使用新型电子式个人剂量计打造的实时远程监控系统

Real-Time Remote Monitoring System Utilizing New Electronic Personal Dosimeter

中岛 定雄 NAKASHIMA, Sadao　　前川 修 MAEKAWA, Osamu　　安部 繁 ABE, Shigeru

过去所采取的辐射暴露管理手法是：若达到事先设定的暴露剂量，则剂量计发出警报，以防止继续暴露。另一方面，实时远程监控系统可使管理者实时把握作业人员的辐射暴露剂量，以期在达到报警阈值前下达适当指示，从而防止不必要的辐射暴露。富士电机开发的新型电子式个人剂量计，可利用支持 Wi-Fi 规格的通用接入点、云服务器以及 Web 应用程序，因此可将初期投资抑制在较低水平，构建实时远程监控系统。

Conventional radiation exposure management method included sounding a dosimeter alarm when a measured value reaches a pre-set exposure dose level to prevent further exposure. Meanwhile, the real-time remote monitoring system enables managers to monitor the exposure dose of workers in real time and give workers appropriate instructions before the alarm of pre-set level is raised to prevent unnecessary exposure. The new electronic personal dosimeter developed by Fuji Electric can use cloud servers, web applications, and Wi-Fi compliant general-purpose access points, allowing it to construct a real-time remote monitoring system with low initial investment.

1 引言

富士电机致力于辐射控制解决方案的开发，尤其在面向核电站的电子式个人剂量计的市场份额方面，始终保持日本第一的地位。

为控制辐射暴露，要求作业人员必须佩带的个人剂量计有被动型和主动型 2 种。被动型个人剂量计必须每月一次，用专用仪器分析暴露剂量。与此相对，主动型个人剂量计可实时确认暴露剂量，并可通过报警动作等减少作业人员不必要的辐射暴露。

实时远程监控系统通过使用主动型个人剂量计，例如，因作业无法确认剂量计的显示时，管理者可把握辐射暴露剂量，下达适当的指示。因此，有望进一步减少辐射暴露剂量。

本稿将对利用 Wi-Fi 环境，方便导入医院、研究所、大学等机构的实时远程监控系统进行介绍。

2 实时远程监控系统

国际辐射防护委员会 (ICRP) 在 2007 年劝告中，作为重要方针提出了 ALARA (As Low As Reasonably Achievable) 的指导思想，即“在考虑经济和社会因素的条件下，所有辐射剂量都应减少到可合理达到的尽可能低的水平[1]”。为实现这一点，必须积极减少辐射暴露剂量。但过去的辐射暴露控制手法是：若达到事先设定的辐射暴露剂量，则剂量计发出报警，通知作业人员，从而防止继续暴露。因此，报警发出前的辐射不得不给以默认。

而实时远程监控系统可让管理者实时把握作业人员的辐射暴露剂量，在辐射暴露剂量达到报警阈值前下达适当指示。由此，在过去只有暴露在辐射中后才能察觉的、预计外的高剂量率场所，从作业开始前到整个作业过程，都可采取防止不必要辐射暴露的措施，如提醒注意等。在美国也有通过实时远程监控系统大幅减少了作业人员辐射暴露剂量的事例，这一系统预计今后在日本也将广泛普及。

2.1 系统构成

实时远程监控系统的典型构成是在 1 台中继器上连接约 10 台剂量计，实时将累计辐射暴露剂量和剂量率的测定数据传送到服务器上。固定型中继器通过覆盖各自覆盖的领域，对区域整体进行监控。中继器利用无线与区域内的剂量计和其他中继器通信，将数据传送到无线基站上。无线基站利用 Ethernet〈注 1〉等连接到上级网络中，传送数据。无线根据各国管制，可使用的频带有限制，开通时需登记申请，专用设备也必不可少，因此，系统导入前需要花费一定的时间和成本。为此，富士电机面向医院、研究所、大学等开发了构建利用 Wi-Fi〈注 2〉的实时远程监控系统。支持 Wi-Fi 规格的通用接入点可低价采购到，因此，可将初期投资控制在较低水平。另外，通过云服务器、Web 应用程序，无需购买新设备就能开始运用。**图 1** 中展示了使用 Wi-Fi 的系统构成例。

