

数字UHF技术 对比介绍

GAODIMIC® & iweex®
高德麦 & 未可思



深圳 infoSVC 睿臻信息技术服务有限公司(infoSVC 睿臻)成立于 2015 年，深圳本地 IT 技术为主营业务的高科技公司， infoSVC 睿臻具有高水平的研发实力。核心人员均来自于HUAWEI、ZTE、MTK、CEC等一线大厂资深研发或技术人员，拥有丰富产品及研发经验。

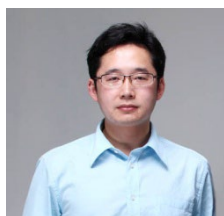


GAODIMIC® 品牌：致力于舞美专业领域无线数字音频产品的研发及生产，为音频工程、音响工程、演播行业提供端到端解决方案及专业化工程产品。



iweex® 未可思® 品牌：致力于政企领域无线数字音频产品的研发及生产，为政府、企业提供端到端解决方案及专业化数字产品，以及综合解决方案。针对行业客户个性需求，提供定制化解决方案，以及配套的软硬件开发。

介 绍



徐 惠 民

2002-2003 **湖南联通** 株洲分公司 计费&信息技术部 工程师
2003-2005 **IBM** 长沙办事处IGS技术工程师 AIX系统专家, p Series 系统专家
2005-2008 **中兴通讯** 印度工程服务处 印度东北区技术总监
2008-2011 **中兴通讯** 印度孟买处 核心网技术方案部部长
2011-2016 **中兴通讯** 总部 LTC商机管理项目经理, 全球流程架构总监, 公司业务骨干
2020-2024 **株洲时代工塑** 流程架构及IT顾问
2023-2024 **惠州仲恺区政法委** 平安办政府重点项目管理顾问组组长
2018- **睿臻信息技术** 市场总监



