

吴华灯. MR-2002 强震动记录器事件文件格式浅析及解码的实现[J]. 华南地震, 2016, 36(1): 78-82. [WU Huadeng. The Analysis and Decoding of Event File Format for MR-2002 Strong Motion Recorder[J]. South china journal of seismology, 2016, 36(1): 78-82.]

MR-2002 强震动记录器事件文件格式 浅析及解码的实现

吴华灯^{1,2,3}

(1. 广东省地震局, 广州 510070; 2. 中国地震局地震监测与减灾技术重点实验室, 广州 510070;
3. 广东省地震预警与重大工程安全诊断重点实验室, 广州 510070)

摘要: 介绍了 MR-2002 强震动记录器压缩和非压缩两种事件文件的格式, 从解码思路和解码的程序实现两个方面阐述了事件文件解码的实现过程, 最后对解码数据进行了验证。验证结果表明, 解码数据是准确无误的, 将为后续的程序开发、数据应用等相关工作提供可靠的数据源。

关键词: MR-2002; 强震动; 记录器; 事件文件; 格式; 解码

中图分类号: P315.780.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2016) 01-0078-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2016.01.011

The Analysis and Decoding of Event File Format for MR- 2002 Strong Motion Recorder

WU Huadeng^{1, 2, 3}

(1. Earthquake Administration of Guangdong Province, Guangzhou 510070, China; 2. Key Laboratory of Earthquake Monitoring and Disaster Mitigation Technology, Guangzhou 510070, China
3. Key Laboratory of Guang Dong Province, Earthquake Early Warning and Safety Diagnosis of Major Projects, Guangzhou 510070, China)

Abstract: The paper introduced the compression and non compression formats of event files for MR-2002 strong motion recorder, and described the realization process of the event file decoding in two aspects from decoding method and decoding procedure. The verification results showed that the decoded data was accurate, and thus could serve as reliable data source for follow-up program development, data applications and other related work.

Keywords: MR-2002; Strong motion; Strong motion Recorder; Event file; Format; Decoding

收稿日期: 2015-03-16

基金项目: 中国地震局地震科技星火计划项目 (XH14038Y)

作者简介: 吴华灯 (1980-), 男, 高级工程师, 主要从事地震观测研究和软硬件开发工作。

E-mail: gdea_whd@aliyun.com.

0 引言

“十五”期间,我国在 21 个国家地震重点监视防御区建设了近 1 160 个自由场固定强震动观测台,使用了 K2、Etna、MR-2002、GDQJ、GSR-18、GSMA-2400IP 等六种型号系列的强震动记录器^[1],仪器种类繁多,事件格式各异,给数据处理及研究应用带来诸多不便。结合近期开发“国家强震动台网数据传输及监控管理软件”的需要,为更便捷、高效地应用上述各种记录器的事件数据,本文作者将陆续实现这几种记录器事件文件的解码^[2-3],其一是为“国家强震动台网数据传输及监控管理软件”自动计算强震动参数提供数据源,其二是为中国地震局工程力学研究所在“十五”期间开发的“强震动数据常规分析处理软件 SMDP”提供特定格式数据,其三是实现数据格式的统一等等。本文就 MR-2002 强震动记录器的事件文件格式展开简要的分析并讲解其解码的实现过程。

1 MR-2002 事件文件格式

1.1 MR-2002 事件文件简要介绍

MR-2002 型强震动记录器由瑞士 SYSCOM 公司生产,该款仪器的事件文件格式有压缩格式和非压缩格式两种。压缩格式包括 SMR、VMR 和 XMR 三种,SMR、VMR 格式为 16 位记录器特有,XMR 格式为 18-24 位记录器特有。我国在“十五”期间进口的 MR-2002 型强震动记录器,记录精度为 20 位,所使用单元固件的最新版本是 420.54,DSP 固件的最新版本是 9.18,其事件文件压缩格式是 XMR 格式。该设备的事件文件是以压缩二进制的形式写入到内置 SRAM 存储器中,同时在大容量存储器 CF 卡中备份存储。事件文件可以通过超级终端或 SYSCOM 公司的上位机控制软件 WINCOM 下载,但两者下载后的文件格式是有区别的。通过超级终端中的 XMODEM 协议下载的事件文件是原始的压缩文件,而通过 WINCOM 下载的文件是解压后的文件,即非压缩格式文件。

