
9.8.1 话音和数据业务资源占用 分流策略的主要考虑因素	219	第 12 章 直放站和室内分布系统	256
9.8.2 话音和数据业务资源占用 分流的实现与参数设置	219	12.1 直放站	256

12.1.1 直放站分类.....	258	12.4.4 射频（无线链路）设计.....	280
12.1.2 直放站参数和特性.....	262	12.4.5 天线系统设计和安装.....	281
12.2 周边器件.....	266	12.4.6 频率规划.....	281
12.2.1 射频器件.....	266	12.4.7 业务控制.....	282
12.2.2 光器件.....	274	12.4.8 典型区域规划设计.....	282
12.2.3 电源和辅材.....	275	12.5 室分优化.....	286
12.3 室外直放站规划.....	276	12.5.1 室内测试.....	286
12.4 室分规划.....	277	12.5.2 常见问题.....	287
12.4.1 容量估算.....	278	参考文献.....	289
12.4.2 天线系统选择.....	278		
12.4.3 信源设备选择.....	279		



第一部分

GSM无线网络基础

第 1 章

GSM 无线网络概述

1.1 GSM 网络发展历史

GSM (Global System For Mobile Communications) 是全球移动通信系统的简称。它是由欧洲电信标准组织 ETSI 制定的一个数字移动通信标准。GSM 属于第二代 (2G) 蜂窝移动通信技术,第二代的说法是相对于应用于 20 世纪 80 年代的第一代模拟蜂窝移动通信技术而言。

GSM 数字移动通信系统起源于欧洲。早在 1982 年,欧洲已有几大模拟蜂窝移动系统在运营,例如北欧多国的 NMT (北欧移动电话) 和英国的 TACS (全接入通信系统),西欧其他国家也提供移动业务。当时这些系统是国内系统,不可以在国外使用,为了方便全欧洲统一使用移动电话,需要一种公共系统。1982 年北欧国家向 CEPT (Conference Europe of Post and Telecommunications) 提交了一份建议书,要求制定 900MHz 频段的公共欧洲电信业务规范。在这次大会上成立了一个在欧洲电信标准学会 (ETSI) 技术委员会下的“特别移动小组” (Group Special Mobile) 简称 GSM,来制定有关的标准和建议书。

1986 年在巴黎,该小组对欧洲各国及各公司经大量研究和实验后所提出的 8 个建议系统进行了现场实验。

1987 年 9 月 7 日,来自欧洲 17 个国家的运营者和管理者在哥本哈根签署了一项关于在欧洲实现 900MHz 数字蜂窝移动通信标准的谅解备忘录 (MOU),随后成立了 MOU 组织,致力于 GSM 标准的发展。

1990 年完成了 GSM900 的规范制定,共产生大约 130 项的建议书。不同建议书分组成为一套 12 系列的 TEST GSM 标准建议书。

1991 年在欧洲开通了第一个系统,同时 MOU 组织为该系统设计并注册了市场商标,将 GSM 更名为全球移动通信系统 (Global System For Mobile Communications)。从此移动通信跨入了第二代数字移动通信时代。

为适应各国无线电频率分配的不同情况,GSM 系统可以在多个不同的频段工作。最初的 GSM 标准定义了 900MHz、1 800MHz 和 1 900MHz 频段。此后又补充了 850MHz 和 450MHz,以适应部分地区的需求。世界大部分地区采用 900MHz 和 1 800MHz 频段。美洲的一些运营商使用 850MHz 和 1 900MHz 频段。400~450MHz 频段则仅局限于北欧国家的运营商。此外,欧盟为铁路调度通信需要以 GSM 为基础制定的 GSM-R 系统,其工作频率也在 900MHz 频段。GSM 上下行信号为频分双工,上下行信号采用不同的频率,但对于不同的频点,中心频率之

间保持固定的间隔（200kHz）。各频段的具体频率范围和信道号见表 1-1。

表 1-1 GSM 频率表

频段	名称	信道号	上行 (MHz)	下行 (MHz)	其 他
GSM850	GSM850	128~251	824~849	869~894	美国，南美洲国家和亚洲部分国家
GSM900	P-GSM 900	1~124	890~915	935~960	GSM 最先实现的频段，也是使用最广的频段
	E-GSM 900	975~1 023	880~890	925~935	900MHz 扩展频段
	R-GSM 900	n/a	876~880	921~925	铁路 GSM（GSM-R），为铁路调度通信系统开发的特殊版本
GSM1 800	GSM 1 800	512~885	1 710~1 785	1 805~1 880	适用于对信道容量需求大的市场，应用范围仅次于 900MHz
GSM1 900	GSM 1 900	512~810	1 850~1 910	1 930~1 990	主要用于美洲国家，由于有频率重叠，与 1 800MHz 系统不兼容