模 拟 音 频

A N A L O G A U D I O

FM调制技术
收音机无线技术

数 字 音 频

D I G I T A L A U D I O

AD/DA + FSK / QSK调制
移动通信无线技术

无线音频行业一定会向数字通信技术演进，
数字UHF（470MHZ~900MHZ）一定是最终技术方案

模拟音频

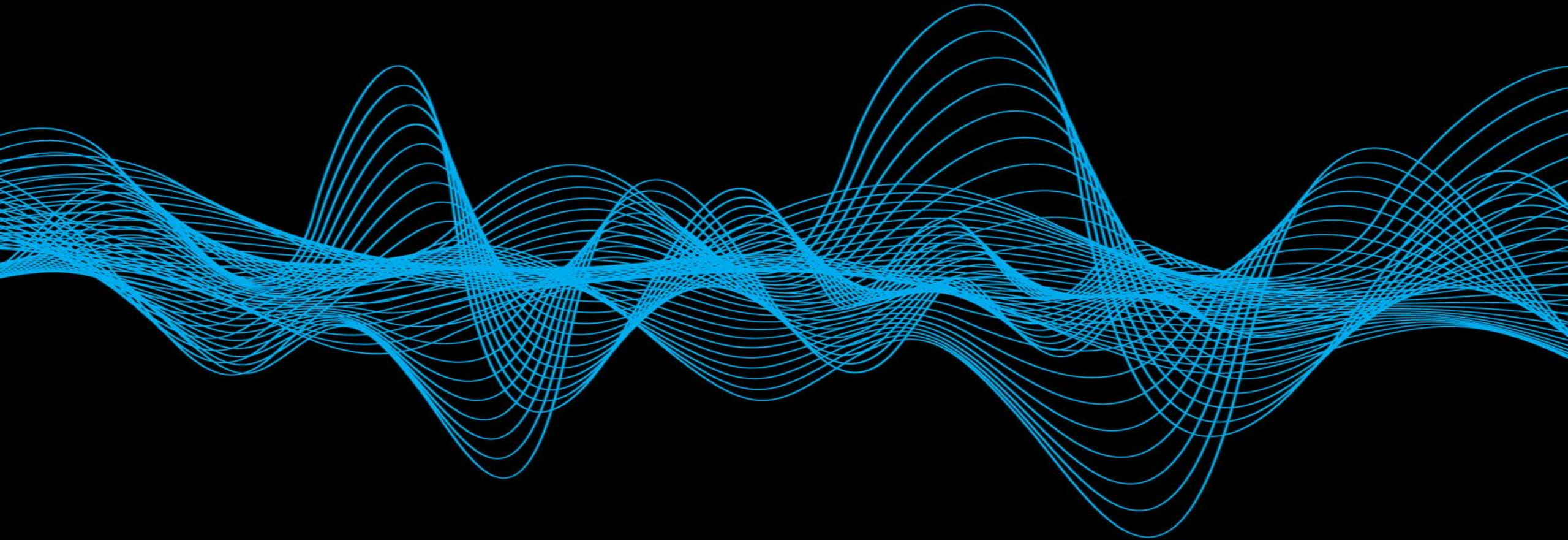
数字音频

UHF 频段

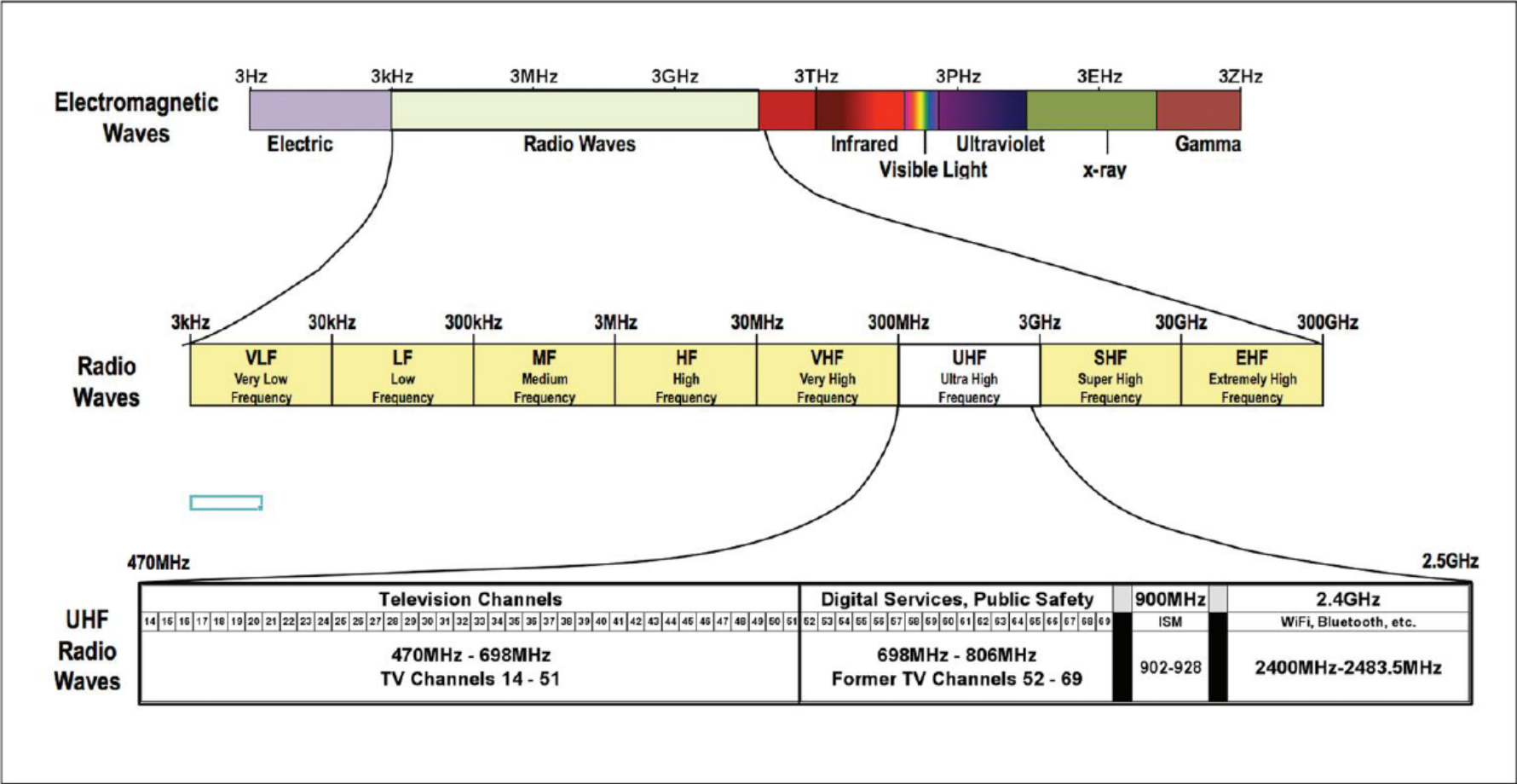
UHF 频段

2.4G/5.8G 频段

频响	高低音频段无法保证正常增益，频响范围一般局限于60Hz~15KHz	20Hz~20KHz，24bit音质，媲美有线传输。	同左
相位偏移	相位无法控制，并存在相位抖动。无法支持声场测试。	能够做到±30°相位偏差，支持声场测试。	同左
抗干扰性	容易串频干扰，如多通道并发，无法避免三阶互调。	无线环境较好，能解决串频问题。	面临大功率wifi的干扰。
音质	因为滤波衰减，一般只能保证中音部分的低损耗。	能够显示出丰富的低音，高音也会更加清脆，声音层次更丰富饱满。	同左
S/N	一般>95dB；专业级设备>110dB，行业最优>120dB。	一般>95dB；国产最优 >129dB，国际最优 >130dB。	同左
穿透性	U段穿透性较好，属于通信的黄金波段范围。	U段穿透性较好，属于通信的黄金波段范围。	2.4G/5.8G载波物理特性，穿透能力很差
空中衰减	衰减表现较好	衰减表现较好	波长太短，衰减太快
设备老化	锁相环对模拟器件要求及高，1~2年因元器件老化，调制频点漂移，声音变差。	自我校准技术，设备稳定性好，整机稳定寿命周期成倍提升。	同左
加密技术	仅存在导频加密，非常容易破解。	自带加密、（信道加密、音频加密、跳频加密）。	同左
一致性	模拟器件一致性较差。	基于集成电路的优势，生产一致性好。	同左
生产	检测环节繁琐，需要逐一校准载频电路，人工成本巨大。动态范围一般为110dB，最高只有120 dB，发射机必须灵敏度设置。	一致性高，生产测试环节简单。输入动态范围可高达134 dB，不需灵敏度设置。	同左