2.2 功能概要

利用安装在网络操作终端中的管理软件或 Web 运用程序，可对所有信息进行统一管理。可以一览表的形式确认对象区域内的剂量计、区域监测仪、摄像头的信息。

利用实时远程监控系统，不仅能实时确认作业人员的辐射暴露剂量信息、现场的剂量率信息，还能将剂量率信息反映到作业场所的地图上，确认现场的摄像头视频，向作业人员下达迅速避难或移动的指示。另外，利用可实时获取信息的优点，即使在辐射剂量异常高的场所，或本人无法确认剂量计的状态下，也能预防过度的辐射暴露。并且，通过积累

〈注 1〉Ethernet：富士施乐株式会社的商标或注册商标

〈注 2〉Wi-Fi：Wi-Fi Alliance 的商标或注册商标

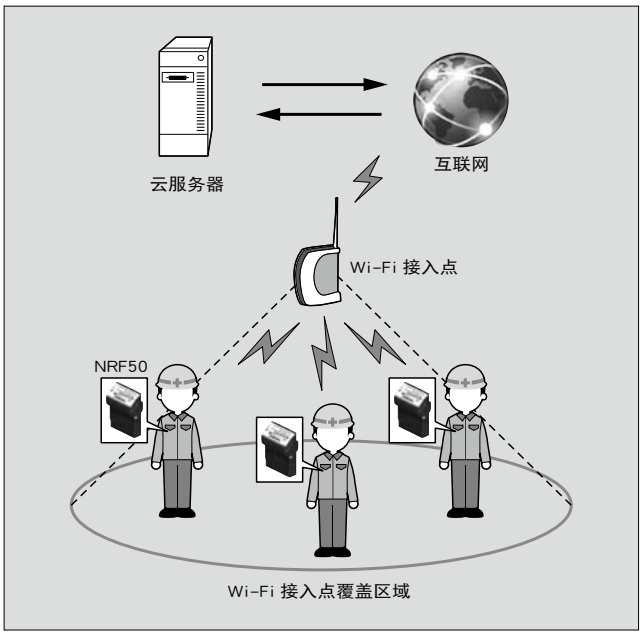

图 1　使用 Wi-Fi 的实时远程监控系统的构成例

每天的实绩数据，可帮助制定高效的作业计划，设定限制进入的区域。

2.3　新型电子式个人剂量计

富士电机开发的新型电子式个人剂量计“NRF50”是实时远程监控系统的核心测量仪，充分反映了通过过去的丰富经验而掌握的顾客需求。其主要特点是无线模块一体型结构、便于查看的大屏幕显示器和紧急呼叫按钮。

个人剂量计不仅要求测量精度，由于需要作业人员佩带使用，因此还需小型轻量化，且可长时间运行。NRF50 则凭借以下技术来满足这些要求。

(a)　将过去外接的无线模块内置化的紧凑设计

(b)　避免无线影响测量性能的传感器屏蔽设计

(c)　可在无线模块运行的状态下，不更换电池而进行 8 小时以上测量的电源电路设计和动作序列的优化

图 2 中展示了 NRF50 的外观，**表 1** 中展示了主要规格。

(1)　无线模块

过去的实时远程监控系统，是通过将无线配件安装到现有的剂量计上来并入系统中。其优点是可直接使用现有剂量计，但存在尺寸大而重的问题。因此，NRF50 不采用配件方式，而采用了将无线模块内置于主体中的一体型结构。

图 2　“NRF50”

表 1　“NRF50”的规格

项目	规格
测定的辐射种类	γ 线
检测器	硅半导体
测定范围	1 μSv～10 Sv
能源特性	±20%（50 keV～6 MeV）
方向特性	±20%（Cs-137，0～75°）
	±50%（Am-241，0～75°）
指示误差	±10%（Cs-137）
防水性能	IP65, IP67
警报音量	90～100 dB（离 30 cm 远的位置）
通信功能	电磁感应、红外线、USB、Bluetooth、900 MHz/Wi-Fi
数据保存	最多 4000 件（日期时间、累计剂量、剂量率、状态）
温度	－10～＋50℃
湿度	～95%RH
电池	5 号电池 2 个
连续工作时间 *	2500 小时以上
尺寸	W60×D29×H105（mm）
质量	约 170 g（含电池、夹子）

