

## 308 – Find Forged record

### Team Information

Team Name: DogeCoin

Team Member: Dongbin Oh, Donghyun Kim, Donghyun Kim, Yeongwoong Kim

Email Address: dfc-dogecoin@naver.com

### Instructions

**Description** Verification of the authenticity of voice data is very important in forensic investigation. Here are recording files extracted from the suspect's mobile, pc, and wearable devices. Victims raised suspicions that the audio recordings were tampered with. As a digital forensic investigator, analyze the submitted evidence and whether the files had been tampered with.

Target	Hash (MD5)
Submitted_Media.ad1	AA3F067E57CD4B722DF548985FD4645E

### Questions

No.	Problem Description	Points
1	In the 'Media1' folder, there is 'Samsung Note 2.m4a'. Find following information for this file. - Codec information, Duration, Overall Bit Rate, Sampling Rate, Frame Rate, Title (If you can check any other or more information, write them).	30
2	The files in 'Media2' folder are submitted as the evidence recorded on the same Gear S3 and Galaxy Note 10. For each file, analyze the following information to determine whether it was tampered with. - Recording date, the number of channels, encoding date, playback time, application used, frame rate, codec type, metadata of multimedia container file, unique ID	50

3	<p>The files in 'Media3' folder are submitted as the evidence recorded on the same iPhone 6 and MacBook Pro. For each file, analyze the following information to determine whether it was tampered with.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Whether it is a forgery, a forged section, the basis for judging the original</li> <li>- Recording date, the number of channels, encoding date, playback time, application used, frame rate, codec type, metadata of multimedia container file, unique ID</li> </ul>	70
4	<p>For the confirmed forgery in Q2 and Q3, develop a script or tool that can distinguish between normal voice data and forged voice data recorded on Android and iOS. Then use the tool to determine whether the files in 'Media4' folder have been manipulated.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- When a description of the submitted tool is submitted and the provided voice data is correctly determined → 100 points</li> <li>- When the tool works well for sample files that are not provided → 50 points</li> </ul>	150

**Teams must:**

- Develop and document the step-by-step approach used to solve this problem to allow another examiner to replicate team actions and results.
- Specify all tools used in deriving the conclusion(s).

**Tools used:**

Name:	MediaInfo	Publisher:	MediaArea.net
Version:	21.09		
URL:	<a href="https://mediaarea.net/ko/MediaInfo">https://mediaarea.net/ko/MediaInfo</a>		

Name:	MP4 Inspector	Publisher:	Codeine Wong
Version:	0.1.2.0		
URL:	<a href="https://sourceforge.net/projects/mp4-inspector/">https://sourceforge.net/projects/mp4-inspector/</a>		

Name:	Audacity	Publisher:	Audacity
Version:	3.0.4		
URL:	<a href="https://www.audacityteam.org/">https://www.audacityteam.org/</a>		

## Step-by-step methodology:

- In the ‘Media1’ folder, there is ‘Samsung Note 2.m4a’. Find following information for this file. (30 points)



[그림 1] “Media1” 폴더 내부

주어진 AD1 이미지 파일 내부를 탐색한 결과, “Media1” 폴더 내부에 “Samsung Note 2.m4a” 파일이 존재하는 것을 확인하였다.

본 문제에서는 해당 음성 파일의 상세 파일 정보 (Codec 정보, Frame Rate, Sampling Rate 등) 을 기입할 것을 요구하고 있으며, 이에 대한 정보를 “mediainfo”라는 도구로 수집해 확인할 수 있었다.

```
dhyun@gimdonghyeon-ui-MacBookPro ~/Desktop/Media 1 mediainfo Samsung\ Note\ 2.m4a
General
Complete name          : Samsung Note 2.m4a
Format                 : MPEG-4
Format profile         : 3GPP Media Release 4
Codec ID               : 3gp4 (isom/3gp4)
File size              : 866 KiB
Duration               : 55 s 983 ms
Overall bit rate mode : Constant
Overall bit rate       : 127 kb/s
Encoded date           : UTC 2012-01-01 02:27:32
Tagged date            : UTC 2012-01-01 02:27:32
```

[그림 2] mediainfo 동작 화면

[표 1] Media1 폴더 내부 “Samsung Note 2.m4a” 파일 정보

Format	General: MPEG-4 Audio: AAC LC
Codec Information	General Codec ID: 3gp4 (isom/3p4) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Duration	55s 987ms
Overall Bit Rate	127 KB/s (Constant)
Sampling Rate	44.1 kHz
Frame Rate	43.066 FPS (1024 SPF)
Title	SoundHandle
Encoded date (UTC)	General: 2012-01-01 02:27:32 Audio: 2012-01-01 02:27:32
Tagged date (UTC)	General: 2012-01-01 02:27:32 Audio: 2012-01-01 02:27:32

2. The files in ‘Media2’ folder are submitted as the evidence recorded on the same Gear S3 and Galaxy Note 10. For each file, analyze the following information to determine whether it was tampered with. (50 points) (중요 정보 하이라이트)

이름	수정한 날짜	유형	크기
\$I30	2021-08-29 오후 4:44	파일	4KB
Gear S3 1_W_20210823_172418	2021-08-28 오전 9:58	M4A 파일	275KB
Gear S3 3_W_20210823_174557	2021-08-27 오전 11:20	M4A 파일	561KB
Gear S3 5_W_20210823_175704	2021-08-28 오후 10:50	M4A 파일	497KB
Samsung Note 10 1	2021-08-28 오후 10:33	M4A 파일	771KB
Samsung Note 10 2	2021-08-27 오전 11:20	M4A 파일	1,006KB

[그림 3] “Media2” 폴더 내부

Meida2 폴더 내부를 탐색한 결과, Gear S3에서 녹음된 것으로 확인되는 음성 파일 3개와 Samsung Note 10에서 녹음된 것으로 확인되는 음성 파일 2개를 확인할 수 있었다.

먼저 Gear S3에서 녹음된 것으로 확인되는 파일 3개의 정보를 “mediainfo”라는 도구를 통해 수집하였으며, 실험을 통해 수집한 Gear S3 녹음 파일과 메타 데이터를 비교하여 조작 여부를 판별하였다.

[표 2] Gear S3 실험 데이터 파일 정보

Recording date	-
The number of channels	1 channel
Encoding date	2021-09-05 18:14:22 (UTC+9)
Playback time	1 min 17 s
Application used	-
Frame rate	15.625 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: mp42 (mp42/mp41/isom/iso2) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p>[General]</p> <p>Format: MPEG-4 Format profile: Base Media / Version 2 Codec ID: mp42 (mp42/mp41/isom/iso2) File size: 897 KiB Duration: 1 min 17 s Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 95.1 kb/s Encoded date: 2021-09-05 18:14:22 (UTC+9) Tagged date: 2021-09-05 18:14:22 (UTC+9)</p> <p>[Audio]</p>

	Sampling Rate: 16.0 kHz Language: English Encoded date: 2021-09-05 18:14:22 (UTC+9) Tagged date: 2021-09-05 18:14:22 (UTC+9)
Unique ID	-

[표 3] Meia2 폴더 내부 “Gear S3 1\_W\_20210823\_172418.m4a” 파일 정보

Recording date	-
The number of channels	2 channels
Encoding date	정보 없음
Playback time	57 s 515 ms
Application used	Lavf58.29.100
Frame rate	23.438 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (isom/iso2) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p>[General]  Format: MPEG-4  Format profile: Apple audio with iTunes info  Codec ID: M4A (isom/iso2)  File size: 274 KiB  Duration: 57 s 515 ms  Overall bit rate mode: Constant  Overall bit rate: 39.1 kb/s  Writing application: Lavf58.29.100</p> <p>[Audio]  Sampling Rate: 24.0 kHz  Default: Yes  Alternate Group : 1</p>
Unique ID	-

“Gear S3 1\_W\_20210823\_172418.m4a” 파일의 메타 데이터를 확인하여 실험 데이터와 비교한 결과, 다음과 같은 차이점들을 확인할 수 있었다.

- Recording Date, Encoding Date의 정보 소실
- 채널 수 변경 (1 → 2)
- 사용 어플리케이션 값 생성 (Lavf)
- Frame Rate 변경 (15.626 → 23.438)
- General Codec ID 변경
- General Metadata의 Format Profile 변경

- > Sampling Rate 값 변경 (16.0 → 24.0)
- > Audio Metadata의 Language 값 소설 및 Default, Alternate Group 항목 추가

[표 4] Media2 폴더 내부 “Gear S3 3\_W\_20210823\_174557.m4a” 파일 정보

Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-08-23 17:45:57
Playback time	48 s 512 ms
Application used	정보 없음
Frame rate	15.625 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: mp42 (mp42/mp41/isom/iso2) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p><b>[General]</b></p> <p>Format: MPEG-4 Format profile: Base Media / Version 2 Codec ID: mp42 (mp42/mp41/isom/iso2) File size: 561 KiB Duration: 48 s 512 ms Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 94.7 kb/s Encoded date: 2021-08-23 17:45:57 (UTC+9) Tagged date: 2021-08-23 17:45:57 (UTC+9)</p> <p><b>[Audio]</b></p> <p>Sampling Rate: 16.0 kHz Language: English Encoded date: 2021-08-23 17:45:57 (UTC+9) Tagged date: 2021-08-23 17:45:57 (UTC+9)</p>
Unique ID	-

“Gear S3 3\_W\_20210823\_174557.m4a” 파일의 메타데이터를 확인하여 실험 데이터와 비교한 결과, 녹음 파일의 길이나, 생성 시점 등 필연적으로 다른 값을 가지는 데이터를 제외한 실험 데이터가 가지고 있는 메타 데이터를 누락 없이 가지고 있음을 확인할 수 있다.

