

Publicaciones Científicas de Macao

Dirección: Bloque 1, 11.º piso, Edificio Hengchang, Avenida Nanwan, Macao, 999078, China

Sitio web: www.mospbs.com / moaj.mospbs.com

Para obtener más información, contacte por correo electrónico: book@mospbs.com

Esta publicación está protegida por derechos de autor. Excepto cuando se disponga lo contrario en excepciones legales o de acuerdo con las cláusulas establecidas en acuerdos de licenciamiento colectivo relevantes, cualquier reproducción de cualquier fragmento de esta publicación está estrictamente prohibida sin obtener la autorización por escrito de Macao Scientific Company.

Para obtener información detallada sobre el proceso editorial de Macao Scientific Publishers, visite amablemente nuestro sitio oficial: <https://www.mospbs.com/>

Para obtener información detallada sobre el proceso editorial de Macao Scientific Publishers, acceda amablemente a nuestro sitio oficial: <https://www.mospbs.com/>

Derechos de autor © Macao Scientific Publishers. Todos los derechos reservados.

La communication optique sans fil

Couverture rigide

Nombre de mots : 837,998 mots

Première édition : juin 2026

Publié par Macao Scientific Publishers (MOSP)

Imprimé par HanLin Publishing Group, Macao, Chine

Date d'impression : juin 2026

ISBN 978-99996-49-56-8



Si hay algún problema de calidad con este libro, póngase en contacto por correo electrónico: book@mospbs.com.

图书在版编目—建议数据

无线光通信 / 柯熙政 柯程虎 吴加丽 著. —澳门:

澳门科学出版社, 2026.06

ISBN 978-99996-49-56-8

I. ①无… II. ①柯…②柯…③吴… III. ①工业技术、无线通信

IV. ① TN929.1

依据《中国图书馆分类法》提供分类参考数据。

无线光通信

柯熙政 柯程虎 吴加丽 著

ISBN 978-99996-49-56-8

责任编辑: 彭 俊

责任校对: 陈斯若

装帧设计: 何幸宜

出版发行: 澳门科学出版社

地 址: 澳门南湾大马路恒昌大厦 11 楼 F 座

网 址: <https://www.mospbs.com>, <https://moaj.mospbs.com>

总 机: +853-62961666

印装公司: 澳门翰林出版集团有限公司

开 本: 185mm×260mm 1/16 印 张: 34.75

字 数: 838 千字 印 数: 1~3000

版 次: 2026 年 6 月第 1 版

印 次: 2026 年 6 月第 1 次印刷

如有缺损质量问题, 请联系本社销售中心。

版权所有, 违者必究

Présentation de l'auteur



Ke Xizheng

Reconocido especialista en comunicaciones ópticas inalámbricas;
académico extranjero de la Academia Rusa de Ciencias Naturales.

Ke Xizheng est un spécialiste reconnu dans le domaine des communications optiques sans fil. Il est membre étranger de l'Académie russe des sciences naturelles, professeur éminent de la province du Shaanxi, membre éminent (Fellow) de la Société chinoise d'électronique, directeur adjoint du Laboratoire clé provincial du Shaanxi pour les réseaux intelligents collaboratifs et l'intégration civilo-militaire, expert chargé de l'évaluation des Prix nationaux des sciences et technologies, ainsi que membre du groupe d'évaluation disciplinaire de la troisième Commission provinciale des grades universitaires du Shaanxi.

Depuis plus de vingt ans, il se consacre avec constance à la recherche scientifique, à la formation des talents et à l'enseignement. Depuis 2001, il a reçu vingt prix scientifiques et technologiques de niveau provincial ou ministériel et obtenu plus de cinquante brevets nationaux d'invention. Son ouvrage Communications optiques sans fil a été publié en chinois, en japonais, en arabe, en portugais et dans d'autres langues.

Il a publié plus de trente monographies chez Science Press et Springer, ainsi que plus de cinq cents articles scientifiques. Il est également membre des comités éditoriaux de plus de dix revues, dont Acta Electronica Sinica, et exerce des fonctions académiques au sein de plus de dix organisations professionnelles, parmi lesquelles la Société chinoise d'électronique. Il jouit d'une grande renommée dans les domaines de l'électronique et des sciences de l'information.