1.2 GSM 网络结构

GSM 系统主要由核心网（CN）、接入网（RAN）和移动台（MS）三大部分组成，如图 1-1 所示。

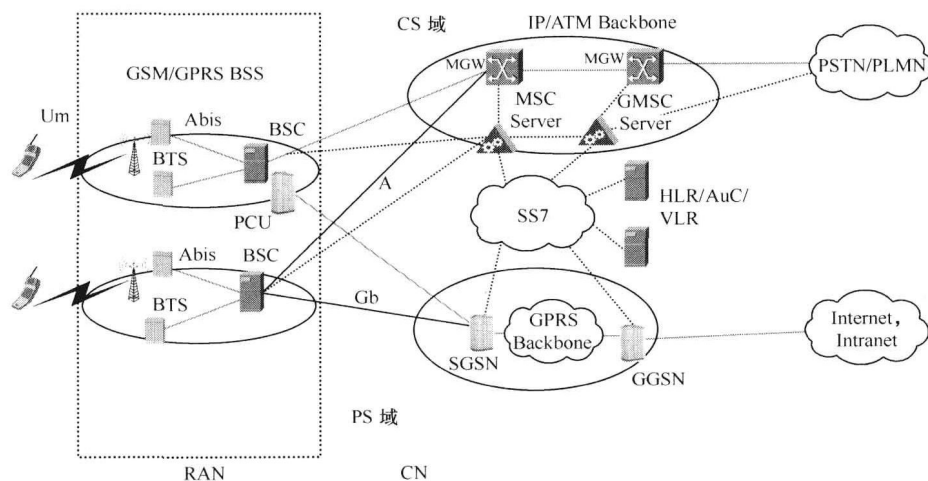


图 1-1 GSM 网络结构图

核心网包括两个域：CS 域和 PS 域。

（1）CS 域为电路域，负责实现话务、短信和用户数据存储功能，由如下几部分组成：移动业务交换中心（MSC Server）、媒体网关（MGW）、归属位置寄存器（HLR）、拜访位置寄

存器（VLR）和鉴权中心（AuC）。

（2）PS 域为分组域，实现 GPRS 上网功能，由 GPRS 服务支持节点（SGSN）和网关 GPRS 支持节点（GGSN）组成。

接入网由基站控制器（BSC）和基站收发器（BTS）两部分组成。

移动台由移动终端（MS）和客户识别卡（SIM）两部分组成。

移动终端和 BTS 之间的接口为 Um 接口；BSC 与 MSC Server 之间的接口为 A 接口；BSC 与 SGSN 之间的接口为 Gb 接口；BTS 与 BSC 之间的接口为 Abis 接口。除 Abis 接口外其他接口 GSM 规范中都有定义，各设备厂商的设备之间可以互通；Abis 接口各设备厂商之间的定义各不相同，不能互通。

1.2.1 核心网

1. CS 域网元

（1）移动业务交换中心（MSC Server）：主要职责是链接管理。它负责所有的呼叫控制信令，例如呼叫建立、呼叫转移、位置更新、路由、切换、计费、话务统计等。同时负责“指挥”MGW。MSC Server 负责 CS 域中主叫和被叫的呼叫，响应网络用户层信令（3GPP TS 24.008），通过 Nc 接口传输呼叫控制信令，通过 Mc 接口控制 MGW。

（2）媒体网关（MGW）：同时负责来自电路交换网络的 TDM 承载和来自多媒体流网络的 IP 或 ATM 承载，例如话务交换、回音控制、铃音的广播等。它通过 Mc 接口接受来自 MSC Server 的控制信令，通过 Iu 和 Nb 接口传输控制承载。

（3）归属位置寄存器（HLR）：是一个数据库，存储管理部门用于移动客户信息的管理。每个移动客户都应该在其归属位置寄存器（HLR）注册登记。它主要存储两类信息：一是有关客户的参数；二是有关客户目前所处位置的信息，以便建立至移动台的呼叫路由。

（4）拜访位置寄存器（VLR）：是一个数据库，存储 MSC Server 处理所辖区域中 MS（拜访客户）的来话、去话呼叫所需检索的信息。例如客户的号码、位置区域、向客户提供的服务等参数。