[표 5] Media2 폴더 내부 “Gear S3 5\_W\_20210823\_175704.m4a” 파일 정보

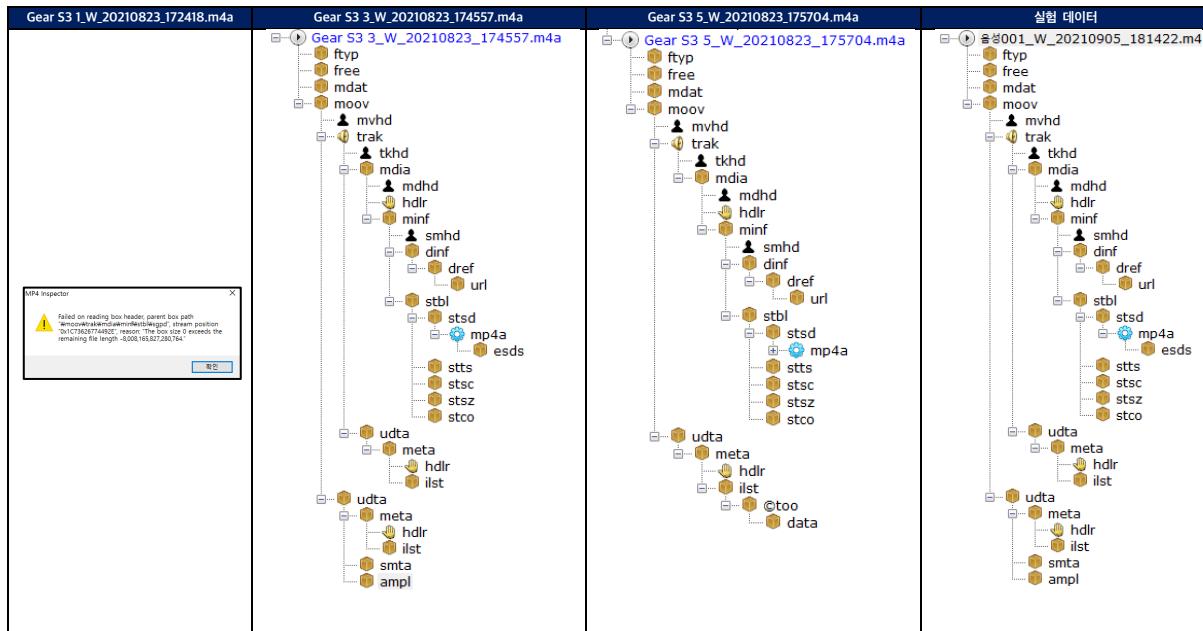
Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	2 channels
Encoding date (UTC+9)	1970-01-01 09:00:00
Playback time	1 min 7 s
Application used	PotEncoder (Library : LAME3.98.2)

Frame rate	23.438 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: isom(mp41) Audio Codec ID: mp4a-6B
Metadata of multimedia container file	<p>[General]</p> <p>Format: MPEG-4</p> <p>Format profile: Base Media</p> <p>Codec ID: isom (mp41)</p> <p>File size: 497 KiB</p> <p>Duration: 1 min 7 s</p> <p>Overall bit rate mode: Variable</p> <p>Overall bit rate: 60.5 kb/s</p> <p>Encoded date: UTC 1970-01-01 00:00:00</p> <p>Tagged date: UTC 1970-01-01 00:00:00</p> <p>Writing application: PotEncoder</p> <p>[Audio]</p> <p>Sampling Rate: 44.1 kHz</p> <p>Encoded date: UTC 1970-01-01 00:00:00</p> <p>Tagged date: UTC 1970-01-01 00:00:00</p> <p>Writing Library: LAME3.98.2</p>
Unique ID	-

“Gear S3 3\_W\_20210823\_174557.m4a” 파일의 메타데이터를 확인하여 실험 데이터와 비교한 결과, 다음과 같은 차이점들을 확인할 수 있었다.

- 비정상적 Recording, Encoded, Tagged Date
- 채널 수 변경 (1 → 2)
- 사용 어플리케이션 값 생성 (PotEncoder)
- Frame Rate 변경 (15.626 → 23.438)
- General Codec ID 변경
- Audio Codec ID 변경
- Sampling Rate 변경 (16.0 → 44.1)
- General Metadata의 Format Profile 변경

[표 6] Media 2 및 실험용 데이터의 컨테이너 구조 비교



테스트 데이터는 기본 옵션을 사용

주어진 녹음파일들의 메타데이터 정보 값 비교를 포함해, 실제 조작 여부를 판단하기 위해서 컨테이너 구조를 “MP4 Inspector”라는 도구로 비교해보았다.

그 결과 메타 데이터의 누락이 없었던 “Gear S3 3\_W\_20210823\_174557.m4a”를 제외한 나머지는 도구 사용 과정에서 에러가 발생하거나 다른 컨테이너 구조를 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

이후 Samsung Note 10에서 녹음된 것으로 확인되는 파일 2개의 정보를 아래와 같이 수집하여 실험 데이터와 비교를 수행하였다.

[표 7] Samsung Note 10 실험 데이터

Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-09-08 15:19:21
Playback time	2 s 160 ms
Application used	-
Frame rate	43.066 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: 3gp4 (isom/3gp4) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	[General] Format: MPEG-4 Format profile: 3GPP Media Release 4 Codec ID: 3gp4 (isom/3gp4) File size: 65.2 KiB

	<p>Duration: 2 s 160 ms          Overall bit rate mode: Constant          Overall bit rate: 247 kb/s          Encoded date: 2021-09-08 15:19:21          Tagged date: 2021-09-08 15:19:21          book: bkmk          com.android.version: 11</p> <p><b>[Audio]</b>          Sampling Rate: 44.1 kHz          Title: SoundHandle          Language: English          Encoded date: 2021-09-08 15:19:21          Tagged date: 2021-09-08 15:19:21</p>
Unique ID	-

[표 8] Media2 폴더 내부 “Samsung Note 10 1.m4a” 파일 정보

Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-08-29 14:30:52
Playback time	46 s 486 ms
Application used	-
Frame rate	43.066 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: 3gp4 (isom/3gp4) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p><b>[General]</b>          Format: MPEG-4          Format profile: 3GPP Media Release 4          Codec ID: 3gp4 (isom/3gp4)          File size: 770 KiB          Duration: 46 s 486 ms          Overall bit rate mode: Constant          Overall bit rate: 136 kb/s</p> <p>Encoded date: UTC 2021-08-29 05:30:52          Tagged date: UTC 2021-08-29 05:30:52          book: bkmk</p> <p><b>[Audio]</b>          Sampling Rate: 44.1 kHz          Language: English          Encoded date: UTC 2021-08-23 11:52:53          Tagged date: UTC 2021-08-29 05:30:52</p>

<b>Unique ID</b>	-
“Samsung Note 10 1.m4a” 파일의 메타데이터를 확인하여 실험 데이터와 비교한 결과, 다음과 같은 차이점을 확인할 수 있었다.	

- General Metadata의 com.android.version 데이터 누락
- Audio Metadata의 Title 데이터 누락
- Audio Metadata의 Encoded Date가 General Metadata와 차이 존재

[표 9] Media2 폴더 내부 “Samsung Note 10 2.m4a” 파일 정보

<b>Recording date (UTC+9)</b>	-
<b>The number of channels</b>	1 channel
<b>Encoding date (UTC+9)</b>	2021-08-23 20:55:43
<b>Playback time</b>	1 min 1 s
<b>Application used</b>	-
<b>Frame rate</b>	43.066 FPS (1024 SPF)
<b>Codec type</b>	General Codec ID: 3gp4 (isom/3gp4) Audio Codec ID: mp4a-40-2
<b>Metadata of multimedia container file</b>	<p><b>[General]</b>  Format: MPEG-4  Format profile: 3GPP Media Release 4  Codec ID: 3gp4 (isom/3gp4)  File size: 1005 KiB  Duration: 1 min 1 s  Overall bit rate mode: Constant  Overall bit rate: 134 kb/s  Encoded date: UTC 2021-08-23 11:55:43  Tagged date: UTC 2021-08-23 11:55:43  book: bkmk  com.android.version: 11</p> <p><b>[Audio]</b>  Sampling Rate: 44.1 kHz  Title: SoundHandle  Language: English  Encoded date: UTC 2021-08-23 11:55:43  Tagged date: UTC 2021-08-23 11:55:43</p>
<b>Unique ID</b>	-

[Samsung Note 10 파일의 컨테이너 구조 비교는 차이점이 없어 생략하였다.]

Media 2 폴더 내부에 존재하는 파일들의 메타데이터와 컨테이너 구조를 비교 분석한 결과, 기종 마다 그 내용에는 차이가 있었으나 실험용으로 생성한 데이터와 다르게 일부 메타 데이터가 소실 되거나 사용 어플리케이션 값이 추가되거나 Frame Rate 등 음성 파일의 메타데이터의 차이를 확인할 수 있었다.

특히 다른 어플리케이션을 사용한 (Lavf, PotEncoder) 음성 파일은 어플리케이션을 통한 편집/조작 과정에서 일부 메타데이터가 소실되거나 새로이 추가되는 공통적인 특징을 가지고 있음을 확인 할 수 있었다. 해당 특징들을 통해 어플리케이션을 통한 조작/편집이 발생한 음성 파일을 식별할 수 있었다.

또한 어플리케이션과 관련한 메타데이터 흔적이 없더라도, 시스템에서 기본적으로 기록하는 메타데이터가 소실되거나 기록된 시간 정보가 비정상적일 때 조작/편집이 발생 한 음성파일로 식별할 수 있었다.

다음은 제공된 데이터에 기반한 안드로이드 및 기종 별 녹음 파일의 기본 특징이다.

[표 10] 공통 / Android (Gear S3, Samsung Note 10) 음성 녹음 파일 특징

공통	<ul style="list-style-type: none"><li>- Audio 컨테이너 메타데이터의 Encoded / Tagged Date가 동일하다.</li><li>- Language 값은 English를 가진다.</li><li>- 사용 어플리케이션 값이 존재하지 않는다.</li><li>- 채널 수가 1이다.</li><li>- Audio Codec ID 값은 mp4a-40-2 이다.</li></ul>
Gear S3	<ul style="list-style-type: none"><li>- Frame Rate의 값은 15.625 FPS (1024 SPF) 를 가진다.</li><li>- Sampling Rate의 값은 16.0 kHz를 가진다.</li><li>- General Codec ID는 3gp4 (isom/3p4) 값을 가진다.</li></ul>
Samsung Note 10	<ul style="list-style-type: none"><li>- Frame Rate의 값은 43.066 FPS (1024 SPF) 를 가진다.</li><li>- General Codec ID는 mp42 (mp42/mp41/isom/iso2) 이다.</li><li>- General 컨테이너 메타데이터에 book, com.android.version 이라는 키와 값이 존재한다. (book의 값은 bkmk로 고정)</li><li>- Title은 SoundHandle 로 가진다.</li><li>- Sampling Rate의 값은 44.1 kHz를 가진다.</li></ul>

아래는 녹음 파일들의 공통된 특징과, 조작되었다고 판단된 파일의 차이점을 분석함으로써 최종적으로 식별한 Media2 내부 파일의 조작여부이다.

[표 11] Media 2 폴더 내부의 미디어 파일 조작 여부

파일 명	조작 여부	판단 근거
Gear S3 1_W_20210823_172418.m4a	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Encoding Date의 정보 소실</li> <li>➤ Sampling Rate 변경</li> <li>➤ 채널 수 변경 (1 → 2)</li> <li>➤ 사용 어플리케이션 값 생성 (Lavf)</li> <li>➤ Frame Rate 변경 (15.626 → 23.438)</li> <li>➤ General Codec ID 변경</li> <li>➤ General Metadata의 Format Profile 변경</li> <li>➤ Audio Metadata의 Language 값 소실</li> <li>➤ Audio Metadata의 Default, Alternate Group 항목 추가</li> </ul>
Gear S3 3_W_20210823_174557.m4a	-	메타데이터 누락 없음 / 컨테이너 구조 동일
Gear S3 5_W_20210823_175704.m4a	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 비정상적 Encoded, Tagged Date</li> <li>➤ Sampling Rate 변경</li> <li>➤ 채널 수 변경 (1 → 2)</li> <li>➤ 사용 어플리케이션 값 생성 (PotEncoder)</li> <li>➤ Frame Rate 변경 (15.626 → 23.438)</li> <li>➤ General Codec ID 변경</li> <li>➤ General Metadata의 Format Profile 변경</li> </ul>
Samsung Note 10 1.m4a	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Audio Metadata의 Title 값 누락</li> <li>➤ General Metadata의 com.android.version 누락</li> <li>➤ Audio Metadata의 Encoded Date 차이</li> </ul>
Samsung Note 10 2.m4a	-	메타데이터 누락 없음 / 컨테이너 구조 동일

3. The files in ‘Media3’ folder are submitted as the evidence recorded on the same iPhone 6 and MacBook Pro. For each file, analyze the following information to determine whether it was tampered with. (70 points)

이름	수정한 날짜	유형	크기
\$130	2021-08-29 오후 4:44	파일	4KB
iPhone 6S 1	2021-08-28 오전 6:48	M4A 파일	1,994KB
iPhone 6S 2	2021-08-28 오전 10:47	M4A 파일	434KB
iPhone 6S 3	2021-08-28 오전 6:49	M4A 파일	623KB
iPhone 6S 4	2021-08-28 오전 6:49	M4A 파일	2,703KB
MacbookPro 1	2021-08-28 오후 10:58	M4A 파일	6,496KB
MacbookPro 2	2021-08-28 오후 10:58	M4A 파일	410KB
MacbookPro 3	2021-08-28 오후 10:57	M4A 파일	2,126KB

[그림 4] “Media 3” 폴더 내부

Meida3 폴더 내부를 탐색한 결과, iPhone에서 녹음된 것으로 확인되는 음성 파일 4개와 Macbook Pro에서 녹음된 것으로 확인되는 음성 파일 3개를 확인할 수 있었다.