Ke Chenghu

Doctor, profesor asociado y director de tesis de maestría.

Ke Chenghu, de sexe masculin, est membre du Parti communiste chinois, titulaire d'un doctorat, professeur associé et directeur de mémoires de master. Il est administrateur exécutif et secrétaire général adjoint de la Société des alimentations électriques de la province du Shaanxi, membre de la Société d'optique du Shaanxi, expert de la banque de spécialistes de l'Association chinoise pour la promotion de la coopération économique et technologique internationale, directeur de la station de travail académique consacrée aux communications optiques sans fil et à leurs technologies de réseau de l'Université de Xi'an, ainsi que responsable de l'équipe de recherche correspondante.

Il a participé à plusieurs projets de la Fondation nationale des sciences naturelles de Chine. Il a également dirigé un projet du Programme de recherche fondamentale en sciences naturelles du Shaanxi, un projet de recherche fondamentale en sciences mathématiques et physiques du Shaanxi, un projet du Plan scientifique et technologique de Xi'an, ainsi que divers projets menés en collaboration avec des entreprises.

Il a reçu deux Prix des sciences et technologies de la province du Shaanxi et un Prix des sciences et technologies des établissements d'enseignement supérieur du Shaanxi. Il a publié vingt-neuf articles scientifiques dans des revues telles que Science China, dont dix-huit ont été indexés dans les bases de données SCI, EI et autres. Il est également l'auteur de six monographies et manuels pédagogiques publiés notamment par Science Press.

Il a dirigé trois projets étudiants d'innovation et d'entrepreneuriat de niveau provincial ou supérieur. Il a également encadré des étudiants lors de concours disciplinaires des catégories A et B, au cours desquels ceux-ci ont remporté plusieurs dizaines de prix, dont une médaille de bronze nationale au Concours international chinois de l'innovation universitaire.



Wu Jiali

Doctora en ingeniería; profesora de la Universidad de Xi'an.

Wu Jiali, née en mars 1994 à Xingping, dans la province du Shaanxi, est d'ethnie Han et membre du Parti communiste chinois. Titulaire depuis 2023 d'un doctorat en ingénierie de l'Université technologique de Xi'an, elle enseigne actuellement à l'Université de Xi'an et est membre de la Société d'optique du Shaanxi. Ses recherches portent principalement sur la transmission et la compensation des faisceaux optiques ainsi que sur l'optique adaptative.

Elle a dirigé un projet spécial du Plan scientifique et technologique de Xi'an et participé à plusieurs projets nationaux, provinciaux et industriels. Elle a publié quinze articles scientifiques, dont treize indexés par SCI ou EI, participé à la rédaction d'une monographie publiée chez Science Press, obtenu quatre brevets nationaux d'invention et enregistré deux droits d'auteur sur des logiciels.

Sous sa direction, des étudiants ont remporté le premier prix de la région du Nord-Ouest au 18^e Concours iCAN d'innovation et d'entrepreneuriat universitaire, ainsi qu'une médaille d'or provinciale au Concours international chinois de l'innovation universitaire 2024. Elle a également reçu deux premiers prix de l'Association de technologie optoélectronique du Guangdong et le Prix de la meilleure technologie lors de la 26^e Exposition internationale de l'éclairage de Guangzhou.

INTRODUCTION

La tecnología de comunicación óptica inalámbrica, que utiliza la luz como portadora de información, se caracteriza por un alto ancho de banda, baja latencia, alta velocidad de transmisión y un amplio rango espectral. Según el canal de transmisión de luz, la comunicación óptica inalámbrica se puede dividir en comunicación con luz ultravioleta, comunicación con luz visible y comunicación submarina con luz, entre otras. Sin embargo, el entorno del canal tiene un gran impacto en la transmisión de luz, por lo que cómo suprimir y compensar el impacto del entorno del canal en la transmisión de láser ha sido siempre un enfoque importante en la investigación de la comunicación óptica inalámbrica.

