50. 5주차 실습 보고서

202102675 이문영

morse_data.py

```
HEX_MORSE_DICT = {
    '0': '..-',   '1': '.---',  '2': '-..-',  '3':
'-...',
    '4': '----',  '5': '-.--',  '6': '.-..',  '7':
'.-.-',
    '8': '-.-.',  '9': '---.',  'A': '....-', 'B': '-
-..',
    'C': '.....', 'D': '--.-',  'E': '.--.',  'F':
'...-'
}
REVERSE_HEX_MORSE_DICT = {v: k for k, v in
HEX_MORSE_DICT.items()}```
## textToMorse.py
```python
from morse_data import HEX_MORSE_DICT

def text2morse_unicode(text):
    # 텍스트를 UTF-8로 인코딩하고 Hex로 변환
    byte_hex = text.encode('utf-8').hex().upper()
    # Hex 값을 Morse로 변환
    morse_seq = [HEX_MORSE_DICT[c] for c in byte_hex]  #
HEX_MORSE_DICT 사용
    return ' '.join(morse_seq)

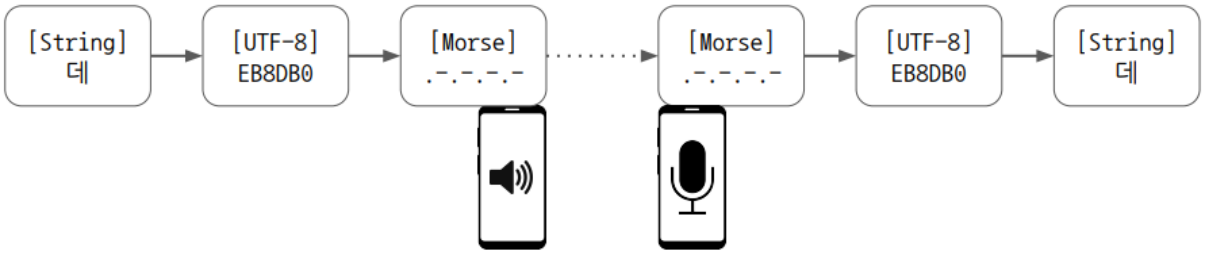

if __name__ == "__main__":
```
```

```
    text = input('Enter the text (Unicode): ')

    for ch in text:
        print(f"\n=== Character: '{ch}' ===")
        uni_code = ord(ch)
        print(f"Unicode Integer: {uni_code}")
        binary_code = bin(uni_code)
        print(f"Unicode Binary: {binary_code}")
        code_point = hex(uni_code)
        print(f"Code Point: {code_point}")
        print(f"UTF-8 Bytes: {ch.encode('utf-8')}")
        byte_hex = ch.encode('utf-8').hex().upper()
        print(f"Hex (UTF-8): {byte_hex}")


    # 전체 문자열 기준 인코딩 및 Morse 변환
    total_hex = text.encode('utf-8').hex().upper()
    print(f"\n[ 전체 입력 문자열 ]")
    print(f"UTF-8 Hex: {total_hex}")
    morse = text2morse_unicode(text)
    print(f"Morse Code: {morse}")
```

이번 실습은 저번 실습과 달리 유니코드로 표현할 수 있는 모든 문자를 송수신 할 수 있는 파이썬 프로그램을 작성하는 것이 목표입니다.



기본적인 아이디어는 Unicode Encoding 된 Hex String 을 Morse code 로 Encoding 하여 전송하는 것입니다.
유니코드는 전 세계 문자를 위한 공통 문자 사전으로, 어떤 문자든 그에 맵핑되는 이진수열이 존재합니다. utf-8은 이런 이진수열을 어떻게byte단위로 표현할 것인지에 대한 규칙입니다.