먼저 iPhone에서 녹음된 것으로 확인되는 파일 4개의 정보를 “mediainfo”라는 도구를 통해 수집하였으며, 실험을 통해 수집한 iPhone 녹음 파일과 메타 데이터를 비교하여 조작 여부를 판별하였다. 또한 조작 여부를 판별하기 위해, Spectrogram을 확인함으로써 비정상적 영역을 식별하였다.

[표 12] iPhone 6S 실험 데이터 정보

Recording date (UTC+9)	2021-09-19T17:29:15
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-09-19 17:29:15
Playback time	9 s 656 ms
Application used	-
Frame rate	46.875 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	[General] Format: MPEG-4 Format profile: Apple audio with iTunes info Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42) File size: 80.1 KiB Duration: 9 s 656 ms Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 67.9 kb/s Track name: iPhone

	Recorded date: 2021-09-19T08:29:15Z Encoded date: UTC 2021-09-19 08:29:15 Tagged date: UTC 2021-09-19 08:29:25 Writing application: com.apple.VoiceMemos (iPhone (null)) voice-memo-uuid: 27685BBB-777C-4741-BBE4-9AD0464FBEB8
	<b>[Audio]</b> Sampling Rate: 48.0 kHz Title: Core Media Audio Encoded date: UTC 2021-09-19 08:29:15 Tagged date: UTC 2021-09-19 08:29:25
Unique ID	27685BBB-777C-4741-BBE4-9AD0464FBEB8

실험을 통해 수집한 iPhone 6S의 음성 녹음 파일에는 Android와 다르게 사용한 작성 어플리케이션 명에 어플리케이션 패키지 명 (기본 음성 녹음 어플리케이션) 과 해당 음성 녹음에 대한 고유의 UUID 값이 메타 데이터로 존재하고 있음을 확인할 수 있다.

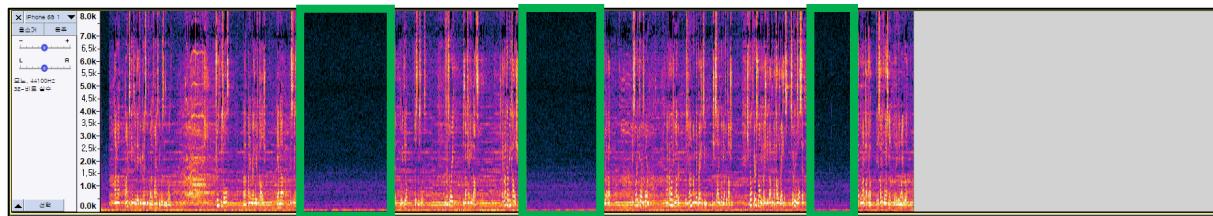
[표 13] Media3 폴더 내부 “iPhone 6S 1.m4a” 파일 정보

Recording date (UTC+9)	2021-08-23 18:51:41
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-08-28 19:23:16
Playback time	1 min 10 s
Application used	com.apple.VoiceMemos (iPhone (null))
Frame rate	43.066 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<b>[General]</b> Format: MPEG-4 Format profile: Apple audio with iTunes info Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42) File size: 1.95 MiB Duration: 1 min 10 s Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 230 kb/s Track name: iPhone 1 Recorded date: 2021-08-23T09:51:41Z Encoded date: UTC 2021-08-28 10:23:16 Tagged date: UTC 2021-08-28 10:23:17 Writing application: com.apple.VoiceMemos (iPhone (null)) voice-memo-uuid: 9D335095-A748-477C-916F-9A695AE431AF

<p><b>[Audio]</b></p> <p>Sampling Rate: 44.1 kHz</p> <p>Title: Core Media Audio</p> <p>Encoded date: UTC 2021-08-28 10:23:16</p> <p>Tagged date: UTC 2021-08-28 10:23:17</p>	
Unique ID	9D335095-A748-477C-916F-9A695AE431AF

“iPhone 6S 1.m4a” 파일의 경우, 메타데이터를 조회한 결과 Recording date와 Encoding date 간의 시간 차이가 존재하였으며 Frame Rate가 실험 파일과 차이가 존재하는 것을 확인하였다.

이에 실제 조작된 영역을 확인해보기 위해 해당 파일의 Spectrogram을 확인한 결과는 아래와 같다.



[그림 5] “iPhone 6S 1.m4a” Spectrogram

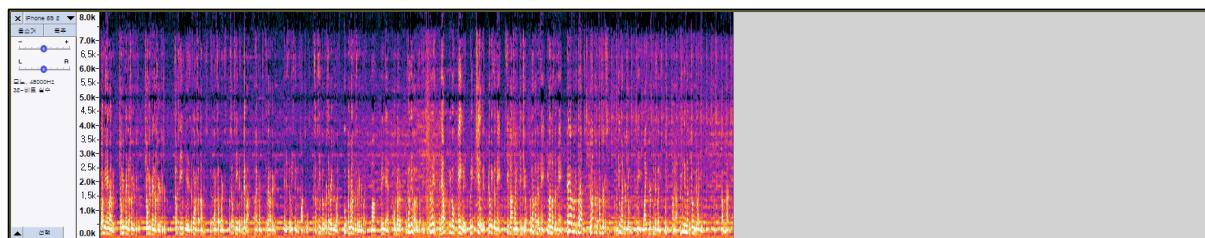
음성 녹음 중간에 불연속 구간 (붉은색 사각형, 3개) 이 존재함을 확인하였고, 이를 통해 조작된 음성 파일로 판단할 수 있었다. 이에 해당 영역을 Forged Section이라 판단하였다.

- Recorded Date와 Encoded Date의 차이 존재
- Frame Rate의 변화 (46.875 → 43.066)
- Sampling Rate의 변화 (48.0 → 44.1)
- 불연속 Spectrogram 확인

[표 14] Media3 폴더 내부 “iPhone 6S 2.m4a” 파일 정보

Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	-
Playback time	55 s 275 ms
Application used	Lavf58.29.100
Frame rate	46.875 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (isom/iso2) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	[General] Format: MPEG-4 Format profile: Apple audio with iTunes info Codec ID: M4A (isom/iso2)

	File size: 434 KiB Duration: 55 s 275 ms Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 64.3 kb/s Track name: iPhone 2 <b>Writing application: Lavf58.29.100</b>
	<b>[Audio]</b> Sampling Rate: 48.0 kHz Title: Core Media Audio <b>Default: Yes</b> <b>Alternate group: 1</b>
Unique ID	-



[그림 6] “iPhone 6S 2.m4a” Spectrogram

“iPhone 6S 2.m4a” 파일의 경우, 메타데이터를 조회한 결과 Recording date와 Encoding date 데이터가 소실된 것을 확인할 수 있었다. 또한 General Codec ID, Writing Application, Unique ID 등의 메타 데이터가 변경 및 소실 된 것을 확인할 수 있었다.

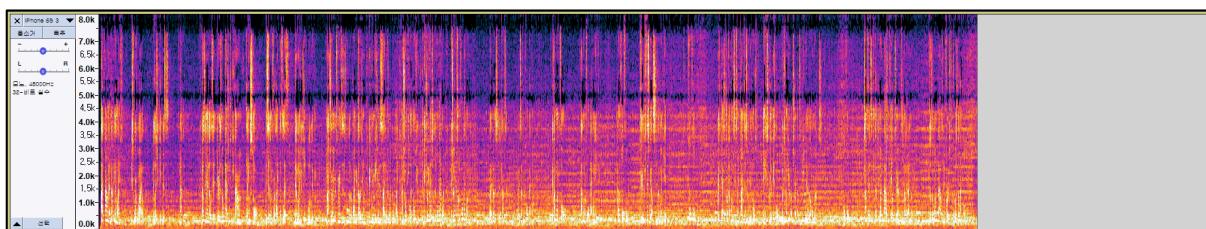
해당 파일의 Spectrogram을 분석한 결과, 눈에 띄는 불연속 구간은 찾을 수 없었다.

- Recorded Date와 Encoded Date의 소실
- General Codec ID의 변화 (M4A (M4A/isom/mp42) ➔ M4A (isom/iso2))
- Writing Application 변화 (com.apple.VoiceMemos (iPhone (null)) ➔ Lavf58.29.100)
- voice-memo-uuid 값 소실 및 Default, Alternate group 데이터 추가

[표 15] Media3 폴더 내부 “iPhone 6S 3.m4a” 파일 정보

Recording date (UTC+9)	2021-08-23T18:56:13
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-08-23 18:56:13
Playback time	1 min 16 s
Application used	com.apple.VoiceMemos (iPhone (null))
Frame rate	46.875 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42)

	Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p><b>[General]</b></p> <p>Format: MPEG-4          Format profile: Apple audio with iTunes info          Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42)          File size: 623 KiB          Duration: 1 min 16 s          Overall bit rate mode: Constant          Overall bit rate: 66.6 kb/s          Track name: iPhone 3          Recorded date: 2021-08-23T09:56:13Z          Encoded date: UTC 2021-08-23 09:56:13          Tagged date: UTC 2021-08-23 09:57:31          Writing application: com.apple.VoiceMemos (iPhone (null))          voice-memo-uuid: C97354C4-B526-4782-99C5-822515431D4B</p> <p><b>[Audio]</b></p> <p>Sampling Rate: 48.0 kHz          Title: Core Media Audio          Encoded date: UTC 2021-08-23 09:56:13          Tagged date: UTC 2021-08-23 09:57:31</p>
Unique ID	C97354C4-B526-4782-99C5-822515431D4B



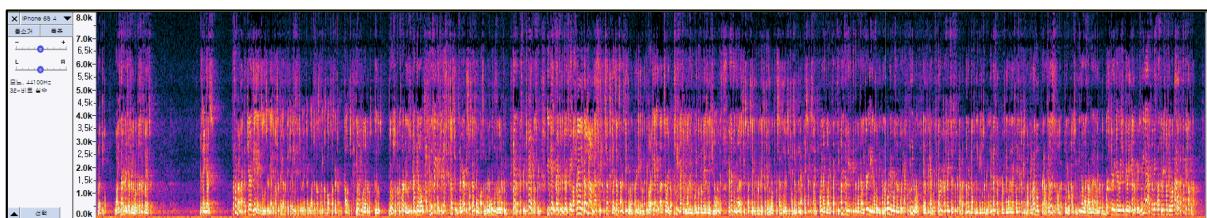
[그림 7] “iPhone 6S 3.m4a” Spectrogram

“iPhone 6S 3.m4a” 파일의 경우, 파일의 메타데이터와 Spectrogram을 검토하였으나 특이사항을 확인하지 못해 정상적인 파일로 판단하였다.