UHF无线频段讨论



无线电波在电磁波谱中的频率范围从 3 kHz 到 300GHz。

专业无线麦克风在无线电波的超高频范围内工作。

与TV Channel共用，海外应用规避点。

UHF 无线频段介绍

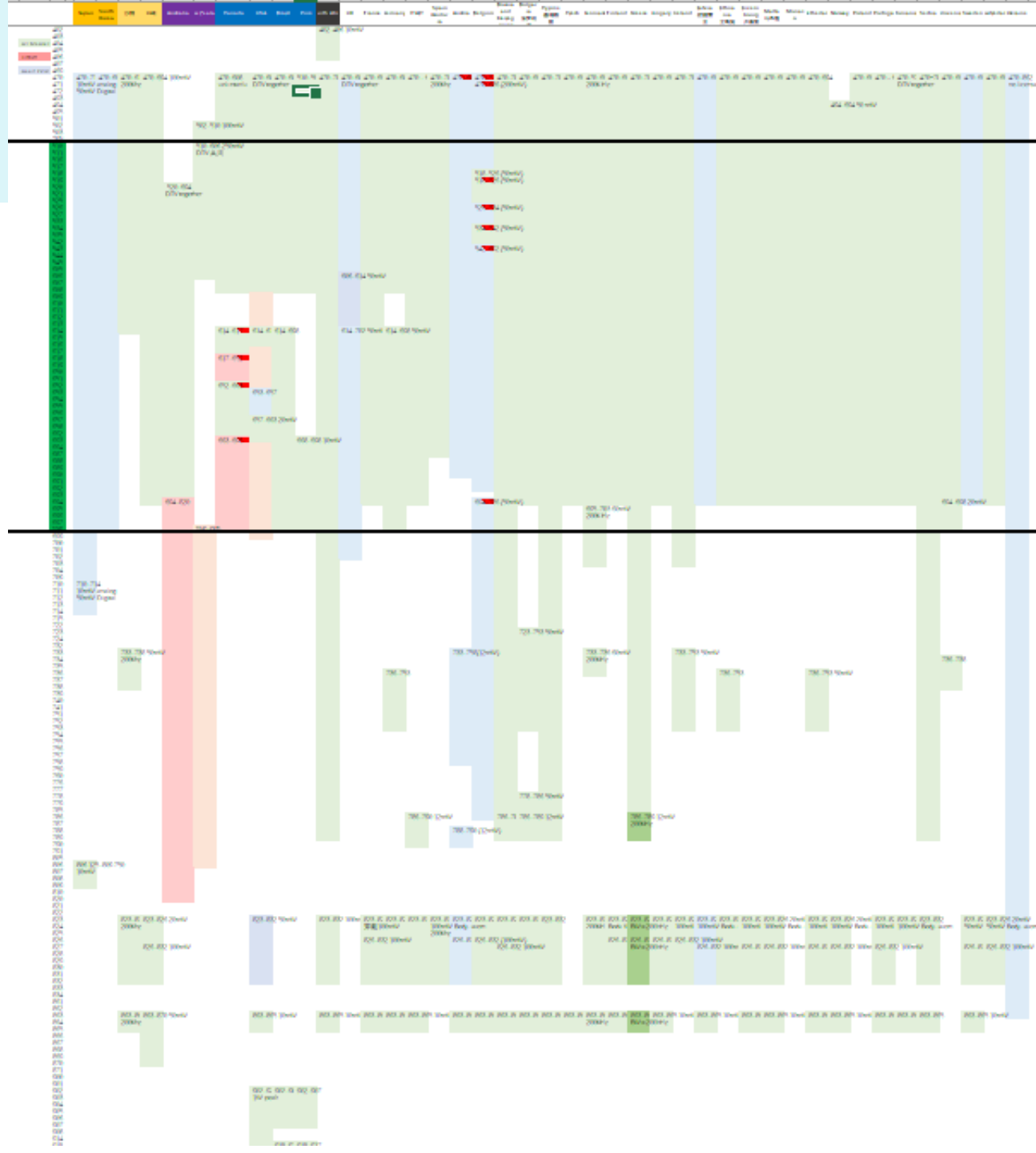
全球部分国家 可民用无线频段分布情况 (400M ~1G)。

Low interference potential devices (LIPD)低干扰电位设备
Programme Making & Special Events (PMSE)节目制作及特别活动

CEPT/ECO 提供了一个频率数据库，称为“EFIS”：

<https://efis.cept.org/>

中国回收700Mhz



波长与天线非常相关。

天线的长度通常是根据其中心工作频率的波长来决定的。频率越高，波长越短，天线也就可以做得越短。

天线往往是波长的四分之一 ($1/4\lambda$) 或者八分之五 ($5/8\lambda$) 等比例。这样的设计是为了优化天线的辐射效率和接收效果。**1/4波长**天线，通过对阵子的调整可以达到较理想的驻波比和使用效果，同时可以节省架设空间。但是这种长度的天线通常**增益较低**，不能满足某些高增益传输场景需求，这时候通常会使用**1/2波长**天线。

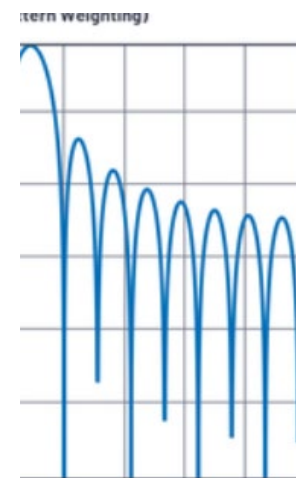
- 长波天线：极远距离通信，如长波导航系统。
- 短波天线：远距离通信，利用电离层反射特性进行超视距通信，业余无线电远程通讯。
- 中波天线：广播服务，能够覆盖较大的地理区域，尤其适合于国家级别的广播网络。
- 微波天线：卫星通信、点对点无线链路、雷达探测等领域。

