

DOI: 10.11973/wsyc201704010

基于 DCMTK 的 DICONDE 文件构造生成

李志鹏¹, 王明泉^{1,2}, 张俊生^{1,2}

(1. 中北大学 信息与通信工程学院, 太原 030051;

2. 中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 太原 030051)

摘要: DICONDE 是无损检测领域数字成像与通信的国际标准, 其文件的构造生成是普及该标准的基础, 基于 DCMTK 开发库进行了相关的研究。首先在分析 DICONDE 信息模型的基础上, 给出了构造 DICONDE 的一般流程; 然后以数字 X 射线图像存储系统为例搭建了基于 DCMTK 的开发环境, 给出了详细的开发步骤; 最后用专业软件测试生成的文件。结果表明: 生成的文件均能被识别为 DICONDE 文件并正确读取图像及相关信息, 且支持中文; 基于 DCMTK 开发库降低了开发难度, 具有一定实用价值。

关键词: DICONDE; 构造生成; DCMTK; 图像存储系统

中图分类号: TP391.41; TG115.28 文献标志码: A 文章编号: 1000-6656(2017)04-0049-05

The Construction and Generation of DICONDE File Based on DCMTK

LI Zhi-peng¹, WANG Ming-quan^{1,2}, ZHANG Jun-sheng^{1,2}

(1. School of Information and Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China;

2. Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement, Ministry of Education, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: DICONDE as an international standard for digital imaging and communications in Nondestructive Evaluation, the construction and generation of its file is basis of generalizing the standard and the relative research was carried out based on DCMTK. Firstly, based on careful analysis of the information model of DICONDE, the constructing procedure of DICONDE was given. Then, taking the storage system of digital X-ray image as example, the developing environment based on DCMTK was set up and the detailed developing procedure was given. At last, the generated files were tested by professional software. The result showed that the generated files could be identified as DICONDE file, and the image and other information in the files were read correctly. In addition, it also supported Chinese. Besides, the way based on DCMTK was easier to develop and had some practical value.

Key words: DICONDE; Construction and generation; DCMTK; Image storage system

DICONDE (Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation) 是为方便无损检测领域厂商和用户共享数据逐步发展起来的标准, 其衍生于广泛使用的 DICOM (Digital Imaging and

Communications in Medicine) 标准^[1]。本质上讲, 其是一个允许图像和其相关信息(组件、研究、设备、缺陷等)存储在一起的系统。

DICONDE 文件的生成存储是普及该标准的基础, 并引起了无损检测行业的重视, 如我国 2015 年 9 月 1 日起实施的关于承压设备无损检测的行业标准(NB/T 47013.11—2015《承压设备无损检测 第 11 部分: X 射线数字成像检测》)对图像存储有“存储格式宜按照 DICONDE 格式执行”的说明。在此背景下, 对 DICONDE 文件的构造生成做了研究。

如果从头开始理解 DICONDE 标准, 然后完全

收稿日期: 2016-07-11

基金项目: 国家重大仪器专项资助项目(2013YQ240803); 山西省科技攻关资助项目(20140321010-02); 中北大学研究生科技基金资助课题(20151238)

作者简介: 李志鹏(1991—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为无损检测 DR 软件系统, 图像处理。

通信作者: 李志鹏, E-mail: 969011231@qq.com。

自行编写代码来实现这些标准,是一件工程浩大的事情。德国 OFFIS 公司开发的 DCMTK(DICOM Toolkit)开发库,为使用者提供了实现 DICONDE 标准的一个平台,使得使用者可以在它的基础上轻松地完成自己的主要工作,而不必把太多的精力放在实现 DICONDE 标准的细节问题上。笔者基于 DCMTK 开发库,给出了构造 DICONDE 的一般流程,实现了对 DICONDE 文件的宏观设计;并以数字 X 射线图像存储系统为例,搭建了基于 DCMTK 开发库的开发环境,简便地构造生成了 DICONDE 文件。

1 DICONDE 的构造流程及文件结构

1.1 DICONDE 的信息模型

1.1.1 基本结构

DICONDE 信息模型定义了与无损检测图像通信相关信息的组织结构,其基本组织结构如下:

信息对象定义(IOD, Information Object Definition):对现实世界中无损检测实体的面向对象的抽象,对一类具有共同属性实体的抽象。IOD 由多个信息模块组成,每个模块又由多个属性组成,如此构成树状结构。例如数字 X 射线(DX, Digital X-ray)图像 IOD 包含组件、组件研究、无损检测设备模块,其中组件模块包含组件名称、材料名称、厚度等属性^[2]。IOD 分为两类^[3]:标准 IOD,只包含 DICONDE 信息模型中单个实体的信息;复合 IOD,包含了 DICONDE 信息模型中多个实体的部分信息。

DIMSE(DICOM Message Service Element)服务是针对 IOD 对象所能进行的各种操作的抽象。DIMSE 服务分为两类:DIMSE-N 服务,只适用于标准 IOD;DIMSE-C 服务,只适用于复合 IOD。复合服务包括验证服务、存档服务、取文档服务、查询服务、文档移动服务^[4]。DIMSE 服务组由一组 DIMSE 服务或者介质存储服务组成。

服务对象对类(SOP, Service-Object Pair):由 IOD 和相关的 DIMSE 服务组一对一配对组成。DICONDE 信息模型中的 SOP 类相当于面向对象中对象的类,属性相当于对象的成员变量,服务组相当于对象的成员函数。

服务类(Service Class):由一至多个 SOP 组成。DICONDE 共定义了 8 个服务类,其中 4 个是复合服务类,另 4 个是标准服务类。复合服务类中存储

服务类可以提供基本传输和存储图像的服务。

1.1.2 结构关系

DICONDE 信息模型中主要结构之间的关系^[5]如图 1 所示。每个服务类指定了多个服务对象对类(SOP 类),每个 SOP 类又由一个服务组和一个 IOD 组成。该服务组应用于该 IOD 上,类似于面向对象技术中类的成员函数和成员变量的关系。每个服务组是一组 DIMSE 服务或者介质存储服务,每个 IOD 包含了多个属性。

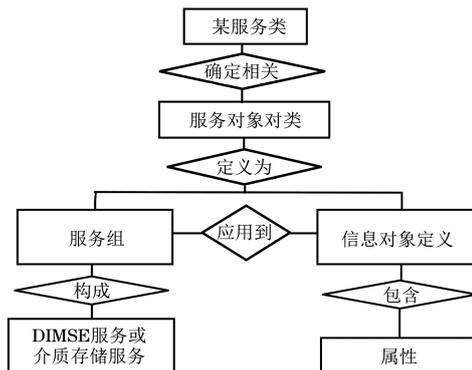


图 1 DICONDE 信息模型中主要结构的关系

1.2 DICONDE 的构造流程

从上面的信息模型可知,要实现一定的功能,首先要选择能提供该操作的服务类。该服务类和多个 SOP 类相关,使用者可从中选择所需要的 SOP 类。一旦 SOP 类选定,相应的 IOD 和 DIMSE 服务也就可以确定;然后就可给相应的属性赋值,使用 DIMSE 服务或介质存储服务来完成相应的操作。

以数字 X 射线图像存储系统为例,首先选定存储服务类,由于系统使用的是用于呈现的 X 射线数字图像,所以选定用于呈现的数字 X 射线图像存储 SOP 类。接下来对相应的 DX 图像 IOD 中的属性进行确定,同时确定要使用的介质存储服务。根据这个模型可以方便地选择所要使用的各个相关信息来完成所需的功能。

1.3 DICONDE 文件的结构

DICONDE 标准允许将数据的传输结果存成 DICONDE 文件的形式,典型的 DICONDE 文件结构如图 2 所示。其由以下部分组成:① 导言。共 128 个字节,可将文件的有关说明放在导言中。



图 2 DICONDE 文件的结构

② 前缀。4 个字节,规定为“D”、“I”、“C”、“M”共 4 个字符。③ 数据元素。一般会有很多组数据元素,每个数据元素对应一个 IOD 的属性。

每个数据元素具有以下的统一格式和内容:

① 标识符。其是占 4 个字节的无符号整数,前两个字节是组号,后两个字节是元素号,十六进制下格式是(gggg,eeee)。其中组号表明这个数据元素属于哪个数据组,而元素号用于区分同一组中的不同数据元素;组号和元素号组成的标识符唯一表示一个特定的数据元素,数据字典就是依据标识符来检索不同数据的^[6]。② 数据类型(VR, Value Representation)。其占用 2 个字节,规定了数据元素的数据类型和格式,VR 根据不同的传输语法可以省略。③ 数据长度。其指定数据的长度,占 2 个字节或 4 个字节。DICONDE 标准规定数据长度必须是偶数,不足时要补齐。④ 数据。该数据元素所代表属性的实际值,必须包含偶数个字节。