[표 16] Media3 폴더 내부 “iPhone 6S 4.m4a” 파일 정보

Recording date (UTC+9)	2021-08-23 19:02:53
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-08-23 19:06:08
Playback time	1 min 36 s
Application used	com.apple.VoiceMemos (iPhone (null))
Frame rate	43.066 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (isom/iso2)

	Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p><b>[General]</b></p> <p>Format: MPEG-4          Format profile: Apple audio with iTunes info          Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42)          File size: 2.64 MiB          Duration: 1 min 36 s          Overall bit rate mode: Constant          Overall bit rate: 229 kb/s          Track name: iPhone 4</p> <p>Recorded date: 2021-08-23T10:02:53Z          Encoded date: UTC 2021-08-23 10:06:08          Tagged date: UTC 2021-08-23 10:06:11</p> <p>Writing application: com.apple.VoiceMemos (iPhone (null))          voice-memo-uuid: D6840102-23AF-4C08-ACFC-9794C320836D</p> <p><b>[Audio]</b></p> <p>Sampling Rate: 44.1 kHz          Title: Core Media Audio</p> <p>Encoded date: UTC 2021-08-23 10:06:09          Tagged date: UTC 2021-08-23 10:06:11</p>
Unique ID	D6840102-23AF-4C08-ACFC-9794C320836D



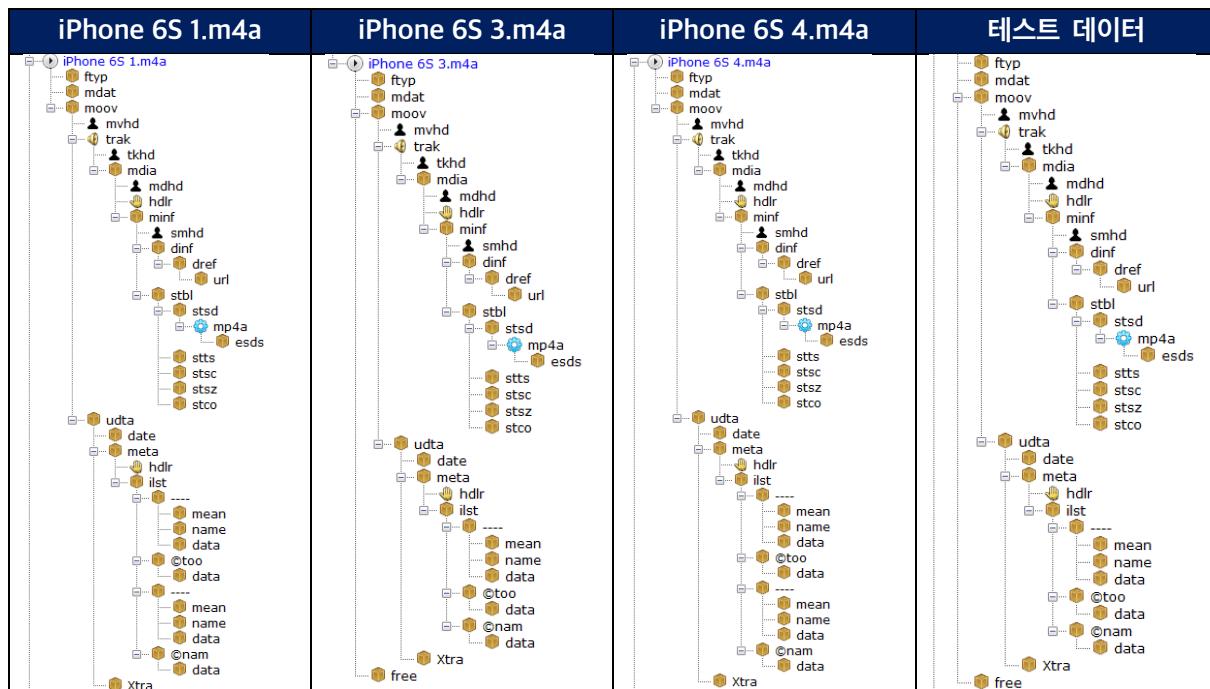
[그림 8] “iPhone 6S 4.m4a” Spectrogram

“iPhone 6S 4.m4a” 파일의 경우, Recording Date와 Encoded Date가 일치하지 않거나 Frame Rate의 변경, General Codec ID의 변경 등을 확인할 수 있었다.

또한 Spectrogram을 검토한 결과, 일부 불연속적인 구간으로 보이는 구간이 있었으나 해당 구간에 노이즈가 존재하므로 도구에 의한 불연속 구간이 아니라 음성의 정적이나 정지에 의한 것으로 판단하였다.

- > Recorded Date와 Encoded Date의 소실
- > General Codec ID의 변화 (M4A (M4A/isom/mp42) → M4A (isom/iso2))
- > Writing Application 변화 (com.apple.VoiceMemos (iPhone (null)) → Lavf58.29/100)
- > voice-memo-uuid 값 소실 및 Default, Alternate group 데이터 추가

[표 17] Media 3 및 실험용 데이터의 컨테이너 구조 비교 (iPhone)



테스트 데이터는 기본 옵션을 사용했으며, “iPhone 6S 2.m4a” 파일은 에러로 인해 제외되었다.

주어진 녹음파일들의 메타데이터 정보 값 비교를 포함해, 실제 조작 여부를 판단하기 위해서 컨테이너 구조를 “MP4 Inspector”라는 도구로 비교해보았다.

그 결과 메타 데이터의 누락이 없었던 “iPhone 6S 3.m4a”를 제외한 나머지는 도구 사용 과정에서 에러가 발생하거나 다른 컨테이너 구조를 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

이후 Macbook Pro에서 녹음된 것으로 확인되는 파일 3개의 정보를 아래와 같이 수집하여 실험 데이터와 비교를 수행하였다.

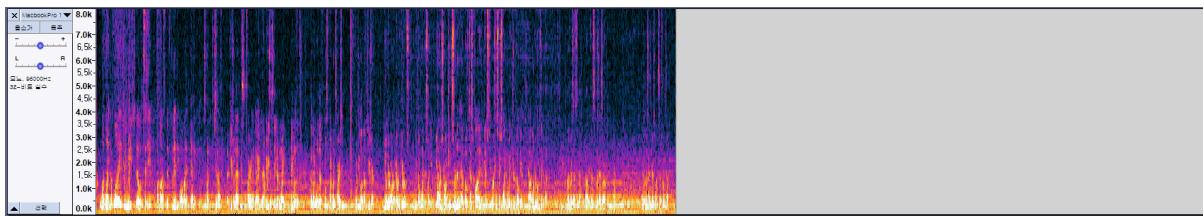
[표 18] Macbook Pro 테스트 데이터 정보

Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-09-23 03:10:21
Playback time	4 s 628 ms
Application used	-
Frame rate	46.875 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	[General] Format: MPEG-4 Format profile: Apple audio with iTunes info Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42)

	File size: 36.1 KiB Duration: 4 s 628 ms Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 63.9 kb/s Encoded date: UTC 2021-09-22 18:10:21 Tagged date: UTC 2021-09-22 18:10:26 Writing application: com.apple.VoiceMemos (Mac OS X 10.15.6) voice-memo-uuid: 936ADB6E-1290-48A7-8383-EA56B67023F7
	<b>[Audio]</b> Sampling Rate: 48.0 kHz Title: Core Media Audio Encoded date: UTC 2021-09-22 18:10:21 Tagged date: UTC 2021-09-22 18:10:26
Unique ID	936ADB6E-1290-48A7-8383-EA56B67023F7

[표 19] Media3 폴더 내부 “MacbookPro 1.m4a” 파일 정보

Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	-
Playback time	45 s 951 ms
Application used	Lavf59.4.101
Frame rate	-
Codec type	Gerneral Code ID: M4A (M4A /isom/iso2) Audio Codec ID: alac
Metadata of multimedia container file	<b>[General]</b> Format: MPEG-4 Format profile: Apple audio with iTunes info Codec ID: M4A (M4A/isom/iso2) File size: 6.34 MiB Duration: 45 s 951 ms Overall bit rate mode: Variable Overall bit rate: 1158 kb/s Track name: Macbook Pro 1 Writing application: Lavf59.4.101
	<b>[Audio]</b> Sampling Rate: 96.0 kHz Title: Core Media Audio Default: Yes Alternate group: 1
Unique ID	-



[그림 9] “MacbookPro 1.m4a” Spectrogram

“MacbookPro 1.m4a” 파일의 경우, Encoded Date와 Tagged Date가 소실되거나, Writing Application의 변경. Sampling Rate, voice-memo-uuid 값 소실 등이 존재하는 것을 확인하였다.

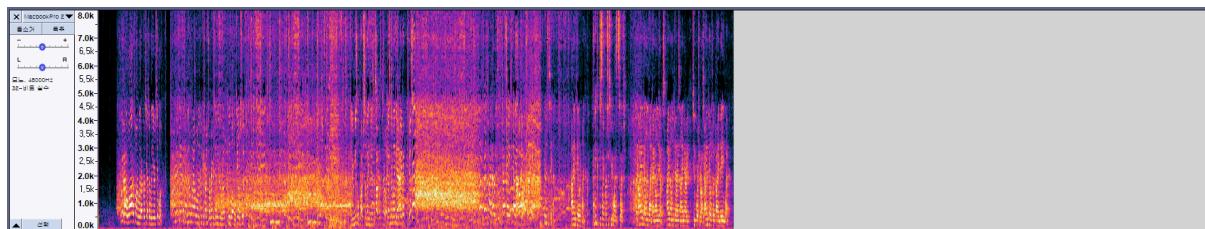
또한 Spectrogram을 검토한 결과, 특이사항은 발견하지 못하였다.