다음은 유니코드 이진수열이 어떻게 utf-8형식의 byte 표현으로 변환되는지 보여주는 예시입니다.

```
DBuser@DESKTOP-7UB4BQM MINGW64 /h/다른 컴퓨터/내 노트북/3-1/01. 데이터 통신/데이터 통신 실습/week05
$ python textToMorse.py
Enter the text (Unicode): 데

=== Character: '데' ===
Unicode Integer: 45936
Unicode Binary: 0b1011001101110000
Code Point: 0xb370
UTF-8 Bytes: b'\xeb\x8d\xb0'
Hex (UTF-8): EB8DB0

[ 전체 입력 문자열 ]
UTF-8 Hex: EB8DB0
Morse Code: .---. --.. -.-. --.- --.. ..-
(.venv)
```

위 예시는 입력받은 문자 '데'가 어떻게 인코딩 되는지 일련의 과정을 보여줍니다.

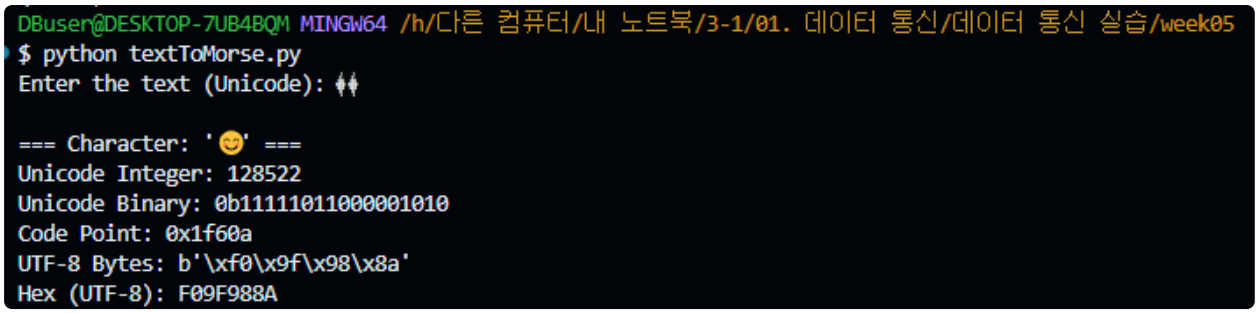
먼저 '데'의 유니코드 정수 값은 `45936` 이고 이를 이진수로 표현하면 `1011 00011 0111 0000`입니다. 다시 이 이진수열을 16진수로 변환하면 `0xb370` 입니다.

UTF-8 형식에 의하면 `0xb370` 정도의 값은 아래 테이블에서 세번째에 case에 해당합니다.
참조 : https://namu.wiki/w/UTF-8

유니코드		utf-8로 저장하는 값					
자릿수	코드값 범위	첫 바이트	둘째 바이트	셋째 바이트	넷째 바이트	다섯째 바이트	여섯째 바이트
00~07비트	0 ~ 0x7F	0xxxxxxx					
08~11비트	0x80 ~ 0x7FF	110xxxxx	10xxxxxx				
12~16비트	0x800 ~ 0xFFFF	1110xxxx	10xxxxxx	10xxxxxx			
17~21비트	0x10000 ~ 0x1FFFFF[5]	11110xxx	10xxxxxx	10xxxxxx	10xxxxxx		
22~26비트	(미사용)[6]	111110xx	10xxxxxx	10xxxxxx	10xxxxxx	10xxxxxx	
27~31비트	(미사용)[7]	1111110x	10xxxxxx	10xxxxxx	10xxxxxx	10xxxxxx	10xxxxxx

즉 3byte형식 `1110xxxx 10xxxxxx 10xxxxxx` 에 맞추어 `1011 00011 0111 0000` 를 표현해야 합니다. `1011 00011 0111 0000` 에서 앞 4bit/ 중간 6bit / 마지막 6bit 이렇게 나누어 위 3byte형식에 그대로 집어 넣으면 `11101011`, `10001101`, `10110000` 로 나누어 집니다.
이를 그대로 16진수 형태로 읽으면 `EB 8D B0`이 됩니다.

