

---

# Extending and Embedding Python

릴리스 3.13.0

Guido van Rossum and the Python development team

10월 29, 2024



|          |                                       |            |
|----------|---------------------------------------|------------|
| <b>1</b> | <b>권장 제삼자 도구</b>                      | <b>3</b>   |
| <b>2</b> | <b>제삼자 도구 없이 확장 만들기</b>               | <b>5</b>   |
| 2.1      | C나 C++로 파이썬 확장하기 . . . . .            | 5          |
| 2.2      | 확장형 정의하기: 자습서 . . . . .               | 23         |
| 2.3      | 확장형 정의하기: 여러 가지 주제 . . . . .          | 46         |
| 2.4      | C와 C++ 확장 빌드하기 . . . . .              | 56         |
| 2.5      | 윈도우에서 C와 C++ 확장 빌드하기 . . . . .        | 56         |
| <b>3</b> | <b>더 큰 응용 프로그램에 CPython 런타임을 내장하기</b> | <b>59</b>  |
| 3.1      | 다른 응용 프로그램에 파이썬 내장하기 . . . . .        | 59         |
| <b>A</b> | <b>용어집</b>                            | <b>67</b>  |
| <b>B</b> | <b>이 설명서에 관하여</b>                     | <b>83</b>  |
| B.1      | 파이썬 설명서의 공헌자들 . . . . .               | 83         |
| <b>C</b> | <b>역사와 라이선스</b>                       | <b>85</b>  |
| C.1      | 소프트웨어의 역사 . . . . .                   | 85         |
| C.2      | 파이썬에 액세스하거나 사용하기 위한 이용 약관 . . . . .   | 86         |
| C.3      | 포함된 소프트웨어에 대한 라이선스 및 승인 . . . . .     | 89         |
| <b>D</b> | <b>저작권</b>                            | <b>105</b> |
|          | <b>색인</b>                             | <b>107</b> |



이 문서는 새로운 모듈로 파이썬 인터프리터를 확장하기 위해 C 나 C++로 모듈을 작성하는 방법을 설명합니다. 이러한 모듈은 새로운 함수뿐만 아니라 새로운 객체 형과 메서드를 정의할 수 있습니다. 또한, 확장 언어로 사용하기 위해, 파이썬 인터프리터를 다른 응용 프로그램에 내장시키는 방법에 관해서도 설명합니다. 마지막으로, 하부 운영 체제에서 이 기능을 지원하는 경우, 동적으로 (실행시간에) 인터프리터에 로드될 수 있도록 확장 모듈을 컴파일하고 링크하는 방법을 보여줍니다.

이 문서는 파이썬에 대한 기본 지식을 전제로 합니다. 언어에 대한 형식적이지 않은 소개는 [tutorial-index](#) 를 보십시오. [reference-index](#) 는 보다 형식적인 언어 정의를 제공합니다. [library-index](#) 는 존재하는 객체 형, 함수 및 모듈(내장된 것과 파이썬으로 작성된 것 모두)을 설명하는데, 이것들이 언어의 응용 범위를 넓힙니다.

전체 파이썬/C API에 대한 자세한 설명은 별도의 [c-api-index](#) 를 참조하십시오.



---

## 권장 제삼자 도구

---

This guide only covers the basic tools for creating extensions provided as part of this version of CPython. Third party tools like [Cython](#), [cffi](#), [SWIG](#) and [Numba](#) offer both simpler and more sophisticated approaches to creating C and C++ extensions for Python.

### 더 보기

#### 파이썬 패키징 사용자 지침서: 바이너리 확장

파이썬 패키징 사용자 지침서는 바이너리 확장의 생성을 단순화하는 몇 가지 사용 가능한 도구를 다루고 있을 뿐만 아니라, 확장 모듈을 만드는 것이 왜 바람직한지 여러 가지 이유에 대해서도 논의합니다.



---

## 제삼자 도구 없이 확장 만들기

---

지침서의 이 부분에서는 제삼자 도구의 도움 없이 C와 C++ 확장을 만드는 방법에 대해 설명합니다. 여러분 자신의 C 확장을 만드는 데 권장되는 방법이라기보다는, 주로 도구를 제작하는 사람들을 대상으로 합니다.