数据元素中一组组号为 2 的数据元素被称为元信息,其决定了 DICONDE 文件的传输语法,提供了介质存储 SOP 类 UID(Unique Identifier)、介质存储 SOP 类实例 UID、实现类 UID 等重要信息。紧随文件元信息之后的是数据集,它是很多数据元素的集合,也是 DICONDE 文件构造的重点。整体来看数据集主要包括组件、研究、序列、设备等信息模块及相应的属性,其中标签为(7FE0, 0010)的数据元素是用来存放图像的像素数据的。

2 实现的过程与结果

以数字 X 射线图像存储系统为例,基于 DCMTK 开发库实现 DICONDE 文件的构造生成。

2.1 搭建开发环境

以使用广泛的 VC++ 语言进行开发,开发环境为配置 DCMTK 3.6.0 开发库的 Visual Studio 2013 (VS 2013)。搭建过程如下:

2.1.1 准备工作

(1) 首先下载 DCMTK 3.6.0 源码,并根据工程的运行库属性 MT(Multi-threaded)或 MD(Multi-threaded DLL)类型下载源码编译用的支持库。文中用的是 MD 类型的支持库。

(2) 下载并安装跨平台编译工具 CMake,用于将 DCMTK 源码在自定义配置下生成 VS 2013 工程。文中用的 CMake 版本为 3.3.1。

(3) 为避免 2.1.3(1)中由于支持库编译器版本较

老而出现关于“SAFESEH image”的错误,在一个现有的 VS 2013 工程下,将默认用户属性页 Microsoft.Cpp.Win32.user 中 linker/advanced/Image has Safe Exception Handlers 选项设为 No (/SAFESEH:NO)^[7]。

2.1.2 CMake 编译生成 VS 工程

(1) 将源码文件里 CMakeLists.txt(CMake 默认配置文件)中的“/MT”替换为“/MD”,“/MTd”替换为“/MDd”^[8]。

(2) 打开 CMake 程序,“where is the source code”选择到源码路径,“where to build the binaries”选择到存放生成工程的文件路径。

(3) 在“Configure”里配置相应的编译器,等待初次配置完成后,在红色的配置区勾选上编译使用的支持库及库文件路径,如图 3 所示。

(4) 再次点击“Configure”,等待配置完成,点击“Generate”即生成相应的 VS 2013 工程。

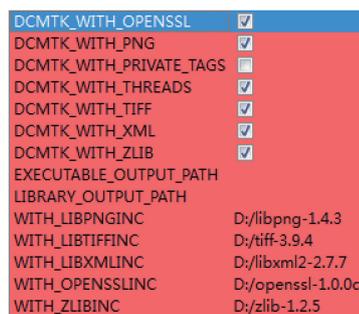


图 3 CMake 中配置支持库

2.1.3 VS 编译生成开发库

(1) 打开上述生成文件里的 VS 工程 DCMTK.sln,然后选择“ALL_BUILD”子工程并编译,成功后选择“INSTALL”子工程并编译,则会生成 DICONDE 开发所需的 include、lib、bin 等开发库文件(生成默认路径为 C:\Program Files\DCMTK)。

(2) 补充 zlib 库文件。由于 zlib 库文件是成功编译 DCMTK 工程必须的文件,而上述生成的 lib 文件里没有此库文件,故要补充。将 zlib-1.2.5 支持库文件里的 zlib_d.lib 或 zlib_o.lib(_d 和 _o 分别对应 Debug 和 Release 模式)复制到(1)中生成的 lib 文件夹下即可。

2.1.4 为新工程配置开发库

新建 VS 工程,在工程属性页下 VC++ Directories 里的 Include Directories 和 Library Directories 栏添加生成开发库里的 include、lib 文件的路径。在 Linker/Input 里的 Additional Dependencies

栏添加依赖项：wscok32.lib、netapi32.lib、ofstd.lib、oflog.lib、dcmdata.lib、zlib_d.lib、dcmimgle.lib (Debug 模式)。