1.2 MR-2002 事件文件格式

如前面所述,我国“十五”时期使用至今的 MR-2002 型强震动记录器的事件文件分为 XMR 压缩格式和非压缩格式两种,两种格式均由数据头段和数据区两部分组成,下面分别阐述。

1.2.1 XMR 压缩格式

XMR 压缩格式的事件文件包括数据头段和压缩数据区两部分,如图 1 所示。数据头段由 256 个字节组成,包括一些重要的文件信息、事件信息、时间日期和 GPS 信息、记录器参数、触发参数、仪器健康状态、仪器自检信息等。文件信息的起止地址是 0x00-0x0B,事件信息的起止地址是 0x0C-0x15,时间日期和 GPS 信息的起止地址是 0x16-0x35,记录器参数的起止地址是 0x36-0x73,触发参数的起止地址是 0x74-0xB1,仪器健康状态的起止地址是 0xB2-0xCA,仪器自检信息的起止地址是 0xCB-0xD4。数据区采用压缩算法对数据进行了压缩,可从字节码格式入手加以判别和解压缩。字节码格式有“00”、“10”、“11”、“0100”、“0101”、“0110”、“0111”7 种,也就是 XMR 压缩算法,数据的具体排列组合如图 2 所示。

| | | |
|------------|---|--|
| 00000000h: | 0C 00 00 00 00 00 CB CA EB 22 00 00 31 DA 00 9B | |
| 00000010h: | D9 00 DC D7 00 00 3B B3 02 00 01 03 01 14 01 13 | |
| 00000020h: | 00 9A 00 45 17 01 14 01 13 01 FF FF C7 86 03 CC | |
| 00000030h: | 4E 11 BC 02 00 00 CB 00 03 06 A4 46 09 12 00 14 | |
| 00000040h: | 58 4D 52 32 30 30 32 32 39 30 20 20 30 20 20 20 | |
| 00000050h: | 20 32 00 A0 12 FA AD 12 FA AD 12 FA 20 20 20 6D | |
| 00000060h: | 56 20 20 20 6D 56 20 20 20 6D 56 58 2F 4C 59 2F | |
| 00000070h: | 54 5A 2F 56 CF 01 00 CF 01 00 CF 01 00 3C 0A 01 | |
| 00000080h: | 3C 0A 01 3C 0A 01 01 64 64 64 01 3C 0A 00 07 14 | |
| 00000090h: | 14 34 34 58 43 48 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 | |
| 000000a0h: | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 41 | |
| 000000b0h: | 00 00 EE 11 C6 36 D6 0E 19 87 FD 07 56 FE 07 72 | |
| 000000c0h: | FA 07 01 00 28 03 06 25 13 01 13 00 00 DF 00 00 | |
| 000000d0h: | 00 10 00 00 00 CE 1C 7F 72 28 71 26 6F 26 00 00 | |
| 000000e0h: | 00 00 00 00 81 CB CF 01 01 80 01 40 00 08 01 20 | |
| 000000f0h: | 01 18 01 04 80 02 00 5B DB 07 D7 DB 07 EE DB 07 | |
| 00000100h: | 0C 01 E0 7E 53 ED E0 7D 52 EE E0 79 57 F4 E0 77 | |
| 00000110h: | 57 F5 E0 74 60 F2 E0 79 66 FB E0 7A 68 FD E0 7A | |
| 00000120h: | 6C FD E0 79 71 FE E0 6D 6C FE F0 6B 6A 03 F0 73 | |
| 00000130h: | 6D 01 E0 76 6C FA E0 74 71 FB E0 71 74 FD E0 6A | |
| 00000140h: | 76 FD E0 67 75 F7 E0 69 73 F4 E0 6A 71 F6 E0 6C | |
| 00000150h: | | |
| 000094e0h: | 99 ED CF 8A 98 EB CF 8C 95 EA CF 8A 98 EB CF 8F | |
| 000094f0h: | 98 EE CF 91 95 EF CF 93 97 E6 CF 95 96 E7 CF 95 | |
| 00009500h: | 96 EB CF 93 98 EB CF 94 98 ED CF 93 98 EB CF 8E | |
| 00009510h: | 9C EC CF 8E 9A ED CF 8E 9E F1 CF 8A AD ED CF 8C | |
| 00009520h: | 9D EF CF 8C 9F F2 CF 8B 9F F2 CF 8F 9B EF CF 8F | |
| 00009530h: | 98 EB CF 91 97 EB CF 95 96 ED CF 93 95 EB 72 19 | |