(참고) 이모지는 다음과 같이 utf-8로 표현됩니다. (위 테이블에서 4번째에 해당)



이를 이용해 16진수 표현에 사용되는 `0~F` 까지의 문자만 모스부호로 표현 할 수 있으면 utf-8형식으로 영어, 한글, 이모지 등 모든 문자를 통신 할 수 있습니다. 다음은 이를 이용한 text2morse_unicode() 함수입니다.

```
def text2morse_unicode(text):
    # 텍스트를 UTF-8로 인코딩하고 Hex로 변환
    byte_hex = text.encode('utf-8').hex().upper()
    # Hex 값을 Morse로 변환
    morse_seq = [HEX_MORSE_DICT[c] for c in byte_hex]  # HEX_MORSE_DICT 사용
    return ' '.join(morse_seq)
```

다음은 위의 역순인 moseToText.py입니다.

morseToText.py

```
from morse_data import REVERSE_HEX_MORSE_DICT

def morse_to_unicode(morse_code):
    hex_chars = [
        REVERSE_HEX_MORSE_DICT[code]
        for code in morse_code.strip().split()
        if code in REVERSE_HEX_MORSE_DICT
```

```
    ]

    hex_str = ''.join(hex_chars)
    if len(hex_str) % 2 != 0:
        return "[DECODE ERROR]"
    try:
        return bytes.fromhex(hex_str).decode('utf-8')
    except:
        return "[DECODE ERROR]"
```

모스코드로부터 이에 대응하는 16진수 문자들을 hex_chars에 저장하고, 이를 하나의 16진수 문자열 hex_str로 만들어줍니다. 만약 이 문자열의 길이가 2의 배수가 아니라면, 뭔가 잘못 되었음을 인지하고 에러 문구를 출력합니다.
`bytes.fromhex(hex_str).decode('utf-8')` 여러 함수를 사용하여 저장된 hex_str을 utf-8형식으로 다시 decode해줍니다.

MoseCodeOver.py

다음은 이제 기존의 4주차 실습코드에서 위에서 설명한 utf-8방식의 통신을 적용한 코드입니다. 변경된 내용은 그냥 text2morse_unicode(text) 함수와 morse_to_unicode(morse_code)를 사용했다는 점입니다.

먼저 설정값입니다. 4주차에 사용되었던 설정 그대로 유지합니다.

설정 값들

`MoresCodeOver.py`

```
INTMAX = 2**15 - 1  # 32767
UNIT = 0.1                  # 1 unit = 100ms
```

```
FREQ = 523.251              # C5 tone
FS = 48000                  # 샘플레이트
MORSE_THRESHOLD = 1000      # 임계값 (환경에 따라 조정 필요)
CHUNK_SIZE = 1024
FORMAT = pyaudio.paInt16
```

pyaudio.paInt16을 사용하였으며, MORSE_THERESHOLD 값은 스피커의 음성 크기와 마이크에서 인식하는 값을 관찰 후 적절한 임계값으로 설정하였습니다. 이 임계값 이상일 경우 신호로 인식하도록 로직을 구성하였습니다.

---

send_data()

```
def send_data():
    text = input("Enter text to send (Unicode): ").strip()
    morse = text2morse_unicode(text)  # text2morse_unicode 호출하여 변환
    print("Morse:", morse)

    # PyAudio 스트림을 한 번만 열기
    p = pyaudio.PyAudio()
    stream = p.open(format=FORMAT,
                    channels=1,
                    rate=FS,
                    output=True) # 출력 스트림

    def play_tone(units):
        num_samples = int(FS * UNIT * units)
        samples = [
            int(INTMAX * math.sin(2 * math.pi * FREQ * (i / FS))) # 사인파 생성
            for i in range(num_samples)
        ]
```

```
        packed = struct.pack('<' + 'h' * len(samples),
*samples) # 바이너리로 변환
        stream.write(packed)

    def play_silence(units):
        num_samples = int(FS * UNIT * units)
        silence = [0] * num_samples
        packed = struct.pack('<' + 'h' * len(silence),
*silence)
        stream.write(packed)

    # Morse 재생
    for symbol in morse:
        if symbol == '.':
            play_tone(1)        # 1 unit
            play_silence(1)     # 기호 사이
        elif symbol == '-':
            play_tone(3)        # 3 units
            play_silence(1)     # 기호 사이
        elif symbol == ' ':
            play_silence(3)     # 문자 사이
        elif symbol == '/':
            play_silence(7)     # 단어 사이

    stream.stop_stream()
    stream.close()
    p.terminate()
```