Este libro consta de 10 capítulos, en los que se ofrece una descripción detallada de los principios de la comunicación óptica inalámbrica. Se abordan temas como los principios de la comunicación óptica inalámbrica, la codificación y modulación de señales ópticas, las características de transmisión de diversos canales ópticos, las tecnologías de captura, alineación y seguimiento, y se explican en detalle algunos principios de la transmisión de luz coherente y las tecnologías de comunicación del futuro.

Este libro es el resultado del trabajo del autor durante su periodo como profesor honorario en la Academia de Ciencias y Artes de Xi'an, y también de la investigación realizada en la Estación de Trabajo de Académicos de Tecnología de Redes y Comunicaciones Ópticas Inalámbricas de Xi'an de la misma institución. Agradezco a la Academia de Ciencias y Artes de Xi'an por las facilidades y el apoyo brindados para la publicación exitosa de este libro.

El trabajo de investigación de este libro fue apoyado por el proyecto del Fondo Nacional de Ciencias Naturales (61377080), el proyecto de innovación industrial clave de la provincia de Shaanxi (2017 ZDCXL-GY-06-01), el proyecto del Plan de Investigación Básica de Ciencias Naturales de la provincia de Shaanxi (2024JC-YBMS-562) y el proyecto de Investigación Básica en Ciencias Matemáticas y Físicas de la provincia de Shaanxi (23JSQ024). Agradecemos su apoyo.

Agradezco a los autores de las referencias bibliográficas de este libro, así como a los investigadores que no figuran en la lista de referencias, por sus contribuciones. Su trabajo ha sido

una gran fuente de inspiración para el autor.

Debido a los limitados conocimientos del autor, es inevitable que el libro contenga imprecisiones y errores. Por favor, los lectores tengan a bien criticar y corregir estos errores.

Índice

SOBRE LOS AUTORES, I

INTRODUCTION, IV

1. Systèmes de communication optique sans fil, *1*
2. La communication par la lumière cohérente, *62*
3. Modulation, démodulation et encodage, *110*
4. Canaux atmosphériques, estimation des canaux et égalisation des canaux, *198*
5. La communication et la mise en réseau des LED à lumière blanche, *259*
6. La communication optique sous-marine, *326*
7. La communication par ultraviolet, *387*
8. Techniques de capture, de visée et de suivi, *429*
9. Transmission de la lumière partiellement cohérente, *461*
10. Les technologies de communication du futur, *509*

Systèmes de communication optique sans fil

La communication optique est un mode de communication utilisant les ondes lumineuses comme porteuses. La communication optique peut avoir ou non un guide d'ondes. La communication par fibre optique consiste à transmettre la lumière le long d'un guide d'ondes (fibre optique). La communication optique sans fil ne nécessite pas de guide d'ondes : la lumière est transmise dans l'espace libre. La communication optique sans fil, également appelée communication optique en espace libre (FSO), combine les avantages de la communication par fibre optique et de la communication par micro-ondes. Elle offre une grande capacité de communication sans nécessiter l'installation de fibres optiques ni l'obtention d'une licence de spectre. Ce chapitre présente le modèle des systèmes de communication optique sans fil et leurs concepts de base.

1.1 Modèle de communication optique sans fil

Les équipements de communication optique sans fil sont composés d'une antenne optique (téléscope), d'un émetteur-récepteur laser, d'une unité de traitement du signal, d'un système de suivi automatique, etc. La source de lumière de l'émetteur utilise un diode laser (LD, également appelé laser à semi-conducteur) ou une diode électroluminescente (LED), tandis que le récepteur utilise principalement un PIN ou un APD (diode photo-avalanche). Le modèle de communication optique sans fil est présenté à la figure 1.1.