图 1 XMR 压缩格式

Fig.1 XMR compress format

1.2.2 非压缩格式

非压缩数据格式的事件文件同样包括 256 字节的数据头段和非压缩数据区两部分,数据头段的格式和压缩数据格式事件文件的相同。每一个事件文件的数据以二进制的格式存储在数据区中。数据按照由第一个采样到最后一个采样顺序存放。对于 SMR 和 VMR 文件,每一个采样包含 6 个字节,即 3 个通道数据,每个通道数据 2 字节。对于 XMR 文件,每一个采样包含 9 个字节,即 3 个通道数据,每个通道数据 3 字节。其中,通道数据的存放顺序是 X, Y, Z, 每通道采样值是单精度整形,字节序由低字节到高字节,单位是康特(counts)。非压缩格式文件的二进制格式如图 3 所示。

| 字节&位 | 字节码格式及位置 | 压缩采样二进制格式 | | | | | | | |
|---------|------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 位置排序 | 字节1 76 54 32 10 | 字节2 76543210 | 字节3 76543210 | 字节4 76543210 | 字节5 76543210 | 字节6 76543210 | 字节7 76543210 | 字节8 76543210 |
| 7字节 18位 | 00字节码及 位置排序 | 00 ZH YH XH XL | XL | XM | YL | YM | ZL | ZM | |
| | | 00 17-16 17-16 17-16 | 7-0 | 15-8 | 7-0 | 15-8 | 7-0 | 15-8 | |
| 3字节 7位 | 10字节码及 位置排序 | 10 Z | Y Z X | 6-0 0 0 6-0 | | | | | |
| | | 10 6-1 | | | | | | | |
| 4字节 10位 | 11字节码及 位置排序 | 11 Z Y X | X Y | 7-0 7-0 | Z | | | | |
| | | 11 9-8 9-8 9-8 | 7-0 | 7-0 | 7-0 | | | | |
| 2字节 4位 | 0100字节码及 位置排序 | 01 00 Z | Y X | 3-0 3-0 | | | | | |
| | | 01 00 | | | | | | | |
| 5字节 12位 | 0101字节码及 位置排序 | 01 01 Z | Y X X | 7-0 | Y | Z | | | |
| | | 01 01 | 11-8 | 11-8 11-8 | 7-0 | 7-0 | | | |
| 6字节 14位 | 0110字节码及 位置排序 | 01 10 Z | Z Y X | 0013-8 | X | Y | Z | | |
| | | 01 10 | 11-8 | 13-12 13-8 | 7-0 | 7-0 | 7-0 | | |
| 8字节 20位 | 0111字节码及 位置排序 | 01 11 ZH | YH XH XL | | XM | YL | YM | ZL | ZM |
| | | 01 11 19-16 | 19-16 19-16 7-0 | | 15-8 | 7-0 | 15-8 | 7-0 | 15-8 |