### 2.1 C나 C++로 파이썬 확장하기

C로 프로그래밍하는 방법을 알고 있다면, 파이썬에 새로운 내장 모듈을 추가하기는 매우 쉽습니다. 그러한 확장 모듈(*extension modules*)은 파이썬에서 직접 할 수 없는 두 가지 일을 할 수 있습니다: 새로운 내장 객체형을 구현할 수 있고, C 라이브러리 함수와 시스템 호출을 호출할 수 있습니다.

확장을 지원하기 위해, 파이썬 API(Application Programmers Interface)는 파이썬 런타임 시스템의 대부분 측면에 액세스 할 수 있는 함수, 매크로 및 변수 집합을 정의합니다. 파이썬 API는 헤더 "Python.h"를 포함해 C 소스 파일에 통합됩니다.

확장 모듈의 컴파일은 시스템 설정뿐만 아니라 의도하는 용도에 따라 다릅니다; 자세한 내용은 다음 장에서 설명합니다.

#### **i** 참고

C 확장 인터페이스는 CPython에만 해당하며, 확장 모듈은 다른 파이썬 구현에서는 작동하지 않습니다. 많은 경우에, C 확장을 작성하지 않고 다른 구현으로의 이식성을 유지하는 것이 가능합니다. 예를 들어, 사용 사례가 C 라이브러리 함수나 시스템 호출을 호출하는 것이라면, 사용자 정의 C 코드를 작성하는 대신 `ctypes` 모듈이나 `ctypes` 라이브러리 사용을 고려해야 합니다. 이 모듈을 사용하면 C 코드와 인터페이스 하기 위한 파이썬 코드를 작성할 수 있으며 C 확장 모듈을 작성하고 컴파일하는 것보다 파이썬 구현 간에 이식성이 더 좋습니다.

#### 2.1.1 간단한 예

`spam`(몬티 파이썬 팬들이 가장 좋아하는 음식...)이라는 확장 모듈을 만듭시다, 그리고 C 라이브러리 함수 `system()`에 대한 파이썬 인터페이스를 만들고 싶다고 합시다<sup>1</sup>. 이 함수는 널 종료 문자열을 인자로 취하고 정수를 반환합니다. 우리는 이 함수를 다음과 같이 파이썬에서 호출할 수 있기를 원합니다:

```
>>> import spam
>>> status = spam.system("ls -l")
```

<sup>1</sup> 이 함수에 대한 인터페이스는 표준 모듈 `os`에 이미 존재합니다 — 간단하고 단순한 예제로 선택되었습니다.

spammodule.c 파일을 만드는 것으로 시작하십시오. (역사적으로, 모듈을 spam이라고 하면, 해당 구현을 포함하는 C 파일은 spammodule.c라고 합니다; 모듈 이름이 spammify처럼 매우 길면, 모듈 이름은 그냥 spammify.c일 수 있습니다.)

파일의 처음 두 줄은 다음과 같습니다:

```
#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>
```

이것은 파이썬 API를 가져옵니다 (원한다면 모듈의 목적과 저작권 표시를 설명하는 주석을 추가할 수 있습니다).

### 참고

파이썬이 일부 시스템의 표준 헤더에 영향을 미치는 일부 전처리기 정의를 정의할 수 있어서, 표준 헤더가 포함되기 전에 반드시 Python.h를 포함해야 합니다.

#define PY\_SSIZE\_T\_CLEAN was used to indicate that Py\_ssize\_t should be used in some APIs instead of int. It is not necessary since Python 3.13, but we keep it here for backward compatibility. See arg-parsing-string-and-buffers for a description of this macro.

Python.h가 정의한 사용자가 볼 수 있는 기호는 표준 헤더 파일에 정의된 기호를 제외하고 모두 Py나 PY 접두사를 갖습니다. 편의를 위해, 그리고 파이썬 인터프리터가 광범위하게 사용하기 때문에, "Python.h"는 몇 가지 표준 헤더 파일을 포함합니다: <stdio.h>, <string.h>, <errno.h> 및 <stdlib.h>. 후자의 헤더 파일이 시스템에 없으면, 함수 malloc(), free() 및 realloc()을 직접 선언합니다.