2.2 实现步骤

(1) 实例化操作文件的变量

DCMTK 开发库中处理 DICONDE 文件格式 (含元信息) 的类是 DcmFileFormat, 由其可方便获得处理文件中元信息部分的类 DcmMetaInfo 和数据集部分的类 DcmDataset, 进而借助相关成员函数写入相应的数据元素。关键代码如下:

```
DcmFileFormat fileformat;
DcmMetaInfo * metaInfo = fileformat.getMetaInfo ();
DcmDataset * dataset = fileformat.getDataset ();
```

(2) 写元信息

写元信息主要是指指定介质存储 SOP 类和传输语法。例子的目的是存储用于呈现的数字 X 射线图像, 因此介质存储 SOP 类选择用于呈现的数字 X 射线图像存储 SOP 类。

传输语法标志了数据集编码方式的不同。DICONDE 标准支持多种编码方式, 包括压缩和未压缩两类。未压缩编码常用的有三种: 隐式 VR 小端 (默认)、显式 VR 小端和显式 VR 大端^[9]。元信息中的数据元素编码不受传输语法的影响, 始终为显式 VR 小端。

显式 VR 和隐式 VR 下不同的数据元素如图 4 所示 (图中单位为字节), 可以看出隐式 VR 下数据元素的 VR 将被省略, 而显式 VR 下数据元素中必须有 VR, 用以显式说明数据的类型。大端、小端指的是数字存储时的字节顺序, 不同的计算机存放多字节值的顺序不同, 有些情况下在起始地址存放低位字节 (小端), 另外一些情况下则存放高位字节 (大端)。例如十进制数 65280 小端存储的十六进制形式为 0x00FF, 而大端存储的十六进制形式为 0xFF00。

不同的传输语法生成的 DICONDE 文件数据元

组号	元素号	VR	预留	数据长度	数据域
2	2	2	2	4	数据长度定

(a) 显式 VR 下 VR 类型为 OB, OD, OF, OL, OW, SQ, UC, UR, UT 或 UN 的数据元素

组号	元素号	VR	数据长度	数据域
2	2	2	2	数据长度定

(b) 显式 VR 下 VR 为 (a) 中类型之外的数据元素

组号	元素号	数据长度	数据域
2	2	4	数据长度定

(c) 隐式 VR 下的数据元素

图 4 显式 VR 和隐式 VR 下的数据元素

素的结构有差异, 读取 DICONDE 文件时自然也存在差异。编码方式是隐式 VR 时, 需要通过数据字典来获得该标签对应数据元素的值类型; 当编码方式是显示 VR 时, 可以直接读取标签后的 2 字节数据, 该数据就是 VR。基于 DCMTK 开发库, 数据元素的写和读只需指定好标签和要写入的值或存读取数据的变量即可, 较简便。文章传输语法使用默认的传输语法——隐式 VR 小端类型。

关键代码如下:

```
metaInfo->putAndInsertString (DCM_Media
StorageSOPClassUID, UID_DigitalXRayImage
StorageForPresentation); // 指定介质存储 SOP 类
UID
metaInfo->putAndInsertString (DCM_Transfer
SyntaxUID, UID_LittleEndianImplicitTransfer
Syntax); // 默认的传输语法
```

函数中的参数均是宏定义, 第一个参数 (以 DCM 开头) 指明了要写入数据元素的标签号, 第二个参数 (以 UID 开头) 则唯一地标识相关内容。如 DCM_TransferSyntaxUID 等价于 DcmTagKey (0x0002, 0x0010), UID_LittleEndianImplicitTransferSyntax 对应的标识为“1.2.840.10008.1.2”。

(3) 写数据集

写数据集是构造生成的重点, 主要是指指定组件、研究、设备等信息模块及相应的属性。文章总结了 DICONDE 文件数据集中常用的重要数据元素 (见表 1), 并对复杂的数据元素作了额外说明。

表 1 数据集中常用的重要数据元素

标签号	标签名	说明
(0008,0005)	Specific Character Set	特殊字符集, 详见文中说明
(0018,1020)	Software Versions	软件版本, 详见文中说明
(0028,0002)	Samples Per Pixel	图像通道数如灰度图值为 1
(0028,0004)	Photometric Interpretation	像素显示方法, 详见文中说明
(0028,0010)	Rows	图像的行数
(0028,0011)	Columns	图像的列数
(0028,0100)	Bits Allocated	每像素分配的位数
(0028,0101)	Bits Stored	每像素实际存储位数
(0028,0102)	High Bit	最高位字节
(0028,0103)	Pixel Representation	像素数据类型, 详见文中说明
(0028,1050)	Window Center	像素取样的窗位
(0028,1051)	Window Width	像素取样的窗宽
(7FE0,0010)	Pixel Data	像素数据