无线设备研发初期时，天线规格是第一考虑因素

2.4G, 5.8G 规划安排的由来。

2.4GHz波长约为0.125米，因此常见的2.4GHz WiFi天线长度约为3厘米左右（即1/4波长）

600Mhz 波长 0.5米，5/8 天线长度0.3125, 1/2波长 0.25米



波长与无线电传播关系。

1. 衍射及穿墙能力
2. 反射、折射、绕射、散射及多径
3. 衰减情况

自由空间传播损耗

$$L_{bf} = 32.4 + 20 \lg(f_{MHz}) + 20 \lg(d_{km})$$

f为工作频率(MHz)，d为传播距离(km)。由上式可计算出，当频率或距离增加一倍时，自由空间的路径损耗会分别增加6dB（因为 $20\lg 2 \approx 6$ ）。同时，减小波长也会使路径损耗增大。

6dB代表功率增大至4倍（功率领域，如信号强度、声学）。

6dB代表功率增大至2倍（电压/电流领域）。

400-900Mhz UHF

VS

2.4G, 5.8G 红外波段 (0.3THz ~ 400THz, 0.76-1000微米) 对比

UHF在所有民用频段而言，具备不可比拟优势。

通信行业的“黄金频段”

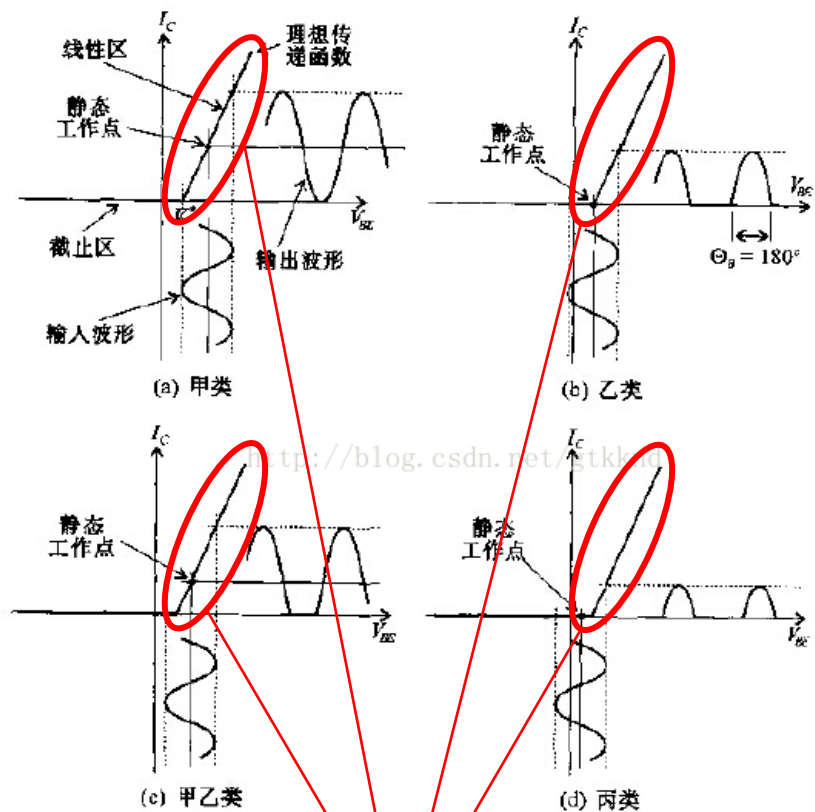
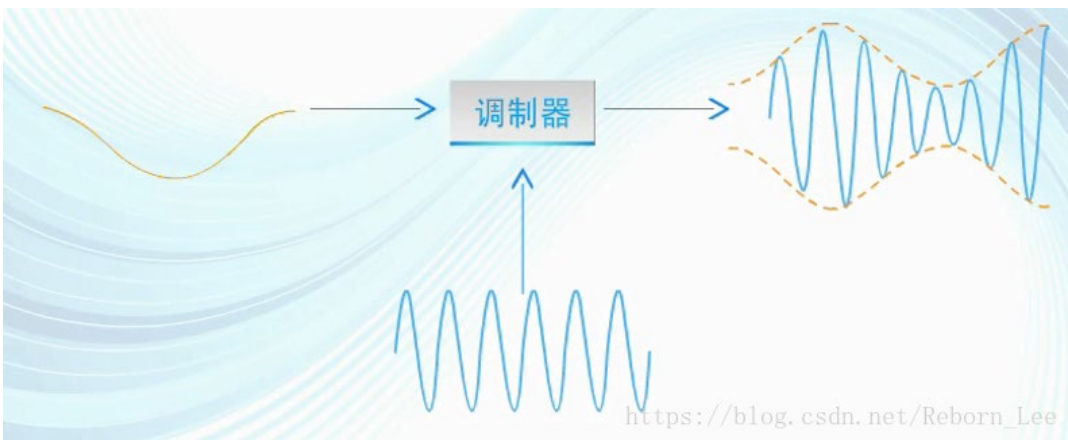
数字无线通信 VS 模拟无线通信