send_data() 핵심 로직

```
    # Morse 재생
    for symbol in morse:
        if symbol == '.':
            play_tone(1)        # 1 unit
            play_silence(1)     # 기호 사이
        elif symbol == '-':
```

```
            play_tone(3)        # 3 units
            play_silence(1)     # 기호 사이
        elif symbol == ' ':
            play_silence(3)     # 문자 사이
        elif symbol == '/':
            play_silence(7)     # 단어 사이
```

위와 같이 입력 받은 모스 부호를 표준 해석에 맞게 소리를 냅니다. dot과 dash 는 각각 1번의 tone과 3번의 tone으로 이루어져 있으며 각 dot과 dash 사이는 1 unit silence를 호출합니다.
공백일 경우 문자 사이로 인지하여, 표준에 맞게 3 unit silence를, '/'일 경우 7 unit silence를 호출하게 합니다.

play_tone()

```
def play_tone(units):
        num_samples = int(FS * UNIT * units)
        samples = [
            int(INTMAX * math.sin(2 * math.pi * FREQ * (i
/ FS)))
            for i in range(num_samples)
        ]
        packed = struct.pack('<' + 'h' * len(samples),
*samples)
        stream.write(packed)
```

play_tone 함수는 입력받은 units의 개수 만큼 소리를 내줍니다.

`num_samples = int(FS * UNIT * units)` 에서 총 샘플의 개수를 저장합니다.
FS = 48000 * 0.1 * units으로 계산 되며, 만약 units = 1 을 인자로 받았다면 샘플 수를 4800이라 저장합니다.

```
samples = [
    int(INTMAX * math.sin(2 * math.pi * FREQ * (i / FS)))
    for i in range(num_samples)
]
```

실제 소리 데이터를 num_samples(샘플 개수)만큼 생성하는 코드입니다.
파이썬의 리스트 컴프리헨션 문법을 사용하여, 각 i에 대한 `int(INTMAX * math.sin(2 * math.pi * FREQ * (i / FS)))` 계산 결과를 samples 리스트에 저장합니다.

```
    packed = struct.pack('<' + 'h' * len(samples),
*samples)
    stream.write(packed)
```

저장된 샘플 데이터를 16bit PCM 오디오 형식으로 이진 데이터를 생성하고 이를 출력 스트림에 write하여 사인파 소리를 출력합니다.

play_silence()

```
    def play_silence(units):
        num_samples = int(FS * UNIT * units)
        silence = [0] * num_samples
        packed = struct.pack('<' + 'h' * len(silence),
*silence)
        stream.write(packed)
```

`silence = [0] * num_samples` 모든 값이 0인 리스트를 생성하여 무음을 출력하게 합니다.