- Encoded Date와 Tagged Date 소실
- Writing Application 변화 (com.apple.VoiceMemos (Mac OS X 10.15.7)) → Lavf59.4.101
- voice-memo-uuid 값 소실 및 Default, Alternate group 데이터 추가
- Frame Rate 값 소실
- Sampling Rate 값 변화 (48.0 → 96.0)

[표 20] Media3 폴더 내부 “MacbookPro 2.m4a” 파일 정보

Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-08-23 20:28:03
Playback time	50 s 348 ms
Application used	com.apple.VoiceMemos (Mac OS X 10.15.7)
Frame rate	46.875 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (M4A/isom/mp42) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p>[General]</p> <p>Format: MPEG-4 Format profile: Apple audio with iTunes info Codec ID: M4A (M4A/isom/mp42) File size: 409 KiB Duration: 50 s 348 ms Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 66.6 kb/s Track name: Macbook Pro 2 Encoded date: UTC 2021-08-23 11:28:03 Tagged date: UTC 2021-08-23 11:28:54 Writing application: com.apple.VoiceMemos (Mac OS X 10.15.7) voice-memo-uuid: 27013621-6644-45CB-8F7F-D4158479992B</p>

	<p><b>[Audio]</b></p> <p>Sampling Rate: 48.0 kHz</p> <p>Title: Core Media Audio</p> <p>Encoded date: UTC 2021-08-23 11:28:03</p> <p>Tagged date: UTC 2021-08-23 11:28:54</p>
<b>Unique ID</b>	27013621-6644-45CB-8F7F-D4158479992B



[그림 10] “MacbookPro 2.m4a” Spectrogram

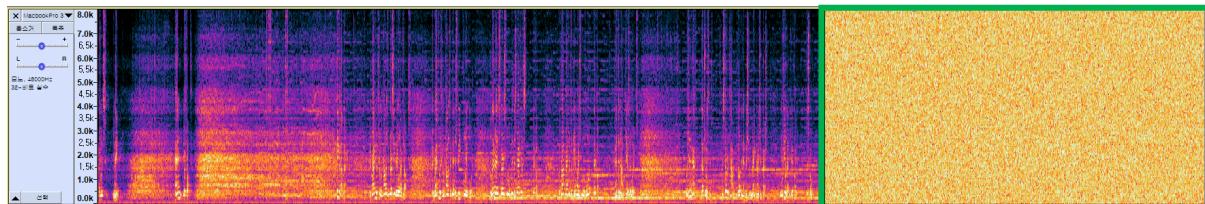
“MacbookPro 2.m4a” 파일의 경우, 메타데이터의 변경점이나 소실된 부분을 확인할 수 없었다.

또한 Spectrogram을 검토한 결과, 일부 불연속적인 구간으로 보이는 구간이 있었으나 해당 구간에 노이즈가 존재하므로 도구에 의한 불연속 구간이 아니라 음성의 정적이나 정지에 의한 것으로 판단하였다.

[표 21] Media3 폴더 내부 “MacbookPro 3.m4a” 파일 정보

Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	-
Playback time	1 min 27 s
Application used	Lavf55.33.100
Frame rate	46.875 FPS (1024 SPF)
Codec type	<p>General Codec ID: M4A (isom/iso2)</p> <p>Audio Codec ID: mp4a-40-2</p>
Metadata of multimedia container file	<p><b>[General]</b></p> <p>Format: MPEG-4</p> <p>Format profile: Apple audio with iTunes info</p> <p>Codec ID: M4A (isom/iso2)</p> <p>File size: 2.08 MiB</p> <p>Duration: 1 min 27 s</p> <p>Overall bit rate mode: Constant</p> <p>Overall bit rate: 199 kb/s</p> <p>Track name: Macbook Pro 3</p> <p>Writing application: Lavf55.33.100</p> <p><b>[Audio]</b></p> <p>Sampling Rate: 48.0 kHz</p>

	Default: Yes
	Alternate group: 1
Unique ID	-



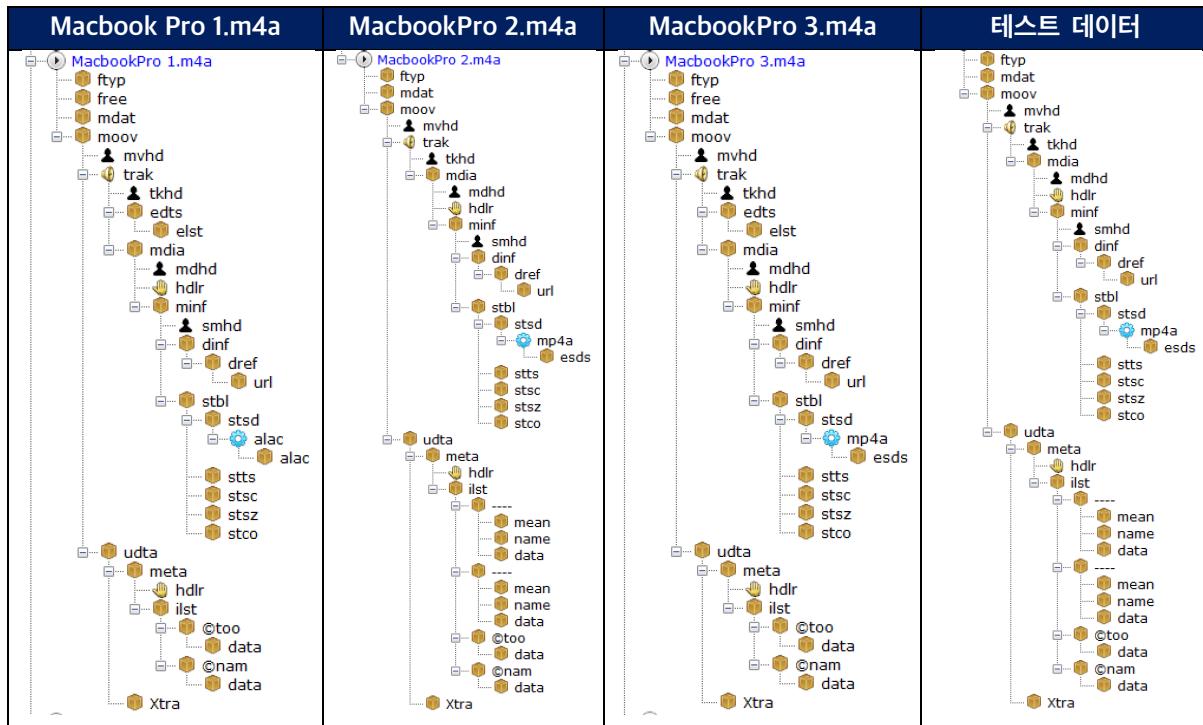
[그림 11] “MacbookPro 3.m4a” Spectrogram

“MacbookPro 2.m4a” 파일의 경우, Encoding Date와 Tagged Date의 소실, Writing Application, General Codec ID의 변경, Title과 voice-memo-uuid의 소실이 확인되었다.

또한 Spectrogram을 검토한 결과, 음성 파일 후반부에 노이즈가 포함된 불연속적 구간이 확인되었다. 이에 해당 영역을 Forged Section이라 판단하였다.

- Encoded Date와 Tagged Date 소실
- Writing Application 변화 (com.apple.VoiceMemos (Mac OS X 10.15.7)) → Lavf55.33.100)
- voice-memo-uuid 값 소실 및 Default, Alternate group 데이터 추가
- General Codec ID 변화 (M4A (M4A/isom/mp42) → M4A (isom/iso2))
- 불연속 Spectrogram 확인

[표 22] Media 3 및 실험용 데이터의 컨테이너 구조 비교 (Macbook Pro)



테스트 데이터는 기본 옵션을 사용

주어진 녹음파일들의 메타데이터 정보 값 비교를 포함해, 실제 조작 여부를 판단하기 위해서 컨테이너 구조를 “MP4 Inspector”라는 도구로 비교해보았다.

그 결과 메타 데이터의 누락이 없었던 “MacbookPro 2.m4a”를 제외한 나머지는 다른 컨테이너 구조를 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

다음은 제공된 데이터에 기반한 iOS 및 기종 별 녹음 파일의 기본 특징이다.

[표 23] 공통 / iOS (iPhone 6S, Macbook Pro) 음성 녹음 파일 특징

공통	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frame Rate가 46.875 FPS (1024 SPF) 이다.</li> <li>- General 메타 데이터에 voice-memo-uuid가 존재한다.</li> <li>- General Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42)</li> <li>- Audio Codec ID: mp4a-40-2</li> <li>- Title로 Core Media Audio라는 값을 가진다.</li> <li>- Encoding date 및 Tagged Date가 존재해야한다.</li> <li>- Sampling Rate가 48.0 kHz를 가진다.</li> </ul>
iPhone 6S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용 어플리케이션은 com.apple.VoiceMemos (iPhone (null)) 값을 가진다.</li> </ul>
Macbook Pro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용 어플리케이션은 com.apple.VoiceMemos (Mac OS X 10.15.7) 값을 가진다.</li> </ul>

아래는 녹음 파일들의 공통된 특징과, 조작되었다고 판단된 파일의 차이점을 분석함으로써 최종적으로 식별한 Media3 내부 파일의 조작여부이다.

[표 24] Media 3 폴더 내부의 미디어 파일 조작 여부

파일 명	조작 여부	판단 근거
iPhone 6S 1.m4a	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Recorded Date와 Encoded Date의 차이 존재</li> <li>➢ Frame Rate의 변화 (46.875 → 43.066)</li> <li>➢ Sampling Rate의 변화 (48.0 → 44.1)</li> <li>➢ 불연속 Spectrogram 확인</li> </ul>
iPhone 6S 2.m4a	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Recorded Date와 Encoded Date의 소실</li> <li>➢ General Codec ID의 변화 (M4A (M4A/isom/mp42) → M4A (isom/iso2))</li> <li>➢ Writing Application 변화 (com.apple.VoiceMemos (iPhone (null)) → Lavf58.29.100)</li> <li>➢ voice-memo-uuid 값 소실 및 Default, Alternate group 데이터 추가</li> </ul>
iPhone 6S 3.m4a	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 메타데이터 누락 없음 / 컨테이너 구조 동일</li> </ul>
iPhone 6S 4.m4a	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Recorded Date와 Encoded Date의 소실</li> <li>➢ General Codec ID의 변화 (M4A (M4A/isom/mp42) → M4A (isom/iso2))</li> <li>➢ Writing Application 변화 (com.apple.VoiceMemos (iPhone (null)) → Lavf58.29/100)</li> <li>➢ voice-memo-uuid 값 소실 및 Default, Alternate group 데이터 추가</li> </ul>
MacbookPro 1.m4a	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Encoded Date와 Tagged Date 소실</li> <li>➢ Writing Application 변화 (com.apple.VoiceMemos (Mac OS X 10.15.7)) → Lavf59.4.101)</li> <li>➢ voice-memo-uuid 값 소실 및 Default, Alternate group 데이터 추가</li> <li>➢ Frame Rate 값 소실</li> <li>➢ Sampling Rate 값 변화 (48.0 → 96.0)</li> </ul>
MacbookPro 2.m4a	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 메타데이터 누락 없음 / 컨테이너 구조 동일</li> </ul>
MacbookPro 3.m4a	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Encoded Date와 Tagged Date 소실</li> <li>➢ Writing Application 변화 (com.apple.VoiceMemos (Mac OS X 10.15.7)) → Lavf55.33.100)</li> <li>➢ voice-memo-uuid 값 소실 및 Default, Alternate group 데이터 추가</li> <li>➢ General Codec ID 변화 (M4A (M4A/isom/mp42) → M4A (isom/iso2))</li> <li>➢ 불연속 Spectrogram 확인</li> </ul>

4. For the confirmed forgery in Q2 and Q3, develop a script or tool that can distinguish between normal voice data and forged voice data recorded on Android and iOS. Then use the tool to determine whether the files in ‘Media4’ folder have been manipulated. (150 points)

### ■ 요구사항 분석

이름	수정한 날짜	유형	크기
\$130	2021-08-29 오후 4:44	파일	4KB
Gear S3 4_W_20210823_175131	2021-08-27 오전 11:21	M4A 파일	1,174KB
iPhone 6S 5	2021-08-29 오전 12:32	M4A 파일	1,014KB
iPhone 6S 6	2021-08-29 오전 12:32	M4A 파일	292KB
Macbook Pro 4	2021-08-28 오후 11:48	M4A 파일	248KB
Macbook Pro 5	2021-08-29 오전 12:15	M4A 파일	318KB
Samsung Edge 7 Interview	2021-08-21 오후 9:11	M4A 파일	760KB
Samsung Edge 7 Memo	2021-08-29 오전 12:13	M4A 파일	933KB
Samsung Edge 7 Voice	2021-08-29 오전 12:17	M4A 파일	64KB
Samsung Note 10 3	2021-08-27 오전 11:20	M4A 파일	975KB
Samsung Note 10 4	2021-08-29 오전 12:30	M4A 파일	835KB

[그림 12] “Media4” 폴더 내부

요구사항에 따르면 Media2, Media3를 통해 판별했던 조작 여부를 기반으로 Andorid/iOS 상에서 정상 음성 녹음과 조작 음성 녹음 파일을 식별할 수 있는 도구를 개발해야한다.