GAODIMIC® 数字UHF无线系统
@长沙 LANGLANG钢琴演奏会, October, 23, 2021

调制解调的原理

模拟无线通信。

本质是甲乙丙丁放大电路构建音频和载波之间的线性关系。
但是器件原因，无法做到全频段°线性关系。



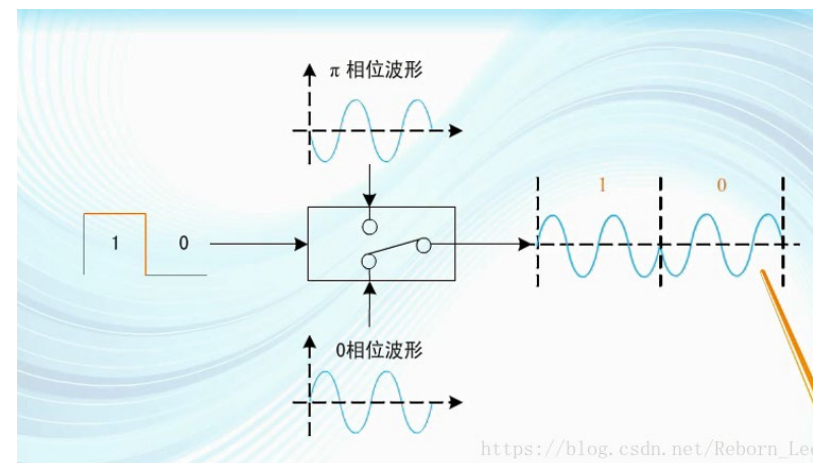
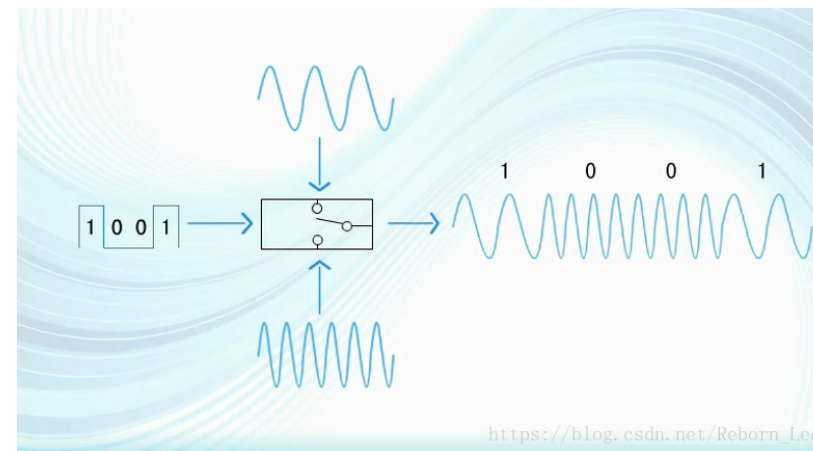
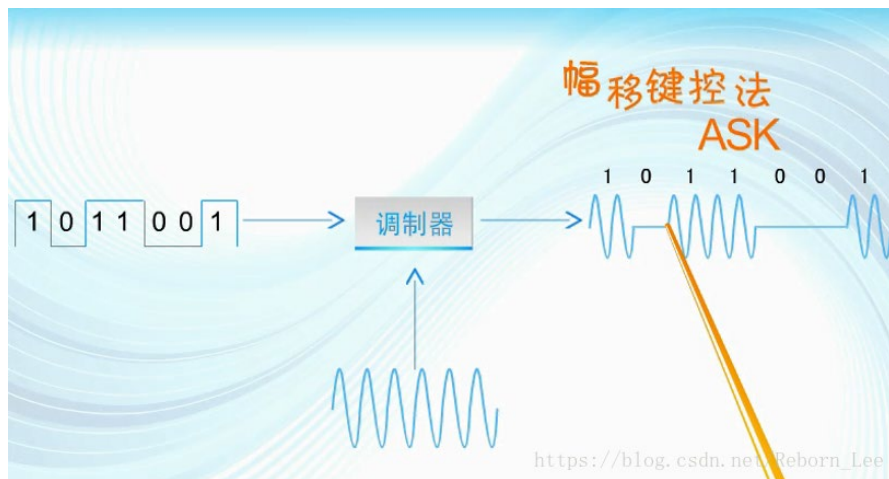
这种理想的线性关系实际中无法实现。
只能在某些频率范围内达到（很多时候还不平坦）。
这就是频率响应范围的由来。