recive_data()

```
unit_samples = int(FS*UNIT) # 4800 samples

def receive_data():
    print("Recording...")
    p = pyaudio.PyAudio()
    stream = p.open(format=FORMAT, channels=1, rate=FS,
input=True)

    audio = []
    started = False
    unseen_count = 0

    while True:
        raw = stream.read(unit_samples)
        chunk = struct.unpack('<' + 'h' * unit_samples,
raw)
        std = statistics.stdev(chunk)

        if not started:
            if std > MORSE_THRESHOLD:
                print("Signal detected! Starting
recording...")
                started = True
                audio.extend(chunk)
            else:
                print("Waiting... std =", std)
        else:
            print(f"Recording... std = {std:.3f}")
            audio.extend(chunk)

            if std < MORSE_THRESHOLD:
                unseen_count += 1
            else:
                unseen_count = 0

            if unseen_count >= 30: # 3초간 무음이면 종료
                print("Silence too long. Stopping
```

```
recording.")
                break

    stream.stop_stream()
    stream.close()
    p.terminate()

    print(f"Recording finished. Total units recorded:
{len(audio)//unit_samples}")

     # 분석 및 해독
    morse_str =
decode_morse_from_audio.decode_morse_from_audio(audio, FS,
UNIT, MORSE_THRESHOLD)
    print("Detected Morse:", morse_str)
    decoded_text = morse_to_unicode(morse_str)
    print("Decoded Text:", decoded_text)```


### 핵심 로직 (과제 목표 1, 2, 3)
```python
while True:
        raw = stream.read(unit_samples)
        chunk = struct.unpack('<' + 'h' * unit_samples,
raw)
        std = statistics.stdev(chunk)
```

수신부는 **신호 감지 이전부터 지속적으로 입력 스트림을 모니터링**하며, 신호가 감지되면 녹음을 시작하고, 일정 시간 이상 신호가 감지되지 않으면 녹음을 종료하는 방식으로 구성되어 있습니다.

먼저, PyAudio의 입력 스트림으로부터 `unit_samples = int(FS * UNIT)` 만큼의 샘플(0.1초에 해당)을 읽어옵니다.
이 샘플들은 `struct.unpack()`을 통해 정수 리스트 형태로 변환되며, 해당 구간의 **진폭의 표준편차(standard deviation)** 를
```

`statistics.stdev()`로 계산하여 `std`에 저장합니다.
이 `std` 값을 통해 해당 구간에 **실제 소리가 있었는지(신호인지 무음인지)** 를 판단합니다.

아래 코드는 위 반복문 내의 코드입니다.

```
        if not started:
            if std > MORSE_THRESHOLD:
                print("Signal detected! Starting
recording...")
                started = True
                audio.extend(chunk)
            else:
                print("Waiting... std =", std)
        else:
            print(f"Recording... std = {std:.3f}")
            audio.extend(chunk)
            if std < MORSE_THRESHOLD:
                unseen_count += 1
            else:
                unseen_count = 0

            if unseen_count >= 30: # 3초간 무음이면 종료
                print("Silence too long. Stopping
recording.")
                break
```

이 코드는 `std` 값을 기반으로 **녹음을 시작할 시점과 종료할 시점**을 판단하는 핵심 로직입니다.

1. **초기에는 `started = False` 상태**이며,
   이 때 `std > MORSE_THRESHOLD` 조건을 만족하면 **소리(신호)가 감지되었다고 판단**하고, `started = True`로 바꾸며 녹음을 시작합니다.
   동시에 해당 오디오 샘플(`chunk`)을 `audio` 리스트에 저장합니다.

2. 반대로, 아직 신호가 감지되지 않은 상태(`started = False`)이고 `std < MORSE_THRESHOLD` 일 경우에는
   "Waiting..." 메시지를 출력하며 계속해서 다음 단위를 기다립니다.
3. **`started = True` 인 경우에는 실제 녹음 중인 상태**로, 매 유닛 단위로 계속 `chunk` 를 `audio` 에 저장하고,
   표준편차 `std` 가 다시 일정 기준 미만으로 떨어지면 (즉, 무음 상태가 감지되면) `unseen_count` 를 1 증가시킵니다.
4. 반대로 `std > MORSE_THRESHOLD` 인 경우(소리가 다시 들어온 경우)는 `unseen_count` 를 0으로 초기화합니다.
5. 마지막으로, **무음 상태(`std < threshold`)가 `30 unit` 이상 지속되면 (즉, 3초 이상 무음)**
   `break` 를 통해 녹음을 종료합니다.
   (unseen count는 매 유닛 = 0.1s마다 ++되니 30unit = 3s)