주어진 “Media4” 폴더 내부를 확인해보면 이전에 분석하였던 모델을 포함해 “Gear S3”, “iPhone 6S”, “Macbook Pro”, “Samsung Edge 7”, “Samsung Note 10” 등 다양한 모델들로부터 녹음된 것으로 추정되는 음성 녹음 파일들을 확인할 수 있다.

이전의 분석에 따르면 Android / iOS (macOS) 에서 녹음된 파일들은 다음과 같은 특징들을 지닌다.

[표 25] Media2 데이터 분석을 통해 추출한 지표

공통	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Audio 컨테이너 메타데이터의 Encoded / Tagged Date가 동일하다.</li> <li>- Language 값은 English를 가진다.</li> <li>- 사용 어플리케이션 값이 존재하지 않는다.</li> <li>- 채널 수가 1이다.</li> <li>- Audio Codec ID 값은 mp4a-40-2 이다.</li> </ul>
Gear S3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frame Rate의 값은 15.625 FPS (1024 SPF) 을 가진다.</li> <li>- Sampling Rate의 값은 16.0 kHz를 가진다.</li> <li>- General Codec ID는 3gp4 (isom/3p4) 값을 가진다.</li> </ul>
Samsung Note 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frame Rate의 값은 43.066 FPS (1024 SPF) 을 가진다.</li> <li>- General Codec ID는 mp42 (mp42/mp41/isom/iso2) 이다.</li> <li>- General 컨테이너 메타데이터에 book, com.android.version 이라는 키와 값이 존재한다. (book의 값은 bkmk로 고정)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Title은 SoundHandle 로 가진다.</li> <li>- Sampling Rate의 값은 44.1 kHz를 가진다.</li> </ul>
--	---

[표 26] Meida3 데이터 분석을 통해 추출한 지표

공통	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frame Rate가 46.875 FPS (1024 SPF) 이다.</li> <li>- General 메타 데이터에 voice-memo-uuid가 존재한다.</li> <li>- General Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42)</li> <li>- Audio Codec ID: mp4a-40-2</li> <li>- Title로 Core Media Audio라는 값을 가진다.</li> <li>- Encoding date 및 Tagged Date가 존재해야한다.</li> <li>- Sampling Rate가 48.0 kHz 를 가진다</li> <li>- 채널 수가 1이다.</li> </ul>
iPhone 6S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용 어플리케이션은 com.apple.VoiceMemos (iPhone (null)) 값을 가진다.</li> </ul>
Macbook Pro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용 어플리케이션은 com.apple.VoiceMemos (Mac OS X 10.15.7) 값을 가진다.</li> </ul>

해당 지표를 통해 대부분의 녹음 파일의 조작 여부를 식별할 수 있었지만, 음성 녹음은 어플리케이션의 옵션 및 모델/운영체제 버전에 따라 달라질 수 있는 메타데이터가 일부 존재한다.

실제 분석 과정에서 발생한 실험 데이터, 음성 녹음 파일 조작 탐지 논문 (Android<sup>1</sup>/iOS<sup>2</sup>)을 통해 운영체제 버전, 어플리케이션 설정, 기기 모델에 따라 다른 메타데이터 (Channel : 안드로이드 음성 녹음 모드에 따라 2 Channel 존재, General Codec ID : Gear 같이 기기에 따라 3gp로 설정된 경우 존재, Sampling Rate: iPhone 모델에 따라 다름 등)이 존재함을 확인할 수 있었다.

이러한 메타데이터를 조작의 지표로 설정하게 되면 False Positive와 True Negative를 발생 시킬 수 있으며, Android OS의 Media4 데이터처럼 충분히 분석되지 않은 다양한 모델로부터 다양한 지표가 생성될 수 있으므로, 운영체제 별로 공통적인 지표로만 조작 여부를 판단 할 수 있어야한다.

이에 도구 개발을 위해 최종적으로 선별된 조작 판단 지표는 아래와 같다.

[표 27] Android/iOS (macOS) 녹음 파일 조작 판단 지표

Android	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Audio 컨테이너 메타데이터의 Encoded / Tagged Date가 동일하다.</li> <li>- Language 값은 English를 가진다.</li> <li>- 사용 어플리케이션 값이 존재하지 않는다.</li> <li>- Audio Codec ID: mp4a-40-2</li> </ul>
iOS (macOS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frame Rate가 46.875 FPS (1024 SPF) 이다.</li> <li>- General 메타 데이터에 voice-memo-uuid가 존재한다.</li> </ul>

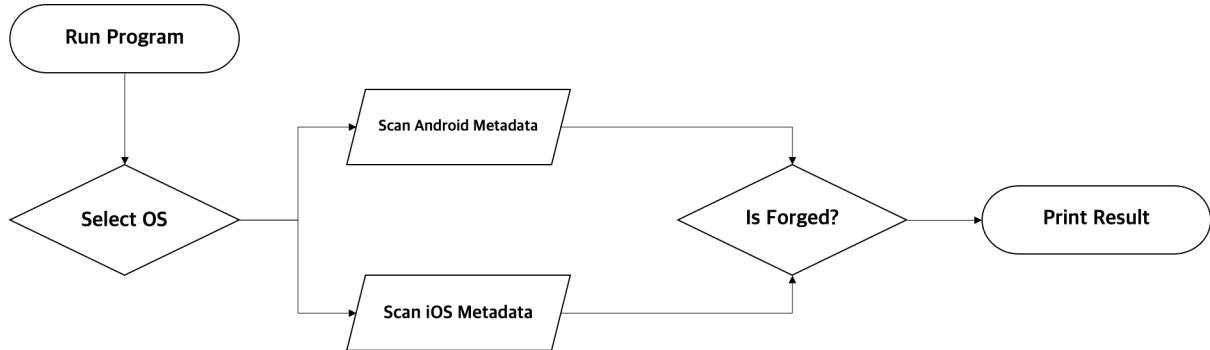
<sup>1</sup> 박남인, 심규선 and 전옥엽. (2019). 디지털 오디오 파일의 편집 여부 분석 절차에 대한 연구. 디지털포렌식연구, 13(4), 257-270.

<sup>2</sup> Park, N. I., Lee, J. W., Shim, K. S., Byun, J. S., & Jeon, O. Y. (2021). A method of forensic authentication of audio recordings generated using the Voice Memos application in the iPhone. *Forensic Science International*, 320, 110702.

- General Codec ID: M4A (M4A/isom/mp42)
- Title로 Core Media Audio라는 값을 가진다.

## ■ 도구 구조

위의 지표를 통해서 다음과 같이 프로그램의 순서도를 구성하였다.



[그림 13] 도구 순서도

## ■ 도구 메뉴얼

[표 28] 도구 다운로드 링크

<https://drive.google.com/file/d/1fkpHO8RfoLzCR8FVvZHdRgy3aUg9Ms6/view?usp=sharing>

해당 도구는 위의 다운로드 링크를 통해 다운로드 받을 수 있으며 아래의 압축 파일로 구성된다.

이름	수정일	크기	종류
▶  data	어제 오후 4:38	--	폴더
▶  lib	오늘 오전 1:22	--	폴더
▶  venv	2021년 9월 18일 오후 3:37	--	폴더
find.py	오늘 오전 3:18	2KB	Python Script

[그림 14] 압축 파일 내부

해당 도구는 아래의 환경에서 구동 및 테스트되었으며, 필요 라이브러리 (mediainfo) 설치를 위해 아래의 명령어로 설치를 수행하여야 한다.

[표 29] 도구 구동 및 테스트 환경

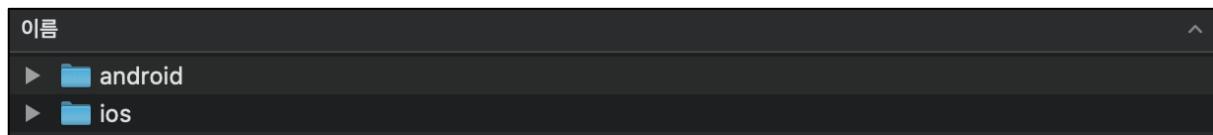
OS	macOS Catalina 10.15.6 (19G73)
Python	3.7.0 (v3.7.0:1bf9cc5093, Jun 26 2018, 23:26:24)

[표 30] 라이브러리 설치 명령어 (pip는 사용자의 환경에 따라 버전이 상이하다.)

`pip3 install -r requirements.txt`

조작된 음성 파일의 경우, 메타데이터가 소실되거나 변조되므로 운영체제를 파악하기 어려워지며 운영체제 별로 구성된 지표를 사용해 조작 여부를 판별할 수가 없게 된다.

이에 본 도구에서는 수집된 음성 파일의 운영체제에 맞게 음성 파일을 지정된 폴더에 넣고 그에 맞는 명령어를 실행하도록 지원하고 있다.



[그림 15] data 폴더 하위 분기되는 폴더

[표 31] Android 음성 녹음 파일 대상 명령어

```
python find.py android
```

[표 32] iOS(macOS) 음성 녹음 파일 대상 명령어

```
python find.py ios
```

## ■ 수행 결과

완성된 도구의 수행 결과는 다음과 같다. (옆에 표기되는 Reason은 가장 먼저 필터링된 순으로 표시된다.)

```
● / Gear S3 1_W_20210823_172418.m4a / Invalid Android Write Application  
● / Gear S3 5_W_20210823_175704.m4a / Invalid Android Write Application  
● / Gear S3 3_W_20210823_174557.m4a  
● / Samsung Note 10 1.m4a / Invalid Audio Encode/Tag Date  
● / Samsung Note 10 2.m4a
```

[그림 16] Media2 폴더 대상 수행 결과

```
● / iPhone 6S 3.m4a  
● / iPhone 6S 2.m4a / Invalid Writing Application  
● / iPhone 6S 1.m4a / Invalid Frame Rate  
● / iPhone 6S 4.m4a / Invalid Frame Rate  
● / MacbookPro 3.m4a / Invalid Writing Application  
● / MacbookPro 2.m4a  
● / MacbookPro 1.m4a / Invalid Writing Application
```

[그림 17] Media3 폴더 대상 수행 결과

```
● / Samsung Edge 7 Voice.m4a / Invalid Android Write Application  
● / Samsung Edge 7 Memo.m4a / Invalid Language  
● / Samsung Edge 7 Interview.m4a  
● / Samsung Note 10 4.m4a / Invalid Language  
● / Gear S3 4_W_20210823_175131.m4a  
● / Samsung Note 10 3.m4a
```

[그림 18] Media 4 폴더 대상 수행 결과 (Android)

```
● / iPhone 6S 5.m4a / Invalid Frame Rate  
● / iPhone 6S 6.m4a  
● / Macbook Pro 4.m4a  
● / Macbook Pro 5.m4a / Invalid Writing Application
```

[그림 19] Media 4 폴더 대상 수행 결과 (iOS)

개발된 도구를 통해 판단한 Media4 내부의 녹음 파일 조작 여부는 아래의 표와 같다.