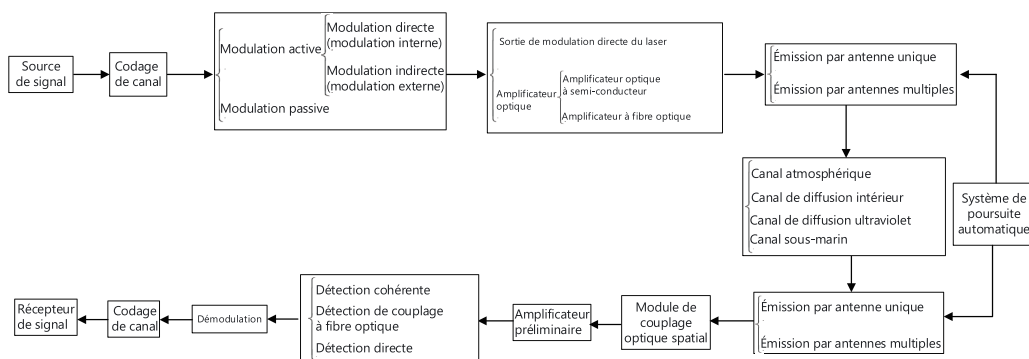


Figure 1.1 : Modèle de communication optique sans fil.

1.1.1. Émetteur

Le transmetteur module une certaine forme d'information générée par la source (telle qu'une forme d'onde variable dans le temps, des symboles numériques, etc.) sur une onde porteuse de lumière, et cette onde porteuse (appelée faisceau de lumière ou champ de lumière) est émise dans l'atmosphère ou dans l'espace libre. Le transmetteur comprend un encodeur de canal, un encodeur de source, un modulateur, un amplificateur de signal optique et une antenne d'émission.

Le processus de codage de canal consiste à insérer des éléments redondants dans le flux de données source, afin de permettre la détection et la correction des erreurs au niveau du récepteur. La réduction du taux d'erreurs est la tâche fondamentale du codage de canal. Le codage de canal a pour objectif essentiel d'améliorer la fiabilité de la communication, mais l'ajout de redondance réduit le débit des données utiles.

La modulation est un processus de transformation du signal qui consiste à modifier certaines valeurs caractéristiques du signal optique (telles que l'amplitude, la fréquence, la phase, etc.) en fonction des caractéristiques du signal codé, et à le faire évoluer de manière régulière (cette régularité étant déterminée par les caractéristiques du signal source lui-même). De cette façon, le signal optique porte les informations pertinentes du signal source. L'objectif de la modulation est de faciliter la transmission de l'information sur le canal.

La modulation peut être divisée en modulation active et modulation passive. Si la source de lumière et le signal de modulation sont tous deux situés à l'émetteur, c'est une modulation active. Si la source de lumière et le signal de modulation ne sont pas situés au même endroit, c'est une modulation passive, également appelée modulation rétro-rélectrice (MRR). Si la source d'alimentation du laser est modulée, on parle de modulation directe. Si le faisceau émis par le laser est modulé, on parle de modulation indirecte, également appelée modulation externe.

Si la distance de communication est trop grande et que la puissance lumineuse directement émise par le laser n'est pas suffisante, on utilise un amplificateur optique pour amplifier le signal lumineux. Les amplificateurs optiques peuvent être des amplificateurs optiques à semi-conducteurs ou des amplificateurs à fibre optique.

Les antennes d'émission peuvent être des antennes d'émission/réception multiples ou des antennes d'émission/réception simples. Les antennes d'émission/réception multiples peuvent atténuer l'effet du turbulence atmosphérique.

1.1.2. Récepteur

Le récepteur comprend une antenne de réception de signal optique, une unité de couplage optique-

2019

历史机遇 · 打造交流合作基地

Historic Opportunity · Build Communication And Cooperation Bases

· 粤港澳大湾区 · 发展规划纲要

解读2019年新发布《粤港澳大湾区发展规划纲要》

★★★★

大湾区规划 · Introduction

《粤港澳大湾区发展规划纲要》明确了澳门“一个中心、一个平台、一个基地”的三个定位，即：建设世界旅游休闲中心、中国与葡语国家商贸合作服务平台，**打造以中华文化为主流、多元文化共存的交流合作基地。**

It further clarified the three orientations of "one center, one platform and one base" of Macao, namely, to build a world tourism and leisure center, a business and trade cooperation service platform between China and Portuguese-speaking countries, and to build an exchange and cooperation base with Chinese culture as the mainstream and multicultural coexistence.