数字无线通信 VS 模拟无线通信

调制解调的原理

数字音频无线通信。

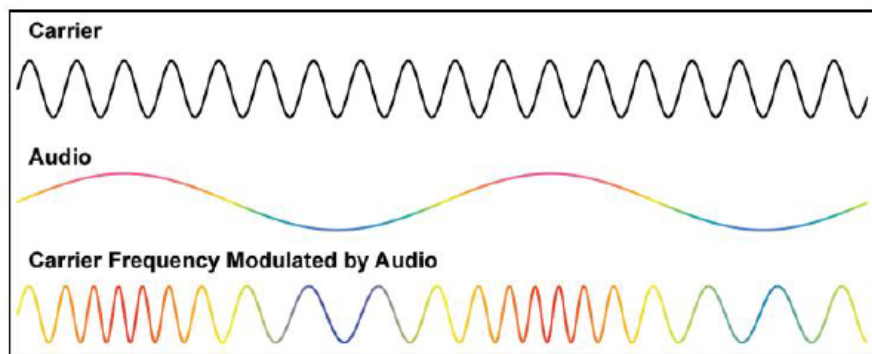
本质是传递1和0，不需要构建信号和载波之间的线性关系。



A口（空口）传输的信号

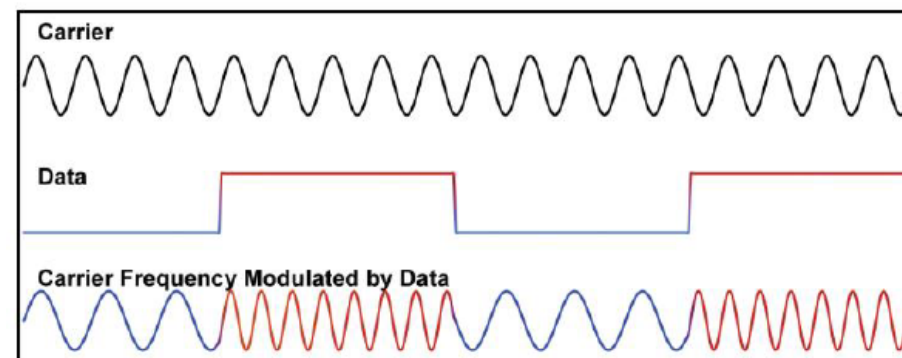
模拟无线通信。

传输模拟音频最常用的方法是调频（FM）。被传输的射频频率称为载波。该载波的频率会根据音频的幅度上下调制。



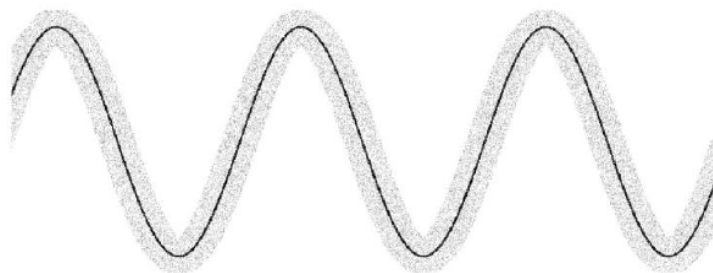
数字音频无线通信。

数字音频的传输，存在许多不同的技术，但它们的共同原理是载波的频率（有时是相位）会根据要传输的数据而改变。传输数字信号（“1”和“0”）是一种频率调制形式，称为频移键控（FSK）。载波频率发生偏移来表示一位数据，如图。



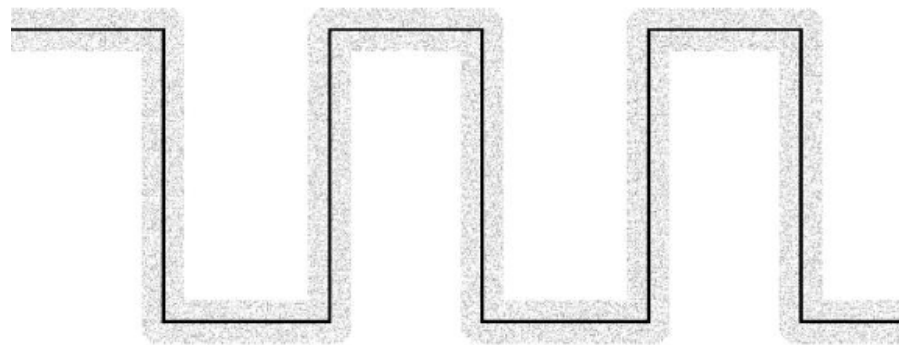
受到干扰后的信号

模拟无线通信。



噪音由此而来。

数字音频无线通信。



依旧可以很轻松的识别出1 & 0。

数字传输的优势在于能够包含额外的信息，帮助接收器判断数据是否正确。这被称为错误检测，校正位。

动态范围

动态范围定义为响度差异(单位:系统中最弱信号与最强信号之间的差异(分贝或 dB))