다음으로 모듈 파일에 추가하는 것은 파이썬 표현식 spam.system(string)이 평가될 때 호출될 C 함수입니다 (이것이 어떻게 호출되는지 곧 보게 될 것입니다):

```
static PyObject *
spam_system(PyObject *self, PyObject *args)
{
    const char *command;
    int sts;

    if (!PyArg_ParseTuple(args, "s", &command))
        return NULL;
    sts = system(command);
    return PyLong_FromLong(sts);
}
```

파이썬의 인자 목록(예를 들어, 단일 표현식 "ls -l")에서 C 함수로 전달되는 인자로의 간단한 변환이 있습니다. C 함수에는 항상 self와 args라는 두 개의 인자가 있습니다.

self 인자는 모듈 수준 함수에서 모듈 객체를 가리킵니다; 메서드의 경우 객체 인스턴스를 가리킵니다.

args 인자는 인자를 포함하는 파이썬 튜플 객체에 대한 포인터입니다. 튜플의 각 항목은 호출의 인자 목록에 있는 인자에 해당합니다. 인자는 파이썬 객체입니다 — C 함수에서 무언가를 수행하려면 이들을 C 값으로 변환해야 합니다. 파이썬 API의 PyArg\_ParseTuple() 함수는 인자 형을 확인하고 C 값으로 변환합니다. 템플릿 문자열을 사용하여 필요한 인자 형과 변환된 값을 저장할 C 변수 형을 결정합니다. 나중에 이것에 대해 자세히 알아보겠습니다.

모든 인자의 형이 올바르게 해당 구성 요소가 주소가 전달된 변수에 저장되면, PyArg\_ParseTuple()은 참(0이 아닙니다)을 반환합니다. 유효하지 않은 인자 목록이 전달되면 거짓(0)을 반환합니다. 후자의 경우 호출 함수가(예에서 보듯이) NULL을 즉시 반환할 수 있도록 적절한 예외를 발생시킵니다.

### 2.1.2 막간극: 예외와 예외

An important convention throughout the Python interpreter is the following: when a function fails, it should set an exception condition and return an error value (usually `-1` or a `NULL` pointer). Exception information is stored in three members of the interpreter's thread state. These are `NULL` if there is no exception. Otherwise they are the C equivalents of the members of the Python tuple returned by `sys.exc_info()`. These are the exception type, exception instance, and a traceback object. It is important to know about them to understand how errors are passed around.

파이썬 API는 다양한 형의 예외를 설정하기 위한 여러 함수를 정의합니다.

가장 일반적인 것은 `PyErr_SetString()` 입니다. 인자는 예외 객체와 C 문자열입니다. 예외 객체는 보통 `PyExc_ZeroDivisionError`와 같은 미리 정의된 객체입니다. C 문자열은 예외의 원인을 나타내며 파이썬 문자열 객체로 변환되어 예외의 “연관된 값”으로 저장됩니다.

또 다른 유용한 함수는 `PyErr_SetFromErrno()` 입니다. 이 함수는 예외 인자만 취하고 전역 변수 `errno`를 검사하여 관련 값을 구성합니다. 가장 일반적인 함수는 `PyErr_SetObject()`이며, 예외와 관련 값인 두 개의 객체 인자를 취합니다. 이러한 함수들에 전달되는 객체를 `Py_INCREF()` 할 필요는 없습니다.

`PyErr_Occurred()`로 예외가 설정되어 있는지 비 파괴적으로 검사할 수 있습니다. 현재 예외 객체나 예외가 발생하지 않았으면 `NULL`을 반환합니다. 반환 값에서 알 수 있어야 해서 일반적으로 함수 호출에서 예외가 발생했는지 확인하기 위해 `PyErr_Occurred()`를 호출할 필요는 없습니다.