图2 XMR 非压缩格式

Fig.2 XMR uncompress format

| | | |
|------------|---|----|
| 00000000h: | 0C 00 00 00 00 CB CF CA EB 22 00 00 31 DA 00 9B | |
| 00000010h: | D9 00 DC D7 00 00 3B B3 02 00 01 03 01 14 01 13 | |
| 00000020h: | 00 9A 00 45 17 01 14 01 13 01 FF FF C7 86 03 CC | |
| 00000030h: | 4E 11 BC 02 00 00 CB 00 03 06 A4 46 09 12 00 14 | |
| 00000040h: | 58 4D 52 32 30 30 32 32 39 30 20 20 30 20 20 20 | |
| 00000050h: | 20 32 00 AD 12 FA AD 12 FA AD 12 FA 20 20 20 6D | |
| 00000060h: | 56 20 20 20 6D 56 20 20 20 6D 56 58 2F 4C 59 2F | |
| 00000070h: | 54 5A 2F 56 CF 01 00 CF 01 00 CC 01 00 3C 0A 01 | |
| 00000080h: | 3C 0A 01 3C 0A 01 01 64 64 64 01 3C 0A 00 07 14 | |
| 00000090h: | 14 34 34 58 43 48 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 | 数据 |
| 000000a0h: | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 41 | 头 |
| 000000b0h: | 00 00 EE 11 C6 36 D6 0E 19 B7 FD 07 56 FE 07 72 | |
| 000000c0h: | FA 07 01 00 28 03 06 25 13 01 13 00 00 DF 00 00 | |
| 000000d0h: | 00 10 00 00 00 CE 1C 7F 72 28 71 28 6F 28 00 00 | |
| 000000e0h: | 00 00 00 00 81 CB CF 01 01 80 01 40 00 08 01 20 | |
| 000000f0h: | 01 18 01 04 80 02 00 5B DB 07 D7 DB 07 EE DB 07 | |
| 00000100h: | 7E 00 00 53 00 00 ED FE FF 7B 00 00 52 00 00 EE | |
| 00000110h: | FE FF 79 00 00 57 00 00 F4 FE FF 77 00 00 57 00 | |
| 00000120h: | 00 F5 FE FF 74 00 00 60 00 00 F2 FE FF 79 00 00 | |
| 00000130h: | 66 00 00 FB FE FF 7A 00 00 68 00 00 FD FE FF 7A | |
| 00000140h: | 00 00 6C 00 00 FD FE FF 79 00 00 71 00 00 FE FE | |
| | | |
| 00013af0h: | FE FF 6B 00 00 6C 00 00 F5 FE FF 71 00 00 6B 00 | 非 |
| 00013b00h: | 00 F2 FE FF 70 00 00 6B 00 00 F4 FE FF 70 00 00 | 压 |
| 00013b10h: | 66 00 00 EF FE FF 6C 00 00 62 00 00 EC FE FF 67 | 缩 |
| 00013b20h: | 00 00 5C 00 00 EA FE FF 6E 00 00 55 00 00 E9 FE | 数 |
| 00013b30h: | FF 73 00 00 54 00 00 E9 FE FF 78 00 00 59 00 00 | 据 |
| 00013b40h: | E8 FE FF | 区 |

图3 XMR 压缩算法

Fig.3 XMR compress arithmetic

2 事件文件解码的实现

2.1 解码思路

对于压缩数据格式, 首先找出数据区的数据起始字节, 然后结合字节码格式进行判断, 如果采样值以字节码“00”开头, 则其采样是7个字节、18位的格式; 以字节码“10”开头, 其采样是3个字节、7位的格式; 以字节码“11”开头, 其采样是4个字节、10位的格式; 以字节码“0100”开头, 其采样是2个字节、4位的格式; 以字节码“0101”开头, 其采样是5个字节、12位的格式; 以字节码“0110”开头, 其采样是6个字节、14位的格式; 以字节码“0111”开头, 其采样是8个字节、20位的格式。各通道解码数据的排列组合, 可根据“图2 XMR 压缩算法”进行组合。在组合过程中, 需要考虑高位数据的正负值问题。

对于非压缩数据格式, 根据“1.2.2 非压缩格

式”的描述和图3的展示, 第一个采样时, X通道的数据是“7E 00 00”, Y通道的数据是“53 00 00”, Z通道的数据是“ED FE FF”, 以此类推, 通过一个大循环即可解码出所有采样值。

2.2 解码的程序实现

2.2.1 解码流程

因后期开发的需要和便于与同行的交流, 作者除了用C语言实现数据的解码外, 还尝试使用JAVA程序设计语言实现解码的过程。数据解码的实现并不复杂, 解码的流程如图4所示。

根据图4的解码流程, 程序首先读取256个字节的头文件, 把文件信息、事件信息、时间日期和GPS信息、记录器参数、触发参数、仪器健康状况、仪器自检信息提取出来。其次是找到数据区的起始位置, 根据标志位判断是否是压缩数据。如果是压缩数据, 读取第一个采样数据的第一个字节值进行字节码格式判断, 确定采样数据的大小和组成, 进而求取X、Y、Z三通道的数据。如果是非压缩数据, 则读取9个字节的数据, 每3个字节的数据分别就是X、Y、Z通道的值。最后循环读取并把解码的X、Y、Z三通道数据写进数据库或者文件里。

2.2.2 程序实现

受篇幅所限, 列举解码的结构代码如下:

```
private void decode24 ( byte [ ] ptr,List <
Double>...datas) throws EOFException {
    switch (code & 0xc0 ) {
        case 0x00:/* 采样值以字节码“00”开头 */
            decod24_00 (loadBytes (ptr, code, 7)
            datas); break; /* 按7字节18位格式解码 */
        case 0x80: /* 采样值以字节码“10”开头 */
```