[표 33] Media4 폴더 도구 구동 결과

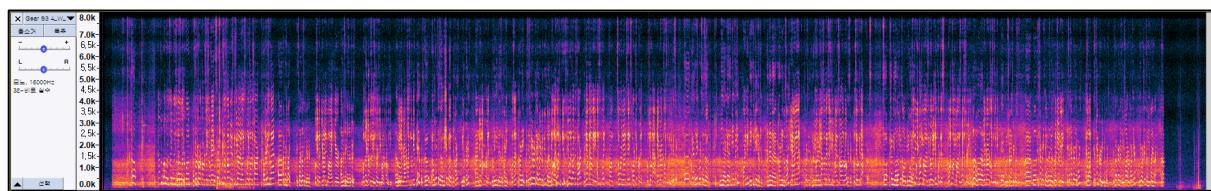
파일 명	조작 여부
Gear S3 4_W_20210823_175131.m4a	X
Macbook Pro 4.m4a	X
Macbook Pro 5.m4a	O
Samsung Edge 7 Interview.m4a	X
Samsung Edge 7 Memo.m4a	O
Samsung Edge 7 Voice.m4a	O
Samsung Note 10 3.m4a	X
Samsung Note 10 4.m4a	O
iPhone 6S 5.m4a	O
iPhone 6S 6.m4a	X

## ■ 도구 검증

해당 도구의 정상 동작 여부를 검증하기 위해, 이전의 절차와 동일하게 메타데이터와 Spectrogram을 통해 결과를 비교 분석하였다.

[표 34] Media4 폴더 내부 “Gear S3 4\_W\_20210823\_175131.m4a” 파일 정보

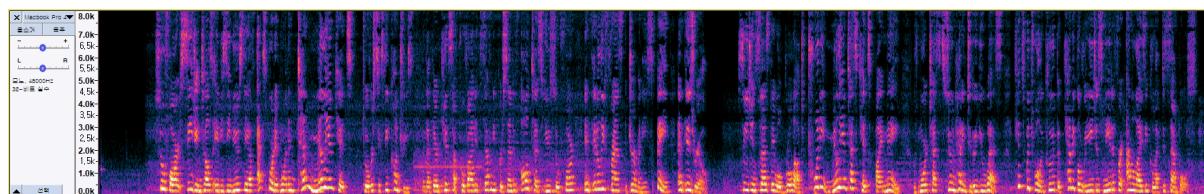
Recording date (UTC+9)	2021-08-23 17:51
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-08-23 17:51:31
Playback time	1 min 40 s
Application used	-
Frame rate	15.625 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: mp42 (mp42/mp41/isom/iso2) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<b>[General]</b> Format: MPEG-4 Format profile: Base Media / Version 2 Codec ID: mp42 (mp42/mp41/isom/iso2) File size: 1.15 MiB Duration: 1 min 40 s Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 95.7 kb/s Encoded date: UTC 2021-08-23 08:51:31 Tagged date: UTC 2021-08-23 08:51:31  <b>[Audio]</b> Language: English Encoded date: UTC 2021-08-23 08:51:31 Tagged date: UTC 2021-08-23 08:51:31
Unique ID	-



[그림 20] “Gear S3 4\_W\_20210823\_175131.m4a” Spectrogram

[표 35] Media4 폴더 내부 “Macbook Pro 4.m4a” 파일 정보

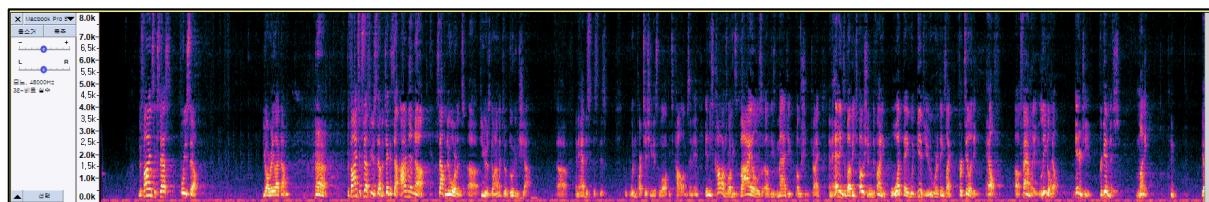
Recording date (UTC+9)	2021-08-29 15:44
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-08-29 15:44:35
Playback time	30 s 158 ms
Application used	com.apple.VoiceMemos (Mac OS X 10.15.7)
Frame rate	46.875 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (M4A/isom/mp42) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p><b>[General]</b></p> <p>Format: MPEG-4 Format profile: Apple audio with iTunes info Codec ID: M4A (M4A/isom/mp42) File size: 247 KiB Duration: 30 s 158 ms Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 67.1 kb/s Encoded date: UTC 2021-08-29 06:44:35 Tagged date: UTC 2021-08-29 06:45:06 Writing application: com.apple.VoiceMemos (Mac OS X 10.15.7) voice-memo-uuid: 0329275D-EA79-407A-97BB-4B04F80DDEB9</p> <p><b>[Audio]</b></p> <p>Title: Core Media Audio Encoded date: UTC 2021-08-29 06:44:35 Tagged date: UTC 2021-08-29 06:45:06</p>
Unique ID	0329275D-EA79-407A-97BB-4B04F80DDEB9



[그림 21] “Macbook Pro 4.m4a” Spectrogram

[표 36] Media4 폴더 내부 “Macbook Pro 5.m4a” 파일 정보

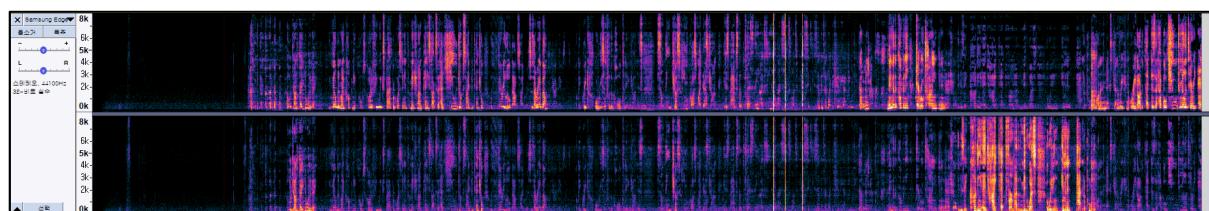
Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	-
Playback time	40 s 406 ms
Application used	Lavf58.29.100
Frame rate	46.875 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (isom/iso2) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p>[General]</p> <p>Format: MPEG-4</p> <p>Format profile: Apple audio with iTunes info</p> <p>Codec ID: M4A (isom/iso2)</p> <p>File size: 317 KiB</p> <p>Duration: 40 s 406 ms</p> <p>Overall bit rate mode: Constant</p> <p>Overall bit rate: 64.3 kb/s</p> <p>Writing application: Lavf58.29</p> <p>[Audio]</p> <p>Title: Core Media Audio</p> <p>Default: Yes</p> <p>Alternate group: 1</p>
Unique ID	-



[그림 22] “Macbook Pro 5.m4a” Spectrogram

[표 37] Media4 폴더 내부 “Samsung Edge 7 Interview.m4a” 파일 정보

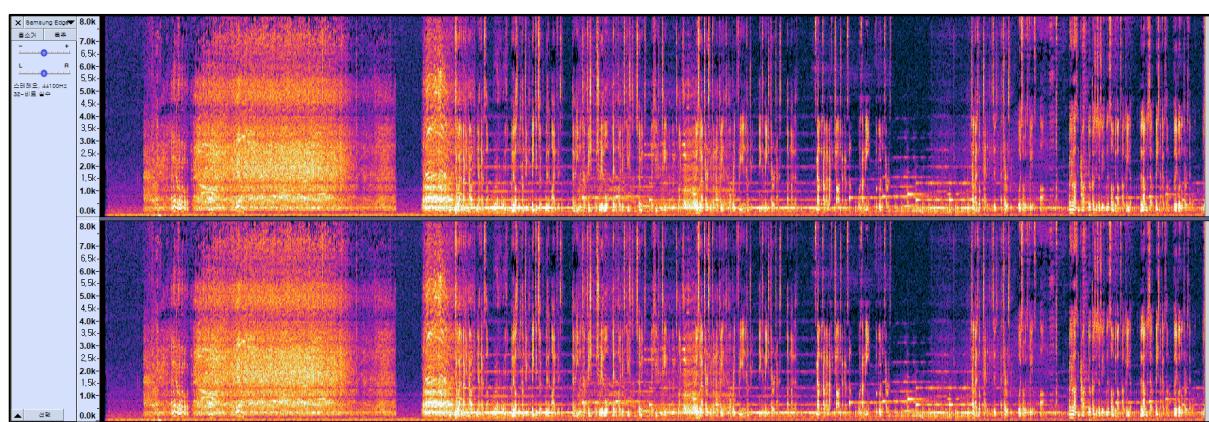
Recording date (UTC+9)	2021-08-23 20:43
The number of channels	2 channels
Encoding date (UTC+9)	2021-08-23 20:43:15
Playback time	45 s 767 ms
Application used	-
Frame rate	43.066 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: 3gp4 (isom/3gp4s) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	[General] Format: MPEG-4 Format profile: 3GPP Media Release 4 Codec ID: 3gp4 (isom/3gp4) File size: 760 KiB Duration: 45 s 767 ms Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 136 kb/s Encoded date: UTC 2021-08-23 11:43:15 Tagged date: UTC 2021-08-23 11:43:15 book: bkmk com.android.version: 8.0.0  [Audio] Title: SoundHandle Language: English Encoded date: UTC 2021-08-23 11:43:15 Tagged date: UTC 2021-08-23 11:43:15
Unique ID	-



[그림 23] “Samsung Edge 7 Interview.m4a” Spectrogram

[표 38] Media4 폴더 내부 “Samsung Edge 7 Memo.m4a” 파일 정보

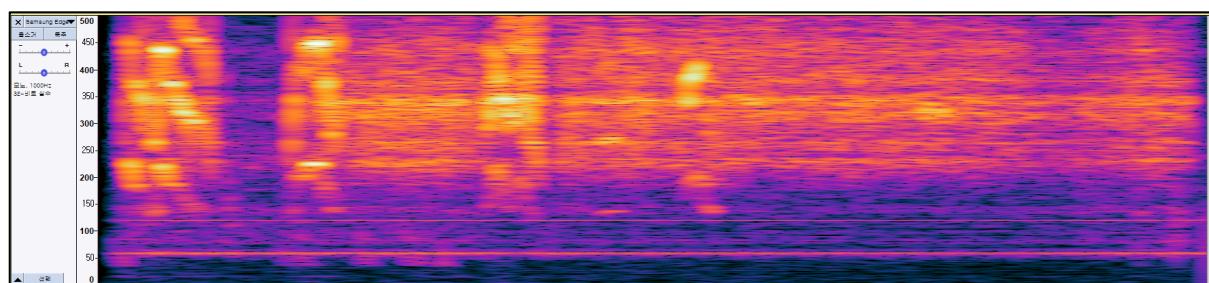
Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	2 channels
Encoding date (UTC+9)	-
Playback time	1 min 19 s
Application used	LAME3.98.2 (Library)
Frame rate	38.281 FPS (1152 SPF)
Codec type	General Codec ID: - Audio Codec ID: -
Metadata of multimedia container file	<p>[General]</p> <p>Format: MPEG Audio</p> <p>File size: 932 KiB</p> <p>Duration: 1 min 19 s</p> <p>Overall bit rate mode: Constant</p> <p>Overall bit rate: 96.0 kb/s</p> <p>Writing library: LAME3.98.2</p> <p>FileExtension_Invalid: m1a mpa mpa1 mp1 m2a mpa2 mp2 mp3</p> <p>[Audio]</p> <p>Format: MPEG Audio</p> <p>Format version: Version 1</p> <p>Format profile: Layer 3</p> <p>Format settings: Joint stereo / MS Stereo</p> <p>Writing library: LAME3.98.2</p>
Unique ID	-



