

简讯

FAST 极端电磁静默环境下超宽带射频信号监测技术

500 m 口径球面射电望远镜 (Five-Hundred-Meter Aperture Spherical Radio Telescope, FAST) 坐落于贵州黔南的大窝凼, 是世界最大单口径、最灵敏的射电望远镜, 被誉为“中国天眼”。由于来自宇宙天体的射电信号非常微弱, 因此 FAST 对电磁环境的要求极其严格, 5 km 核心区内需要极端电磁静默。随着 FAST 科学地位和作用日益为人熟知, 该地区已成为我国重要的天文科教基地和热门景点。由于各种人为突发干扰信号, 如手机、相机等电子产品会对 FAST 稳定运行带来干扰, 因此亟需有效技术定点、定向、全频段监测, 对干扰源进行甄别, 保障装置稳定运行。2019 年 11 月初, 大连理工大学、中国科学院上海光学精密机械研究所、中国科学院国家天文台联合团队成功研制了基于光纤微波光子技术的超高灵敏度 (约 -90 dBm)、超宽带 (30 MHz~5 GHz) 射频信号监测样机, 在 FAST 台址对射频信号进行了有效监测。

如图 1(a) 所示, 定向天线接收的射频信号经微波光子射频探测单元转换至光源发出的光波上, 不同波长光波对应不同位置, 通过波分复用微波光纤传输到达监测中心, 进行光电转换、接收及数据处理。射频测量不受光源带宽及波长分辨率的限制。

微波光子射频探测单元和监测中心都进行电磁兼容性 (EMC) 屏蔽, 确保监测装置不产生辐射。

在 FAST 保护区大塘寨 (地处 5 km 核心区, 各种基站信号极端静默) 对背景射频进行了测试, 如图 1(b) 所示, 研制设备能监测到微弱的远端电信基站泄漏信号 (874.4 MHz) 和卫星电话信号 (1.605 GHz)。图 1(c) 给出了样机在 0.6~3.5 GHz 频段的接收灵敏度, 分别为 -93 dBm (电信频段), -88.5 dBm (联通频段) 和 -87.9 dBm (移动频段), 较当前已报道的微波光子射频探测设备提升了约 10 dB, 达到已知探测灵敏度的最高水平。图 1(c) 的 (i), (ii) 和 (iii) 分别给出了射频干扰源距离接收天线 5 m 处三个频段在不同方向角下的测试结果, 可看出在 $\pm 60^\circ$ 角度范围内, 研制设备实现了有效探测, 表现出良好的定向探测能力。

光纤微波光子射频信号监测技术充分发挥了光子信号处理的大带宽、低损耗传输、单向接收、无辐射、可多点复用等优势, 能较好地实现 FAST 保护区极微弱人为射频干扰的定点、定向、全频段监测, 为 FAST 装置的稳定运行提供强有力的保障 (本工作得到中国科学院科研仪器设备研制工程化开发项目的资助)。

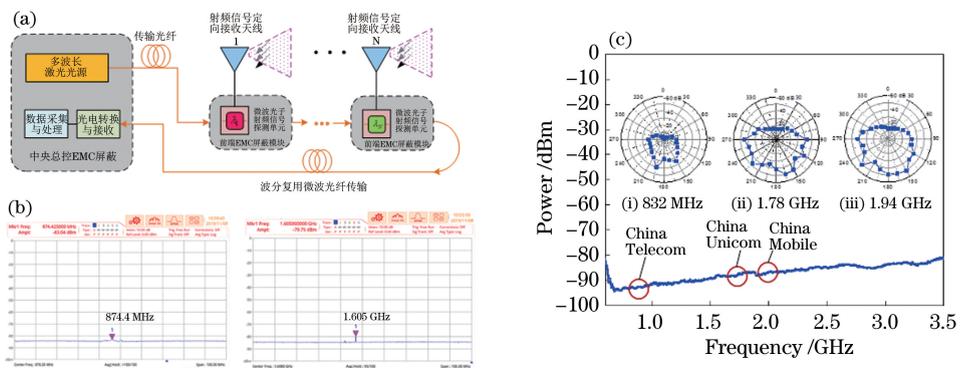


图 1 (a) 微波光子射频 (RF) 信号监测系统框图; (b) FAST 保护区大塘寨射频信号测试谱; (c) 微波光子射频信号监测灵敏度与定向探测结果

Fig. 1 (a) Diagram of microwave photonic RF signal monitoring system; (b) RF signal measurement spectrum of Datangzhai in FAST area; (c) sensitivity and direction detection results obtained by microwave photonic RF signal monitoring

韩秀友^{1*}, 吴宇伦¹, 付双林¹, 李朝¹, 赵明山¹, 叶青², 瞿荣辉², 胡浩³, 朱博勤³

¹大连理工大学光电工程与仪器科学学院, 辽宁 大连 116024;

²中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800; ³中国科学院国家天文台, 北京 100080

* E-mail: xyhan@dlut.edu.cn

收稿日期: 2019-11-28; 修回日期: 2019-12-10; 录用日期: 2019-12-13