녹음 된 aoudio 해독

recive_data()의 녹음 로직이 끝난 후 녹음된 오디오 리스트를 모스코드로 변환하고 이를 텍스트로 해석하는 과정을 거칩니다.

```
    # 분석 및 해독
    morse_str =
decode_morse_from_audio.decode_morse_from_audio(audio, FS,
UNIT, MORSE_THRESHOLD)
    print("Detected Morse:", morse_str)
    decoded_text = morse_to_unicode(morse_str)
    print("Decoded Text:", decoded_text)
```

decode_morse_from_audio

```
def decode_morse_from_audio(audio, FS, UNIT,
MORSE_THRESHOLD):
    units_per_chunk = int(FS * UNIT)  # 4800 samples
```

```
    morse_bits = []

    # 0.1초 단위로 나눠서 표준편차 측정
    for i in range(0, len(audio), units_per_chunk):
        chunk = audio[i:i + units_per_chunk]
        if len(chunk) < units_per_chunk:
            break
        stdev = statistics.stdev(chunk)
        if stdev > MORSE_THRESHOLD:
            morse_bits.append(1)
        else:
            morse_bits.append(0)

    return bits_to_morse(morse_bits)
```

이 함수는 입력으로 **해석할 오디오 샘플 리스트** `audio`, 샘플레이트(`FS = 48000`), 모스 부호의 단위 시간(`UNIT = 0.1초`), 소리 감지를 위한 임계값(`MORSE_THRESHOLD`)을 인자로 받습니다.

함수 내부에서는 오디오 데이터를 `UNIT` 단위(0.1초, 즉 4800 샘플씩)로 잘라가며,
각 구간의 **표준편차(`stdev`)를 계산**하여 해당 구간에 **소리가 있었는지 (1)** 혹은 **무음인지(0)** 를 판단합니다.

이렇게 생성된 `1`과 `0`의 비트 시퀀스는 `morse_bits` 리스트에 저장되며,
최종적으로 이 리스트는 `bits_to_morse(morse_bits)` 함수에 전달되어 **모스 부호 문자열로 변환됩니다.**

bits_to_morse

```
def bits_to_morse(bits):
    morse = ""
```

```
    count = 0
    current = bits[0]

    for bit in bits:
        if bit == current:
            count += 1
        else:
            morse += interpret_sequence(current, count)
            current = bit
            count = 1
    morse += interpret_sequence(current, count)
    return morse
```

이 함수는 1과 0으로 이루어진 비트 시퀀스에서 **같은 값이 연속된 구간의 길이(`count`)를 측정**하고, 그 값과 길이를 기반으로 `interpret_sequence()` 함수를 호출하여 모스 부호 문자(`.`, `-`, `' '`, `' / '`)로 해석하는 역할을 수행합니다.

연속된 비트 값이 바뀌는 지점(즉, `1 → 0` 또는 `0 → 1`)이 생기면 그 구간의 길이를 해석한 후 `morse` 문자열에 결과를 누적합니다. 루프가 끝난 후 마지막 비트열에 대한 해석도 누락되지 않도록 한 번 더 `interpret_sequence()`를 호출합니다.

interpret_sequence

```
def interpret_sequence(bit, count):
    if bit == 1:  # tone
        if count <= 2:
            return '.'  # dit
        elif count <= 5:
            return '-'  # dah
    elif bit == 0:  # silence
        if count <= 2:
            return ''   # 기호 사이
```

```
        elif count <= 5:
            return ' '  # 문자 사이
        elif count >= 6:
            return ' / '  # 단어 사이
    return ''
```

이 함수는 `bit` 값이 `1`(소리)인지 `0`(무음)인지와 그 값이 얼마나 연속되었는지(`count`)를 인자로 받아, **모스 부호 규칙에 따라 해당 구간을 `.`, `-`, 공백 등으로 변환**합니다.

원칙적으로는 `1 unit`의 소리는 `.`(dit), `3 unit`의 소리는 `-`(dah)로 정해져 있지만,
실제 녹음 환경에서는 신호가 정확히 끊기지 않거나 샘플 수에 미세한 오차가 생길 수 있습니다.
따라서 **실제 감지된 비트 수에 일정 범위의 오차를 허용**하도록 다음과 같은 기준을 적용했습니다

- 소리 (`bit == 1`)
  - `1~2` unit → `.`
  - `3~5` unit → `-`
- 무음 (`bit == 0`)
  - `1~2` unit → 기호 간 무음 (해석하지 않음)
  - `3~5` unit → 문자 간 공백 `' '`
  - `6 unit 이상` → 단어 간 공백 `' / '`