(0008,0005), Specific Character Set :表示文件中所采用的字符集。当该标签未出现时,缺省字符集 ISO-IR6 将被使用。为了让 DICONDE 文件支持中文,需要将该标签的值设置为“GB18030”,表示使用 GB18030 字符集。

(0018,1020), Software Versions :是一个多值数据元素。常用来区分 DICONDE 文件和 DICOM 文件及具体版本,如果有其他软件版本要存储在该属性内,此时 DICONDE 的版本一定要存储在第一个位置^[10]。

(0028,0004), Photometric Interpretation :表示如何根据像素数据来显示图像。常用的值有 MONOCHROME 1、MONOCHROME 2 和 RGB。当值为 MONOCHROME 1 时,表示像素数据是一个灰度图像,像素数据中最小的值将显示为白色。当值为 MONOCHROME 2 时,表示像素数据是一个灰度图像,像素数据中最小的值将显示为黑色。当值为 RGB 时,表示像素数据是一个 RGB 图,像素数据中的最小值将显示为该颜色的最小强度。

(0028,0103), Pixel Representation :表示像素取样值的数据类型。为 0 时表示用无符号整数表示像素取样值点,为 1 时表示用有符号整数表示像素取样值点。

实现上以写组件模块中常用属性和写像素数据为例,关键代码如下:

```
dataset-> putAndInsertString ( DcmTagKey
(0x0010, 0x0010), “轮毂轮盘”); // 组件名称
dataset-> putAndInsertString ( DcmTagKey
(0x0010, 0x0020), "LP20160322-011"); // 组件编号
dataset-> putAndInsertString ( DcmTagKey
(0x0010, 0x0030), "20160322"); // 生产日期
dataset-> putAndInsertString ( DcmTagKey
(0x0010, 0x2160), "铝合金"); // 材料
dataset-> putAndInsertUint8Array ( DCM _
PixelData, p8, width * height)。 // p8 指向 8 位无
符号整数图像数据
```

(4) 生成文件

借助 DcmFileFormat 类的成员函数 saveFile 指定好存储路径及文件名和编码方式(传输语法),即可方便地生成 DICONDE 文件。关键代码如下:

```
fileformat.saveFile (“E: \\ Test. dcm”, EXS _
LittleEndianImplicit)。
```

2.3 结果及分析

使用 PowerDiconde v4.9.1 试用版和 ISee v 1.11.1 对上述生成的 DICONDE 文件进行读取测试。PowerDiconde 是德国 MHGS 公司针对材料检测的检验员及工程师等研发的软件,能对 DICONDE 文件信息头和图像进行浏览、编辑和分析^[11]。ISee 是德国联邦材料研究和检测中心研发的射线图像分析软件,它不仅是一个强大的看图软件,而且更擅长于图像分析,如各种测量,高位高分辨率图像的归档^[12]。

图 5 所示为 PowerDiconde 下读取的部分信息头,可以看到标签号(0010,0010)的数据元素标签名为“Component Name”,并不是 DICOM 文件中的“Patient Name”,说明文中生成的确实是 DICONDE 文件。此外材料名称(Material Name)属性的值为“铝合金”,说明了生成的 DICONDE 文件使用的是中文字符集。图 6 展示了 ISee 下读取的图像数据,其为某轮毂轮盘的数字 X 射线图像。

```
0010,0010 Component Name    PN 1  Masked by an unr
0010,0020 Component ID Number LO 1  LP20160322-011
0010,0030 Component Manufact... DA 1  20160322
0010,2160 Material Name     SH 1  铝合金
0018,0060 KVP               DS 1  100.00
0018,1020 Software Version(s) LO 2  DICONDE11\DCMT
0018,1151 X-Ray Tube Current IS 1  2.00
0028,0002 Samples per Pixel US 1  1
0028,0004 Photometric Interpret... CS 1  MONOCHROME2
```

图 5 PowerDiconde 下读取的信息头(部分)

