

蓝绿激光通信实现水下双向大容量无线通信

利用光波作为传输载体的水下无线光通信 (UWOC)。水下无线通信 (UWC) 技术使海洋勘探系统得以实现, 由于 UWOC 相对于传统的射频和声波具有高带宽高速率的优势, 使其成为一种具有吸引力的可行性的替代方案。

1) 相比于射频和声波, UWOC 的优势:

- 更高的传输带宽
- 更高的数据速率
- 更低的链路延时
- 安全性高
- 成本低

2) UWOC 面对的问题

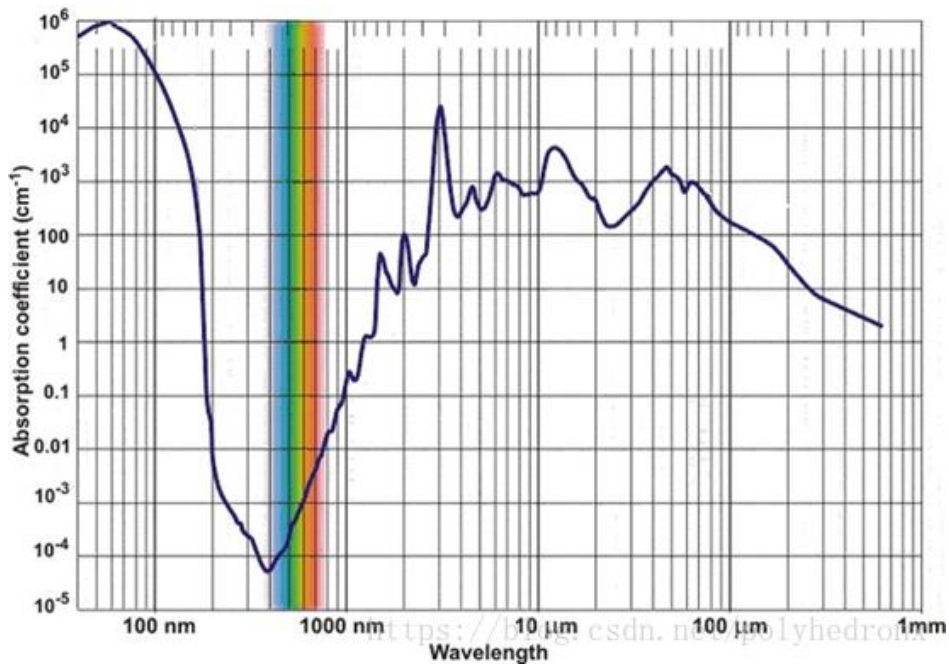
- 水吸收造成的损耗
- 光的散射
- 湍流和气泡等

3) UWOC 的应用场景

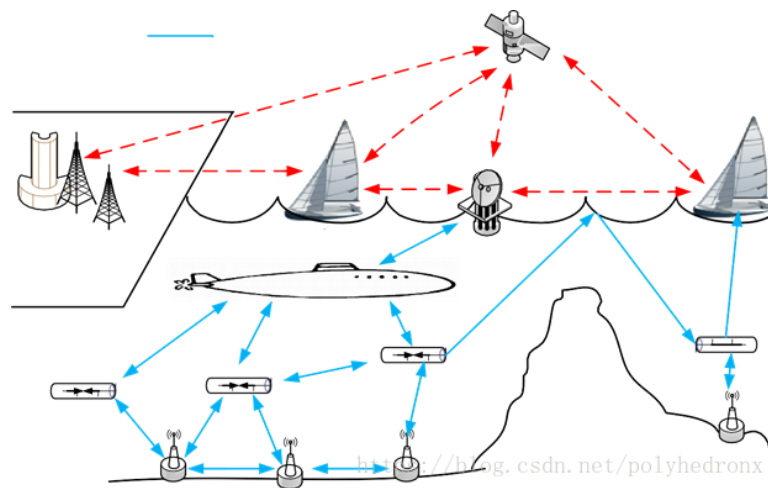
- 环境监测
- 近海勘探
- 灾害预防
- 军事行动

具体应用如潜水员之间通信, 无人驾驶水下车辆, 潜艇, 船舶和水下传感器等。

1963 年 Duntley 提出, 海水在 450nm 到 550nm 的波长上显示出相对较低的衰减特性, 对应于蓝色和绿色光谱 (如下图), 后由 Gilbert 等人通过实验证实。水中蓝绿光透射 "窗" 的存在为未来 UWOC 的发展提供了基础。UWOC 早期主要应用于军事目的, 特别是在潜艇通信中。1976 年, Karp 评估了在水下和地上(卫星)终端之间进行无线光通信的可行性。1977 年, 加利福尼亚大学的劳伦斯·利弗莫尔实验室的研究人员提出了一种从海岸到潜艇的单向光通信系统。UWOC 系统的发射机采用蓝绿光激光源产生光脉冲。由于其紧凑的结构, 它可以灵活地被陆地车辆或飞机携带。发射机还可以将其输出光束聚焦在中继卫星上, 继而将光束反射到潜艇。其他的 UWOC 测试, 如飞机到潜艇的拓扑结构, 也是由美国海军在 20 世纪 90 年代初建立的。



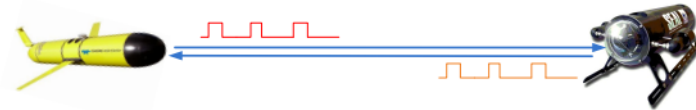