* 使用全新的 5 号碱性电池，无警报动作、不使用无线时

搭载的无线模块可从 Wi-Fi 或 900 MHz 无线中选择，今后我们还计划增加对其他频带无线的支持。数据发送周期可从 2 秒、4 秒、10 秒、30 秒以及 60 秒中选择。选择 Wi-Fi 模块时，也支持 WPA、WPA2、WEP 的标准加密方式。使用 2 个 5 号碱性电池时，按数据发送周期 10 秒设定，可使用 8 小时以上。

(2)　显示器

为提高可见性，针对希望数字尽可能大的需求，采用了显示区域为 W43.5×H16.3（mm）的点阵式大型 LCD。其尺寸是其他公司产品的约 2 倍。另外，还搭载了白色、红色和橙色的背光灯，通过在报警时按设定显示，让作业人员可简单地判断报警内容。

(3)　紧急呼叫按钮

作为旧产品中不具备的最大特点，就是搭载了紧急呼叫按钮。按下该按钮，可将无线遥测器发出的紧急信息发送给服务器。另外，也能从服务器向作业人员强制发送紧急报警。

2.4　应用事例

利用新型电子式个人剂量计所具备的功能，除了能借助实时远程监控系统进行辐射暴露剂量控制，还能实现更加细致的作业人员的安全管理。

(1)　作业人员身体异常的检测

由于内置有加速度传感器，因此可检测到佩带着仪器的作业人员的静止状态。另外，也能检测不知何时会发生的作业人员摔倒的情况。该仪器不仅可将以上信息作为远程监控的对象，还能应对紧急事态。

(2)　作业人员心率的监控

图 3　心跳仪

搭载了 Bluetooth〈注 3〉，可与 POLAR 公司产的心跳仪（**图 3**）连接。通过始终监控有宿疾的作业人员的心跳，可预防意外事件。

⑶　简易区域监视器

剂量计相比原本的区域监视器使用的探测器，灵敏度低。并且，校正时专门针对的是配戴在身体上状态下进行暴露剂量管理，因此，未设想将剂量计单独设置于某处来测量累计剂量或剂量率的情况。但为了检测剂量率的急速增加，也可将其用作简易区域监视器。NRF50 可通过 USB 线由外部设备供电运行，因此无需担心剩余电池量，可作为区域监测仪并入实时远程监控系统中。

3　今后的展望

目前，支持这种实时远程监控系统的机型只有“NRF50”，富士电机还计划将可测定 γ 线和中子的“NRF51”，以及可测定 γ 线和 β 线的“NRF54”作为系列产品加进产品阵容。另外，除了可在美国使用的 900 MHz 外，通过支持其他无线频带，有望在日本国内外的室外去污染作业和使用放射性物质进行恐怖袭击的对策中得到采用。另外，通过取得 CE 标志，还有望扩大在欧洲的销路。

〈注 3〉Bluetooth：Bluetooth SIG, Inc. 的商标或注册商标

4　后记

本稿介绍了使用新型电子式个人剂量计打造的实时远程监控系统。富士电机将提供包括满足客户需求的系统工程设计在内的多种解决方案。

参考文献

⑴　公益社団法人 日本アイソトープ協会. ICRP Publication 103 国際放射線防護委員会の 2007 年勧告. 2009.

中岛　定雄
从事核能相关设施的辐射测量系统的工程设计业务。现为富士电机株式会社产业基础设施事业本部产业测量仪器事业部辐射系统部主席。日本保健物理学会会员。

前川　修
从事核能相关设施的辐射测量系统的工程设计业务。现为富士电机株式会社产业基础设施事业本部产业测量仪器事业部辐射系统部课长。

安部　繁
从事核能相关设施的辐射测量系统的工程设计业务。现为富士电机株式会社产业基础设施事业本部产业测量仪器事业部辐射系统部课长助理。日本保健物理学会会员、日本核能学会会员。

富士电机

Fuji Electric

＊本刊记载的公司名称及产品，有可能是各相关公司的商标或注册商标。