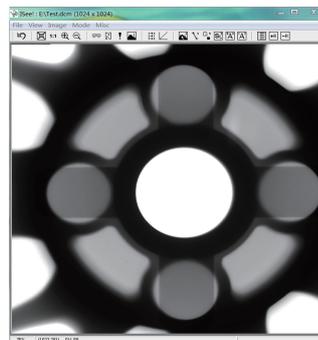


图 6 ISee 下显示的图像数据

3 结论

(1) 在分析 DICONDE 信息模型的基础上,给出了构造 DICONDE 的一般流程,实现了对 DICONDE 文件的宏观设计。

(2) 以数字 X 射线图像存储系统为例,搭建了基于 DCMTK 开发库的开发环境,较简便地构造生成了 DICONDE 文件。通过使用专业软件测试生成的文件,验证了所采用的基于 DCMTK 开发库的

第十一届全国磁粉渗透检测技术年会论文征集通知

中国机械工程学会无损检测分会磁粉渗透专业委员会,拟定于2017年9月在山东济宁举行第十一届全国磁粉渗透检测技术年会,并出版论文集。为更好地促进磁粉检测专业与渗透检测专业的发展,提升行业内技术交流热情,现面向全国磁粉渗透检测专业技术人员及相关从业人员征集论文。

1 论文主题

磁粉、渗透检测理论研究与应用
磁粉、渗透检测新技术、新材料研究与应用
磁粉、渗透检测智能化设备研究与应用
磁粉、渗透检测设备校验方法研究与应用
磁粉、渗透检测典型案例剖析
渗透检测污水处理技术研究与应用
.....

2 征文要求

- (1) 投稿论文未在正式出版物上发表过;
- (2) 2017年6月30日前提交论文摘要(300字左右);
- (3) 2017年7月31日前提交正式论文;
- (4) 论文格式按期刊论文正规格式;

- (5) 摘要和论文投递方式:
均为电子版,收件邮箱:ndt@xac.com.cn

3 其他注意事项

- (1) 保密单位应署公开的名称,不用代号;自行办理相关脱密手续,随论文以附件形式发送。
- (2) 全文(包括图、表、参考文献、电脑表格等),应控制在6000字以内。
- (3) 图中应标明物理量的名称、符号和单位,且为整图;单张图片大小应控制在300K以内。
- (4) 表格请用三线表(必要时可添加辅线)。
- (5) 作者发稿前请全面仔细校对,努力做到:论点严谨、数据可靠,言简意明、图表清晰,标点准确、符号明显,书写规整、格式一致。

4 联系方式

联系人:姜 洋 18192963373, 029-86844241
刘 凯 15191916177, 029-86844241

中国机械工程学会磁粉渗透专业委员会
山东瑞祥模具有限公司
2017年1月10日

方法对 DICONDE 文件的生成存储具有一定的实用价值。

参考文献:

- [1] 孙朝明. 数字射线成像中原始图像数据的定义与保存[J]. 无损检测, 2014, 35(2): 56-59.
- [2] ASTM E 2699-11 Standard practice for digital imaging and communication in nondestructive evaluation (DICONDE) for digital radiographic (DR) test methods[S].
- [3] DICOM PS 3.3-2016a Information object definitions [S].
- [4] 李昌领,张虹. DICOM 医学图像胶片输出技术的实现[J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(8):2226-2228.
- [5] DICOM PS 3.4-2016a Service class specifications [S].
- [6] 曹玉磊. DICOM 标准研究与图像处理工具的实现[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2007.

- [7] Stack Overflow. Error lnk2026: module unsafe for safeseh image [EB/OL]. [2013-02-5]. <http://stackoverflow.com/questions/14710577/error-lnk2026-module-unsafe-for-safeseh-image>.
- [8] OFFIS DICOM Team. FAQ # 26: Compilation of DCMTK-based program fails w/ LNK2005[EB/OL]. [2004-11-09]. <http://forum.dcmk.org/viewtopic.php?t=35#p39>.
- [9] DICOM PS 3.5-2016a Data structures and encoding [S].
- [10] ASTM E 2339-10 Standard practice for digital imaging and communication in nondestructive evaluation (DICONDE)[S].
- [11] MHGS Enterprise. PowerDiconde [EB/OL]. [2016-12-21]. <http://diconde.mhgsoft.de/powerdiconde.php>.
- [12] BAM. ISee[EB/OL]. [2014-08-31]. <http://www.dir.bam.de/ic/>.