[그림 24] “Samsung Edge 7 Memo.m4a” Spectrogram

[표 39] Media4 폴더 내부 “Samsung Edge 7 Voice.m4a” 파일 정보

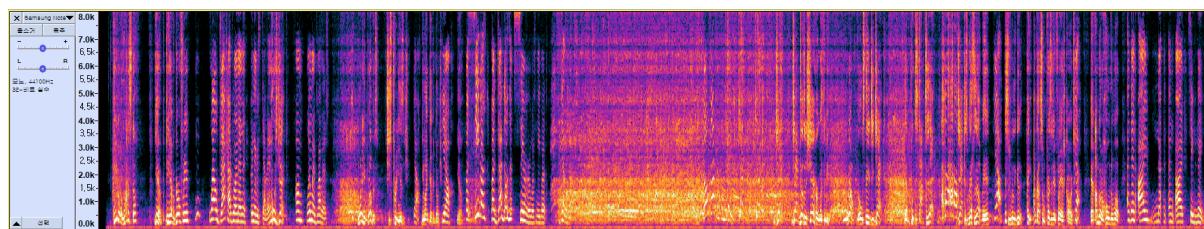
Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	-
Playback time	25 s 705 ms d
Application used	Lavf59.4.101
Frame rate	-
Codec type	General Codec ID: M4A (M4A /isom/iso2) Audio Codec ID: alac
Metadata of multimedia container file	<b>[General]</b> Format: MPEG-4 Format profile: Apple audio with iTunes info Codec ID: M4A (M4A /isom/iso2) File size: 63.3 KiB Duration: 25 s 705 ms Overall bit rate mode: Variable Overall bit rate: 20.2 kb/s Writing application: Lavf59.4.101  <b>[Audio]</b> Title: SoundHandle Language: English Default: Yes Alternate group: 1
Unique ID	-



[그림 25] “Samsung Edge 7 Voice.m4a” Spectrogram

[표 40] Media4 폴더 내부 “Samsung Note 10 3.m4a” 파일 정보

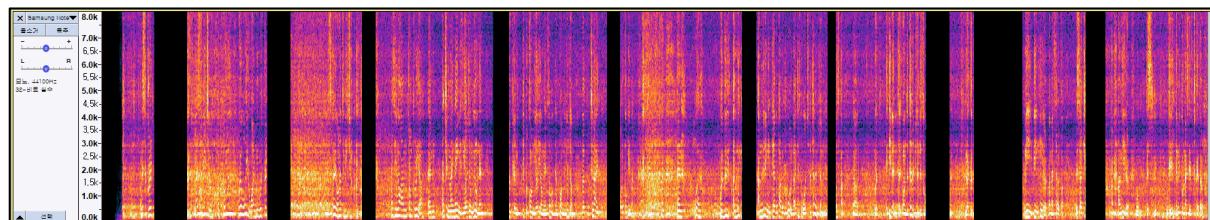
Recording date (UTC+9)	2021-08-23 20:59
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-08-23 20:59:05
Playback time	59 s 327 ms
Application used	-
Frame rate	43.066 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: 3gp4 (isom/3gp4) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p><b>[General]</b></p> <p>Format: MPEG-4 Format profile: 3GPP Media Release 4 Codec ID: 3gp4 (isom/3gp4) File size: 974 KiB Duration: 59 s 327 ms Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 135 kb/s Encoded date: UTC 2021-08-23 11:59:05 Tagged date: UTC 2021-08-23 11:59:05 book: bkmk com.android.version: 11</p> <p><b>[Audio]</b></p> <p>Title: SoundHandle Language: English Encoded date: UTC 2021-08-23 11:59:05 Tagged date: UTC 2021-08-23 11:59:05</p>
Unique ID	-



[그림 26] “Samsung Note 10 3.m4a” Spectrogram

[표 41] Media4 폴더 내부 “Samsung Note 10 4.m4a” 파일 정보

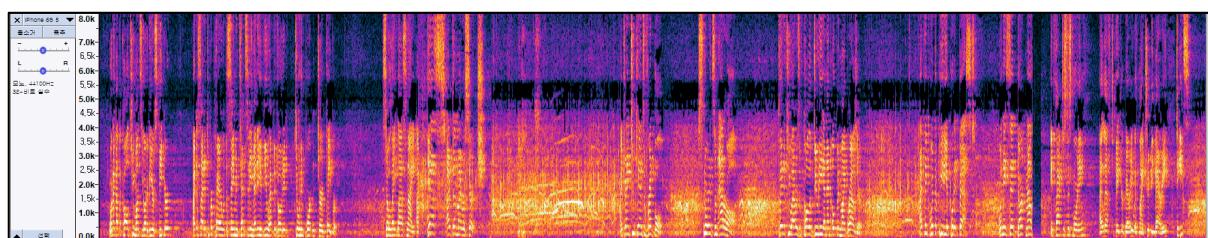
Recording date (UTC+9)	-
The number of channels	1 channels
Encoding date (UTC+9)	-
Playback time	1 min 1 s
Application used	LAME3.100 (Library)
Frame rate	38.281 FPS (1152 SPF)
Codec type	General Codec ID: - Audio Codec ID: -
Metadata of multimedia container file	<p>[General]</p> <p>Format: MPEG Audio</p> <p>File size: 834 KiB</p> <p>Duration: 1 min 1 s</p> <p>Overall bit rate mode: Variable</p> <p>Overall bit rate: 112 kb/s</p> <p>Writing library: LAME3.100</p> <p>FileExtension_Invalid: m1a mpa mpa1 mp1 m2a mpa2 mp2 mp3</p> <p>[Audio]</p> <p>Writing library: LAME3.100</p> <p>Encoding settings: -m m -V 0 -q 0 -lowpass 22.1 --vbr-new -b 32</p>
Unique ID	-



[그림 27] “Samsung Note 10 4.m4a” Spectrogram

[표 42] Media4 폴더 내부 “iPhone 6S 5.m4a” 파일 정보

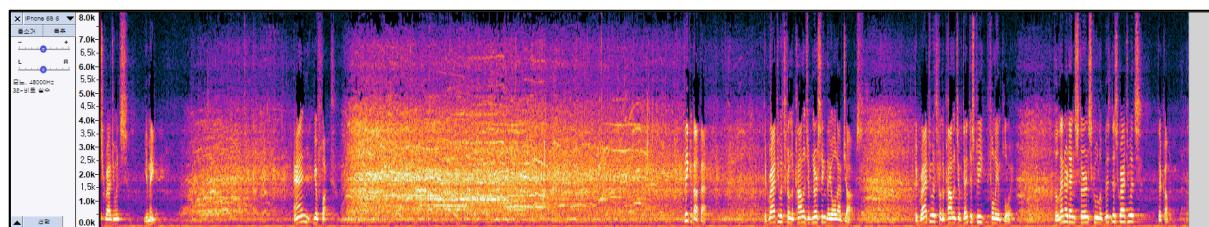
Recording date (UTC+9)	2021-08-29 15:35:14
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-08-29 15:38:23
Playback time	36 s 227 ms
Application used	com.apple.VoiceMemos (iPhone (null))
Frame rate	43.066 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (isom/iso2/mp42) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p><b>[General]</b></p> <p>Format: MPEG-4 Format profile: Apple audio with iTunes info Codec ID: M4A (M4A/isom/mp42) File size: 1013 KiB Duration: 36 s 227 ms Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 229 kb/s Track name: iPhone 6S 5 Recorded date: 2021-08-29T06:35:14Z Encoded date: UTC 2021-08-29 06:38:23 Tagged date: UTC 2021-08-29 06:38:24 Writing application: com.apple.VoiceMemos (iPhone (null)) voice-memo-uuid: A75EC0D9-A0B1-40AE-999F-85C25E4D2EF1</p> <p><b>[Audio]</b></p> <p>Title: Core Media Audio Encoded date: UTC 2021-08-29 06:38:23 Tagged date: UTC 2021-08-29 06:38:24</p>
Unique ID	A75EC0D9-A0B1-40AE-999F-85C25E4D2EF1



[그림 28] “iPhone 6S 5.m4a” Spectrogram

[표 43] Media4 폴더 내부 “iPhone 6S 6.m4a” 파일 정보

Recording date (UTC+9)	2021-08-29 15:38:58
The number of channels	1 channel
Encoding date (UTC+9)	2021-08-29 15:38:58
Playback time	35 s 655 ms
Application used	com.apple.VoiceMemos (iPhone (null))
Frame rate	46.875 FPS (1024 SPF)
Codec type	General Codec ID: M4A (M4A/isom/mp42) Audio Codec ID: mp4a-40-2
Metadata of multimedia container file	<p><b>[General]</b></p> <p>Format: MPEG-4 Format profile: Apple audio with iTunes info Codec ID: M4A (M4A /isom/mp42) File size: 291 KiB Duration: 35 s 655 ms Overall bit rate mode: Constant Overall bit rate: 66.9 kb/s Track name: iPhone 6S 6 Recorded date: 2021-08-29T06:38:58Z Encoded date: UTC 2021-08-29 06:38:58 Tagged date: UTC 2021-08-29 06:39:35 Writing application: com.apple.VoiceMemos (iPhone (null)) voice-memo-uuid: 08AE32B2-30D5-4088-A924-19C6477FEA49</p> <p><b>[Audio]</b></p> <p>Title: Core Media Audio Encoded date: UTC 2021-08-29 06:38:58 Tagged date: UTC 2021-08-29 06:39:35</p>
Unique ID	08AE32B2-30D5-4088-A924-19C6477FEA49



[그림 29] “iPhone 6S 6.m4a” Spectrogram

최종적으로 Media4 폴더의 미디어 파일을 분석/도구를 통해 판별한 조작 여부는 아래와 같다.

[표 44] 수동 분석과 도구 구동 결과 비교

파일 명	도구 결과	분석 결과
Gear S3 4_W_20210823_175131.m4a	X	X
Macbook Pro 4.m4a	X	X
Macbook Pro 5.m4a	O	O
Samsung Edge 7 Interview.m4a	X	X
Samsung Edge 7 Memo.m4a	O	O
Samsung Edge 7 Voice.m4a	O	O
Samsung Note 10 3.m4a	X	X
Samsung Note 10 4.m4a	O	O
iPhone 6S 5.m4a	O	O
iPhone 6S 6.m4a	X	X
결과 비교	일치	