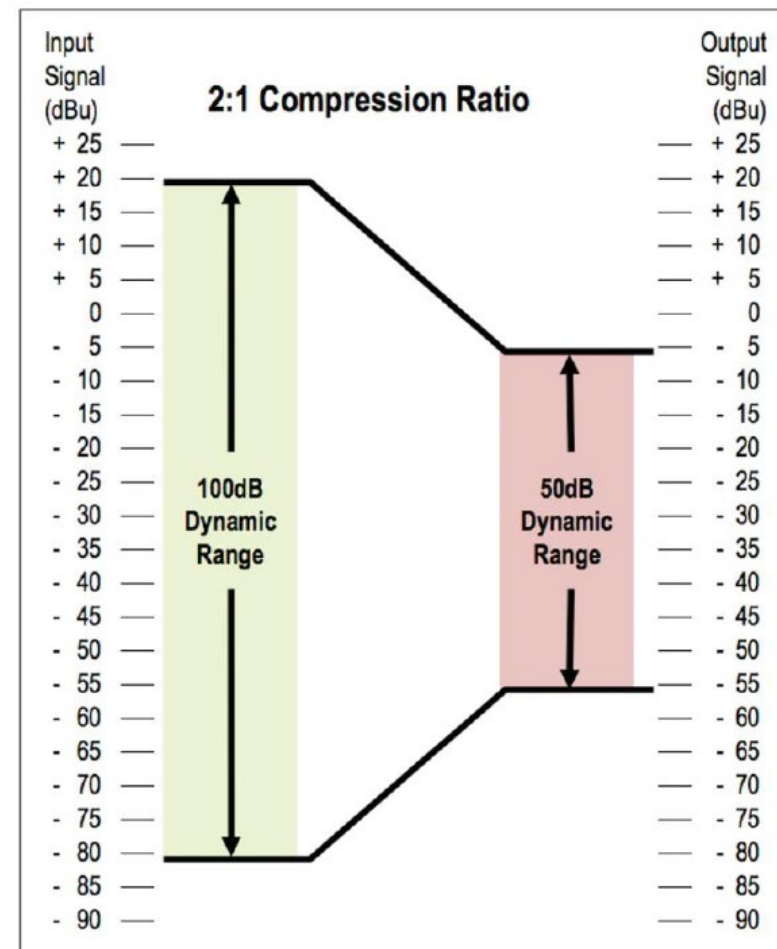
模拟无线通信。

通过调频(FM)传输的未处理音频信号的典型动态范围约为50dB。

音频动态范围与可施加于载波的频率调制量成正比,而调制量有限,因此不会与相邻频带重叠。

为了达到 100dB 的动态范围(高质量最低要求),模拟无线麦克风使用压扩技术, 将 100dB 的输入动态范围以 2:1 的比例压缩,使其保持在50dB 以内。“VGA”(可变增益放大器)实现的, 如果信号音量较大,则电平会降低;如果信号音量较小,则电平会升高,因此整体动态范围会减小。

“声波伪影” “呼吸”的声音

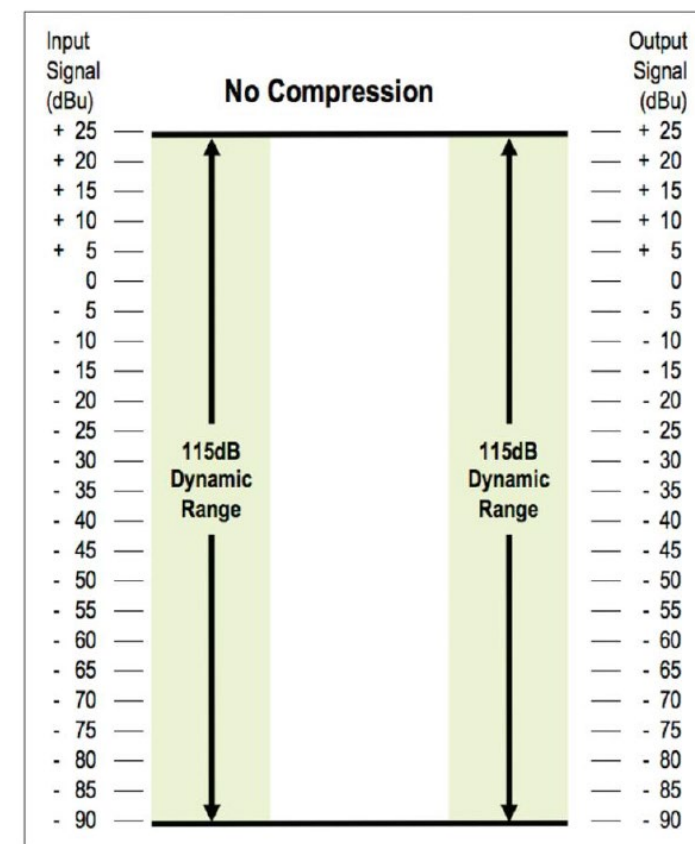


动态范围

动态范围定义为响度差异(单位:系统中最弱信号与最强信号之间的差异(分贝或 dB))

数字无线通信。

无需任何压缩或限制, 或预加重/去加重, 即可直接接收音频信号。它还能适应更宽的输入动态范围, 无需电平控制。最终, 输入信号在接收端能够精确再现。



失真度

模拟无线通信。

压扩器的本质会引入非线性，从而导致失真度增加。此外，高电平信号可能会导致过调制失真。

大多数模拟无线系统将其总谐波失真 (THD) 指定为压扩器稳定且不会发生过调制的水平。在这些条件下，THD 规格通常为0.1% 至 0.5%。

数字音频无线通信。

在数字无线系统中，失真是系统整体线性度的函数。不存在压扩器，也不存在音频过调制的可能性。总谐波失真的典型规格为 0.03%。

失真度

模拟无线通信。

压扩器的本质会引入非线性，从而导致失真度增加。此外，高电平信号可能会导致过调制失真。

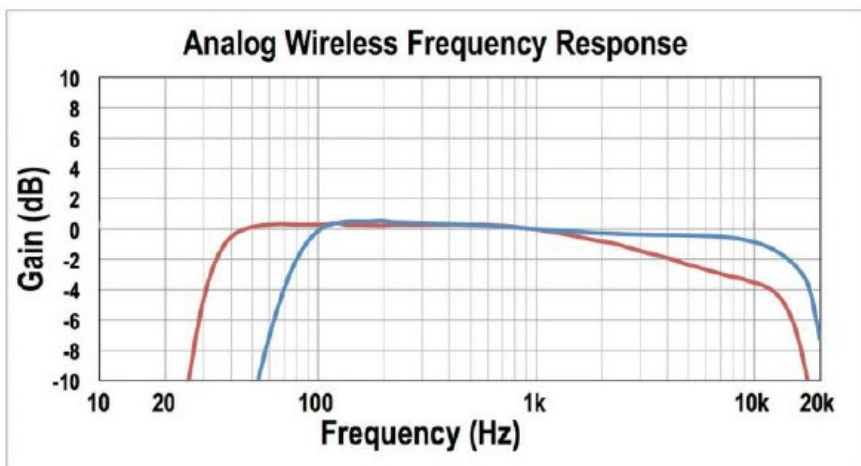
大多数模拟无线系统将其总谐波失真 (THD) 指定为压扩器稳定且不会发生过调制的水平。在这些条件下，THD 规格通常为0.1% 至 0.5%。