几十年来, UWOC 仍局限于军事应用。迄今为止, 只有少数有限的 UWOC 产品在 20 世纪初商业化, 例如 BlueComm UWOC 系统可以在 200m 距离上实现 20Mbps 的水下数据传输, 以及 Ambalux UWOC 系统可以在 40m 的范围内提供 10Mbps 的数据传输。为了满足人们对于海洋探测的高效高带宽数据传输的需求, 研究人员提出了水下无线传感器网络 (UWSNs) 的概念。UWSNs 的提出极大地促进了 UWOC 的发展。基本的 UWSNs 由许多分布式节点组成, 例如海底传感器、中继浮标、自主水下航行器 (AUVs) 和远程操作的水下航行器 (ROVs) (如图)。



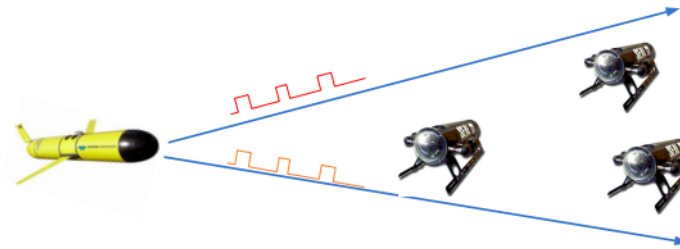
这些节点具有完成感知、处理和通信任务的能力, 维持了对水下环境的协作监控。位于海底的传感器收集数据, 并通过声学或光学链路传输到 AUVs 和 ROVs。然后, 水下机器人和 ROVs 向船只、潜艇、通信浮标和其他水下航行器传递信号。在海面上方, 陆上数据中心通过 RF 或 FSO 链路处理数据并与卫星和船舶通信。

基于 UWSNs 节点之间的链路结构, UWOC 可以划分为四类:

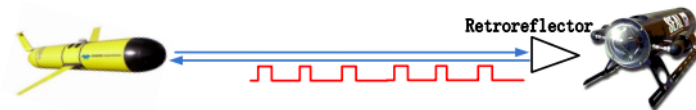
- 1) 点对点视线 (LOS) 结构
- 2) 扩散 LOS 结构
- 3) 基于逆反射的 LOS 结构
- 4) 非视线 (NLOS) 结构



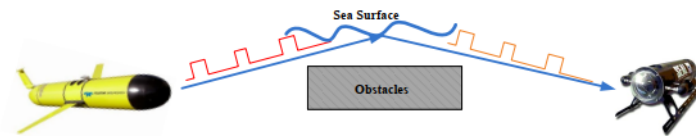
(a) Point-to-point LOS configuration.



(b) Diffused LOS configuration.



(c) Retroreflector-based LOS configuration.