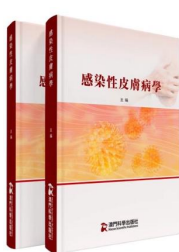


全球发行 · Publishing worldwide



由于国内自费书没有实际销售，出版社不会实际发行，属于非正式出版物，因此国内自费书绝大部分是属于非正式出版物。国际出版即便在没有销售市场的情况下也可以在海外发行上架。世界上其他地方（包括中国）的读者可以通过海外电商平台进行订购和销售。

Since there is no market for self-funded books in mainland China, mainland publishing houses will not actually issue them, so most of self-funded books in the Mainland are informal publications.



- 呼吸系統基本基礎與臨床 Fundamentals and clinic of respiratory diseases
- 臨床腫瘤護理學 Clinical oncology nursing
- 感染性皮膚病學 Infectious dermatology
- 內分泌系統疾病 Endocrine system disease



- 實用小兒內科學 Practical pediatric internal medicine
- 消化系統疾病診療學 Diagnosis and treatment of digestive system diseases
- 現代中醫診斷學 Modern diagnostics of traditional chinese medicine
- 皮膚修復與再生 Skin repair and regeneration

出版流程 · Publishing Process

出版流程快速简便，在填写基本信息、签订合同并支付费用后，IBPC将原始内容进行校对、排版及封面设计；在经过多次校对后，提交申请国际书号；可根据实际需求进行印刷和馆藏存档，最后上架发行。全程专人沟通指导，以极高性价比的方式出版属于自己的作品。

The publishing process is simple and convenient, after filling in the basic information, signing the contract and paying the fee, IBPC will conduct proofreading, typesetting and cover design. After multiple proofreading, submit the ISBN application. According to the actual needs, we will arrange printing and collection archiving, and finally put on the shelves and issued.

检索服务 · Retrieval Service

IBPC的检索服务可提供出版物国际注册文件及出版物所在地的图书馆检索证明，为作者提供证明文件支撑。同时，优秀图书将推荐至国际数据库中收录，提升出版物的认可度。

IBPC can provide retrieval service including the registration documents and the library search certificate. Meanwhile, excellent books will be recommended for inclusion in authoritative databases to enhance the recognition of publications.

销售协议 · Sales Agreement

作者签订销售合作协议后，IBPC可提供多种上架渠道，包括官网、京东、天猫、亚马逊、当当网等平台，可销售纸质印本与电子图书等形式，并按照合作协议进行利润分成。

After the author signs the sales agreement, IBPC can provide a variety of sales channels, such as the official website, JD & T-mall overseas Purchase, Amazon and other platforms, printed paper and electronic books are available, and the authors share the profits according to the sales agreement.



填写信息
Information Filling



签订合同
Contract Signing



支付费用
Payment



提交书稿
Submitting



内容校对
Proofreading
内容排版
Content Layout
封面设计
Cover Design



申请书号
ISBN Apply



印刷出版
Printing



馆藏存档
Archives



上架发行
Publication

澳门科学出版社 MOSP

“以服务青少年及青年科学才俊为己任，
打造国际性的科学技术交流平台”

正规国际出版，首选澳科出版

- 学术著作/个人作品 - 优质
- 中华“强国文化”输出战略 - 翻译后国际出版
- 数字教材 - 教材出书 & 数字化媒体上线

所有优质内容，均可申请出版减免资助。

所有澳门本土内容，均可申请出版减免资助；

澳门总部

电话：0853-62961666（澳门）

邮件：book@mospbs.com

地址：中国澳门南湾大马路恒昌大厦F座11楼

网址：www.mospbs.com（英文）| moaj.mospbs.com（中文）

特别提醒：MOSP所有业务均有出版社的正规盖章合同，
若有任何疑问，可联系出版社编辑确认。