数字音频无线通信。

在数字无线系统中，失真是系统整体线性度的函数。不存在压扩器，也不存在音频过调制的可能性。总谐波失真的典型规格为 0.03%。

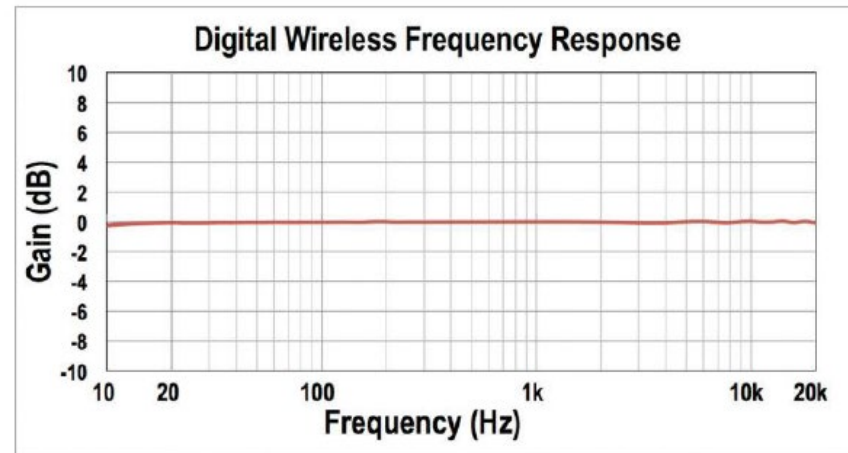
频率响应

模拟无线通信。



在低频，需要滚降可能干扰压扩电路的频率。例如，20Hz 的频率足够低，足以导致增益随波形的每个周期而变化。因此，低频被滤除。高频则受到模拟调频技术的限制，该技术通常无法产生 15kHz 以上的频率。

数字音频无线通信。



低频、高频响应是采样率的函数，而不是射频传输的任何方面的函数。

跳频 (FHSS & AFH)

解决频点自动配置，自动管理的关键技术，实现自动规避干扰的关键技术。
同时也是加密技术。

FHSS Freq. Hopping Spread Spectrum

AFH Adaptive Freq. Hopping

模拟无线通信。

靠分离式器件模拟技术无法寻求商业方案。

FM有数字电路方案，理论上可实现，但是音质不行，技术上，国内同行无人研发。

数字音频无线通信。

从FHSS 到 AFH均已经实现。

GAODIMIC 已经实现了通话过程中的AFH技术。

底噪

模拟无线通信。

线路底噪+A口的传输干扰底噪。

数字音频无线通信。

器件本地噪音。

GAODIMIC DT228 系列实现 6uV 底噪电压
监听级。

真分集的应用

模拟无线通信。

双天线+双电路 + 切换信道。

数字音频无线通信。

双天线 + 双频信道

不切换音频，而是比较来自两个接收器的数字数据，并使用检测到错误最少的那个。由于数据在两个接收器上接收和缓冲，接收器，可以连续地决定使用哪些数据，并且不会因切换而中断音频。

电路分集的意义。

老化造成的频漂

模拟无线通信。

受限于分离式器件的老化。

极易造成频漂。

老化噪音的原因。

古老的黑白电视机每次开机都会产生雪花点，需要重新微调，原因既是如此。

每次都需要微调电容，修正电容器的容值。



数字音频无线通信。

几乎不存在。

协议、信令和控制

模拟无线通信。

没有协议一说。

数字音频无线通信。

衍生出信令和协议。数字通信的精髓所在。

要实现无线控制，自动控制，算法控制必须要基于协议

TCP/IP, UDP

WIFI, Bluetooth

问题：延时

网络协议，移动通信协议都不会将延时作为最关注的重点

延时

模拟无线通信。

优异。

数字音频无线通信。

2ms

4ms

20~40ms

100ms



数字无线通信 发展动向

iweex®未可思®会议系统
@中国科学院深圳先进技术研究院

TDMA技术

抽样定理 衍生出 数字无线通信 “时隙” 概念。

Shure 已经在使用TDMA技术，6Mhz 带宽，实现 42channel *2 双向音频通信。

5G移动通信技术

存在可能。

无线通信的最重要资源是无线频率资源，绝大部分的频率资源都在电信运营商手上，未来要彻底解决音频设备的无线传输问题，一定需要利用电信运营商的频率资源。

5G移动通信，通过边缘计算技术+核心网交换网下沉技术，理论上能够实现低延时。
未来的无线话筒、调音台、音频处理器都会像手机一样需要插入SIM卡或UIM卡。

商业问题：如何计费。



THANKS!

GAODIMIC®
高德麦

iweex®
未可思

2024 GAODIMIC® & iweex® Technologies & Products.
Facebook @GAODIMIC ; Sales@infosvc.biz
www.gaodimic.com / www.iweex.cn
infoSVC Company, May, 2024



聆听世间美妙声音

Listen to the Beautiful Sounds from the World