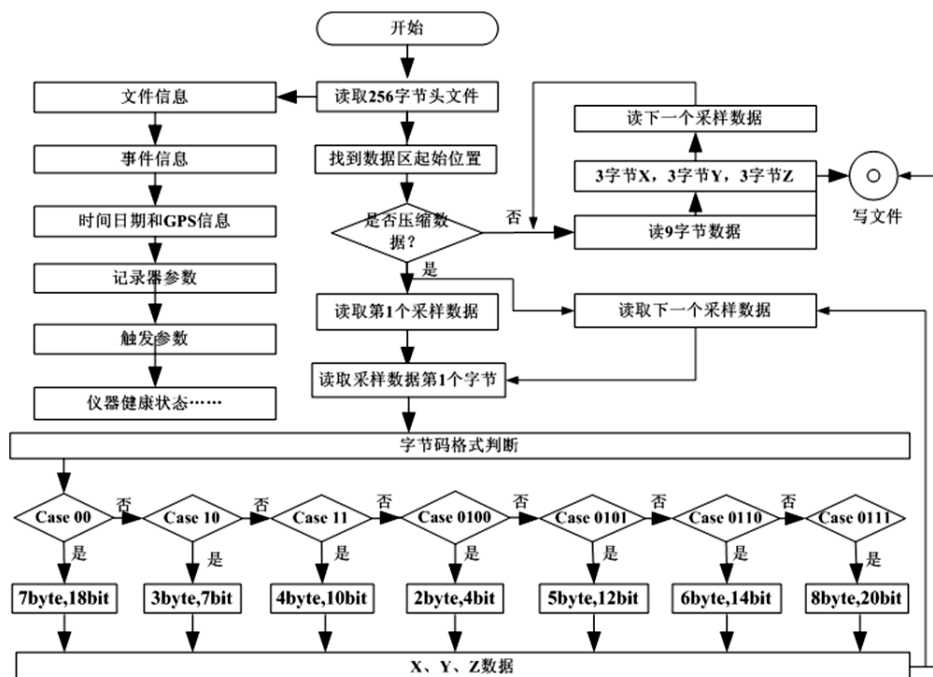


图4 解码流程

Fig.4 Decode flow

```

decod24_10 (loadBytes (ptr, code, 3),
datas); break; /* 按 3 字节 7 位格式解码 */
case 0xc0: /* 采样值以字节码 “11” 开头 */
    decod24_11 (loadBytes (ptr, code, 4),
datas); break; /* 按 4 字节 10 位格式解码 */
case 0x40:
    switch (code & 0xf0) {
        case 0x40: /* 采样值以字节码 “100” 开头 */
            decod24_0100 (loadBytes (ptr, code, 2),
datas); break; /* 按 2 字节 4 位格式解码 */
        case 0x50: /* 采样值以字节码 “101” 开头 */
            decod24_0101 (loadBytes (ptr, code, 5),
datas); break; /* 按 5 字节 12 位格式解码 */
        case 0x60: /* 采样值以字节码 “110” 开头 */
            decod24_0110 (loadBytes (ptr, code, 6),
datas); break; /* 按 6 字节 14 位格式解码 */
        case 0x70: /* 采样值以字节码 “111” 开头 */
            decod24_0111 (loadBytes (ptr, code, 8),
datas); break; /* 按 8 字节 20 位格式解码 */
        default:
            return;
    }
    default:
        return;
}
}

```

3 解码数据的验证

为了验证解码数据的正确性,采用了两种比较方法。一种是直观的波形图比较法,另一种是数据文件的比较法。

波形图比较法的优点是直观,但只能大致判断数据的一致性,不容易看出波形的微小差异。其方法是,对于压缩数据,首先使用仪器厂家提供的格式转换软件,把压缩文件转换成非压缩文件后,再用波形查看软件绘制波形图。对于本文程序解码生成的非压缩文件,则可直接用作者的绘图程序绘制波形图,也可以用厂家的波形查看软件读取本文程序解码生成的非压缩文件进行波形图绘制,最后比较波形图的差异性。如图5和图6所示。

数据文件的比较法是数值比较,即把厂家格式转换软件转换成的非压缩文件与本文解码出的非压缩文件进行比较,只要有一个采样结果不相等,均视为不正确,因此能保证解码数据的正确性。如图7所示,两个非压缩文件的字节差异是0:0,80 707个字节全部匹配。