(d) NLOS configuration. log.csdn.net/polyhedronx

1) 点到点 LOS 结构 (图(a)) 是 UWOC 最常用的链路结构。在点到点 LOS 结构中, 接收器检测发射器的方向上的光束。由于点对点 LOS UWOC 系统通常采用窄发散角的光源, 如激光器, 所以在发射机和接收机之间需要精确的指向。这种要求将限制 UWOC 系统在浑浊或湍流水环境中的性能, 并且当发射机和接收机是非平稳节点, 如 AUVs 和 ROVs 时, 它就成为一个严重的问题。

2) 扩散 LOS 结构采用大发散角的扩散光源, 如大功率发光二极管(LED), 实现从一个节点到多个节点的 UWOC 广播 (图(b))。广播方法可以放宽对瞄准精度的要求。然而, 与点对点 LOS 结构相比, 基于漫射光的连接由于与水的大相互作用面积而遭受水声衰减。相对短的通信距离和较低的数据速率是这种结构的两个主要限制。

3) 基于逆向反射器的 LOS 结构 (图(c)), 可以被视为点对点 LOS 结构的一种特殊实现。这种结构适用于具有有限功率和重量预算的双工 UWOC 系统, 例如水下传感器节点。在调制反向反射器链路时, 透射光从调制后向反射器反射回来。在这个过程中, 反射器对收发器响应的信息将被编码在反射光上。由于后向反射器端没有激光或其他光源, 其功耗、体积和重量将大大降低。这种结构的一个限制是发射光信号的后向散射可能干扰反射信号, 从而降

低了系统信噪比(SNR)并增加了误码率(BER)。此外，由于光信号将通过水下信道两次，接收信号将经历额外的衰减。

4) NLOS 结构 (图(d)) 克服了 LOS UWOC 的对准限制。在这种结构中，发射机以大于临界角的入射角将光束投射到海面，使得光束经历全反射。接收器应保持面向海面的方向与反射光大致平行，以确保适当的信号接收。NLOS 链路的主要挑战是由风或其他湍流源引起的随机海面波动。这些不良现象会使光反射回发射机，造成严重的信号色散。

华科博创研制的水下光通信系统，原理框图如下：

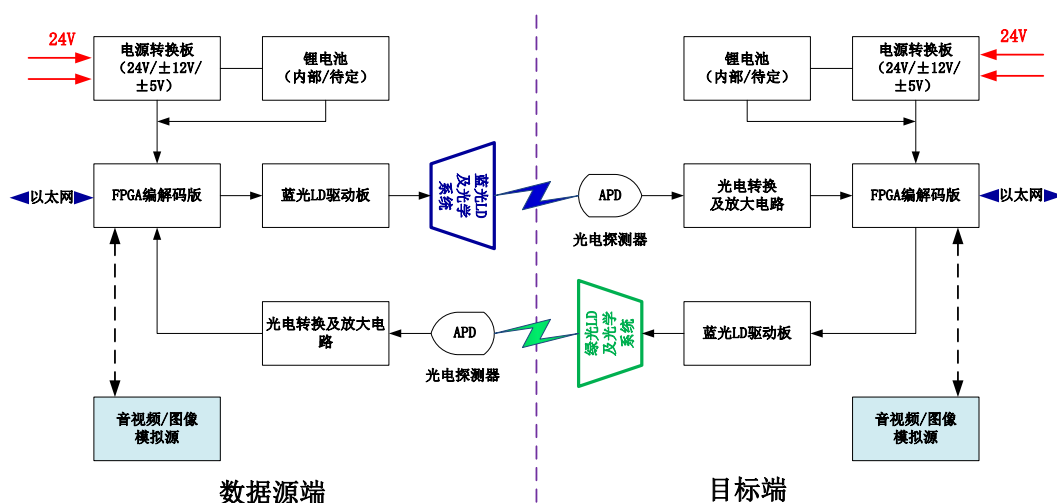


图 1、系统原理框图

实现主要技术指标：

- 1) 通信带宽：20MHz~100 MHz；
- 2) 通信距离：1m-30m（水下）、1m~1000m（自由空间）；
- 3) 通信视场角：±5°（可调整）；
- 4) 误码率：≤10⁻⁵；
- 5) 输入电压：24V；
- 6) 外形尺寸：Φ200mm×300mm；
- 7) 通信接口：网络。