（5）鉴权中心（AuC）：用于产生为确定移动客户的身份和对呼叫保密所需鉴权，加密的三元（随机号码 RAND、符合响应 SRES、密钥 Kc）参数。

2. PS 域网元

（1）GPRS 服务支持节点（SGSN）：SGSN 作为核心网分组域的重要组成部分，主要完成分组数据包的路由转发、移动性管理、会话管理、逻辑链路管理、鉴权和加密、话单产生和输出等功能。

（2）网关 GPRS 支持节点（GGSN）：主要是起网关作用，它可以和多种不同的数据网络连接，如 ISDN、PSPDN 和 LAN 等。GGSN 可以把 GSM 网中的 GPRS 分组数据包进行协议转换，从而可以把这些分组数据包传送到远端的 TCP/IP 或 X.25 网络。它是 GPRS 网络与外网的分界线，对内负责 Gn 网络的传输，对外是一台因特网路由器。GGSN 通过基于 IP 协议的 GPRS 骨干网与其他 GGSN 和 SGSN 相连。

1.2.2 接入网

(1) 基站控制器 (BSC): BSC 控制一组基站, 其任务是管理无线网络, 进行无线信道管理、实施呼叫和通信链路的建立和拆除, 并为本控制区内移动台的过区切换进行控制等。

(2) 基站收发器 (BTS): 负责移动信号的接收、发送处理。主要分为基带单元、射频单元和控制单元 3 部分。BTS 受控于基站控制器 (BSC), 服务于某小区的无线收发信设备, 实现 BTS 与移动台 (MS) 的空中接口功能。

1.2.3 移动终端

(1) 移动终端 (MS): 移动终端就是大家所说的手机, 它完成语音和数据的编解码、信道编解码、信息加密、信息调制和解调、信息发射和接收等功能。

(2) 客户识别卡 (SIM): SIM 卡就是大家所说的手机卡, 存有用户身份验证所需的信息, 并能执行一些与安全保密有关的交互, 防止非法用户进入网络。

第 2 章

无线传播

电磁波的形式有很多种，包括无线电波、红外线、可见光、 γ 射线等。无线电波是电磁辐射的一种形式。典型的辐射方式是由振荡电荷在发射天线上产生的。其他的形式包括超高温（核反应）、受激辐射（激光）等。无论何种形式，电磁波在根本上是由电场和磁场交替振荡而产生。例如平面行波，其电场和磁场相互垂直，同时也垂直于传播方向。电波的传播方式可由图 2-1 来表示。

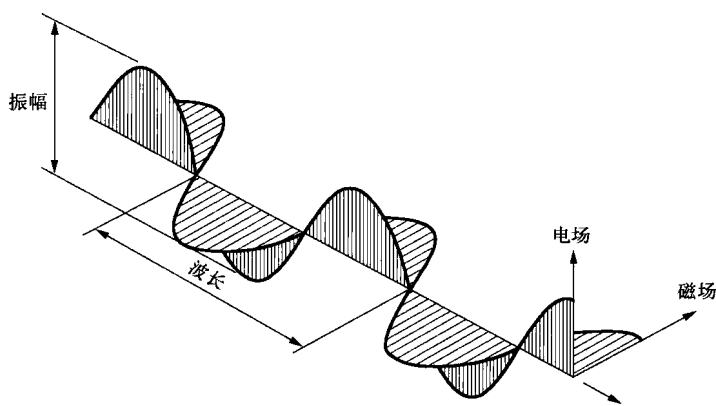


图 2-1 电波传播图

有两个参数可以描述它：波长 λ 和频率 f ，且有

$$\lambda f = c$$

传播方式随频谱的不同而不同。无线电波的频段在 $3\text{Hz} \sim 3\,000\text{GHz}$ 之间，这段频谱又分为两部分，其中部分频段如表 2-1 所示。本书中在后面研究的主要是移动电话系统所使用的 UHF 频段。

表 2-1 无线电频点表

频段名称	频段范围	传播方式	传播距离	可用带宽	干扰量	利 用
甚低频 (VLF)	$3 \sim 30\text{kHz}$	波导	数千公里	极有限	宽扩展	世界范围长距离无线电导航
低频 (LF)	$3 \sim 300\text{kHz}$	地波天波	数千公里	很有限	宽扩展	长距离无线电网航战略通信