4 结语

文章从事件文件的格式分析入手,并通过程序实现了压缩和非压缩两种事件格式的解码。从

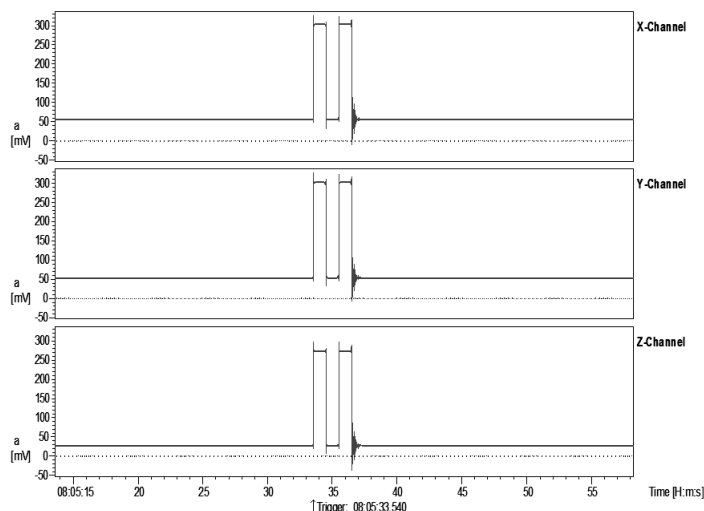


图 5 原始数据波形

Fig.5 Raw data waveform

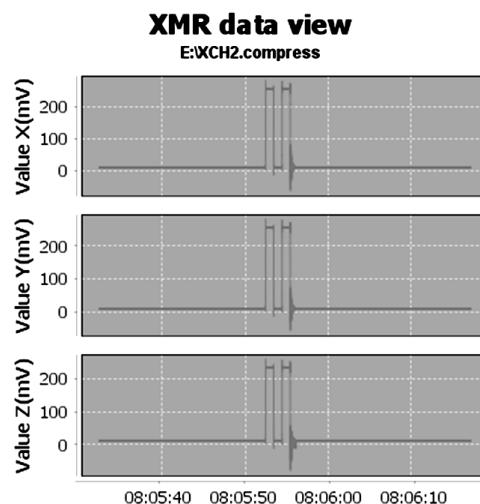


图 6 解压缩数据波形

Fig.6 Decompressed data waveform

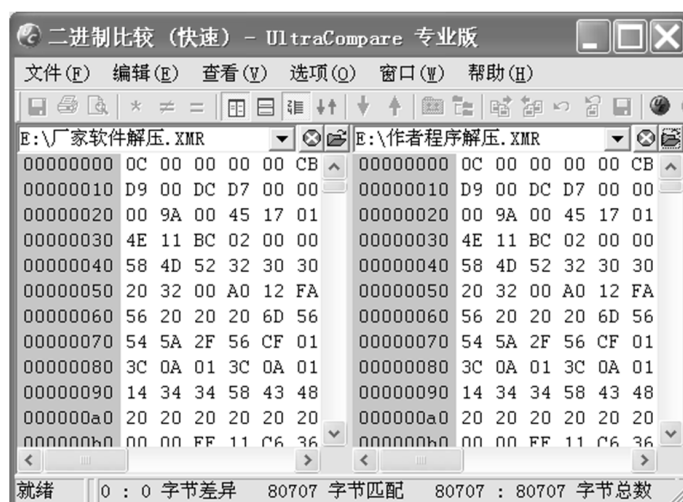


图 7 文件比较

Fig.7 File comparison

“图 5 原始数据”和“图 6 解压缩数据”的两个波形图可以看出，它们具有一致性，初步判定解码数据没有畸变。从“图 7 文件比较”可以看出，两个文件的数值结果是相等的，可以判定解码数据是准确无误的。事件文件的正确解码，将为后续的程序开发、数据应用等相关工作提供可靠的数据源，同时也可以为工程技术人员在数据应用研究中提供数据解码的思路和方法上的借鉴。

参考文献:

- [1] 吴华灯, 叶春明. 基于 GPRS/CDMA 的强震无线数据传输终端的设计与实现[J]. 华南地震, 2008, 28 (2): 95-102.
- [2] 吴华灯, 闫俊义, 叶春明. Altus 强震数据采集器实时数据流解码的实现[J]. 华南地震, 2010 (S1): 1-2.
- [3] 吴华灯, 叶春明. TDE-324CI 数据采集器强震实时数据流格式及解码过程浅析[J]. 防灾科技学院学报, 2011, 13 (4): 61-66.
- [4] 吴华灯, 叶春明, 郭德顺. 基于网络的强震动台网监控平台的设计与实现[J]. 地震工程与工程振动, 2011, 31 (5): 8-12.