When a function *f* that calls another function *g* detects that the latter fails, *f* should itself return an error value (usually `NULL` or `-1`). It should *not* call one of the `PyErr_*` functions — one has already been called by *g*. *f*'s caller is then supposed to also return an error indication to *its* caller, again *without* calling `PyErr_*`, and so on — the most detailed cause of the error was already reported by the function that first detected it. Once the error reaches the Python interpreter's main loop, this aborts the currently executing Python code and tries to find an exception handler specified by the Python programmer.

(There are situations where a module can actually give a more detailed error message by calling another `PyErr_*` function, and in such cases it is fine to do so. As a general rule, however, this is not necessary, and can cause information about the cause of the error to be lost: most operations can fail for a variety of reasons.)

실패한 함수 호출로 설정된 예외를 무시하려면, `PyErr_Clear()`를 호출하여 예외 조건을 명시적으로 지워야 합니다. C 코드가 `PyErr_Clear()`를 호출해야 하는 유일한 때는 예외를 인터프리터에 전달하지 않고 스스로 완전히 처리하려고 하는 경우입니다(아마 다른 것을 시도하거나, 아무것도 잘못되지 않은 척해서).

모든 실패한 `malloc()` 호출은 예외로 전환되어야 합니다 — `malloc()`(또는 `realloc()`)의 직접 호출자는 스스로 `PyErr_NoMemory()`를 호출하고 실패 표시기를 반환해야 합니다. 모든 객체 생성 함수(예를 들어, `PyLong_FromLong()`)는 이미 이 작업을 수행하므로, 이 주의는 `malloc()`을 직접 호출하는 호출자에게만 해당합니다.

또한 `PyArg_ParseTuple()`과 그 친구들의 중요한 예외를 제외하고, 정수 상태를 반환하는 함수는 유닉스 시스템 호출처럼 일반적으로 성공 시 양수 값이나 0을 반환하고, 실패 시 `-1`을 반환합니다.

마지막으로, 예외 표시기를 반환할 때 (이미 만든 객체를 `Py_XDECREF()`나 `Py_DECREF()`를 호출하여) 가비지를 정리하십시오!

The choice of which exception to raise is entirely yours. There are predeclared C objects corresponding to all built-in Python exceptions, such as `PyExc_ZeroDivisionError`, which you can use directly. Of course, you should choose exceptions wisely — don't use `PyExc_TypeError` to mean that a file couldn't be opened (that should probably be `PyExc_OSError`). If something's wrong with the argument list, the `PyArg_ParseTuple()` function usually raises `PyExc_TypeError`. If you have an argument whose value must be in a particular range or must satisfy other conditions, `PyExc_ValueError` is appropriate.

모듈에 고유한 예외를 정의할 수도 있습니다. 이를 위해, 일반적으로 파일 시작 부분에 정적 객체 변수를 선언합니다:

```
static PyObject *SpamError;
```

and initialize it in your module's initialization function (`PyInit_spam()`) with an exception object:

```

PyMODINIT_FUNC
PyInit_spam(void)
{
    PyObject *m;

    m = PyModule_Create(&spammodule);
    if (m == NULL)
        return NULL;

    SpamError = PyErr_NewException("spam.error", NULL, NULL);
    if (PyModule_AddObjectRef(m, "error", SpamError) < 0) {
        Py_CLEAR(SpamError);
        Py_DECREF(m);
        return NULL;
    }

    return m;
}
    
```

Note that the Python name for the exception object is `spam.error`. The `PyErr_NewException()` function may create a class with the base class being `Exception` (unless another class is passed in instead of `NULL`), described in `bltin-exceptions`.

Note also that the `SpamError` variable retains a reference to the newly created exception class; this is intentional! Since the exception could be removed from the module by external code, an owned reference to the class is needed to ensure that it will not be discarded, causing `SpamError` to become a dangling pointer. Should it become a dangling pointer, C code which raises the exception could cause a core dump or other unintended side effects.

We discuss the use of `PyMODINIT_FUNC` as a function return type later in this sample.

The `spam.error` exception can be raised in your extension module using a call to `PyErr_SetString()` as shown below:

```

static PyObject *
spam_system(PyObject *self, PyObject *args)
{
    const char *command;
    int sts;

    if (!PyArg_ParseTuple(args, "s", &command))
        return NULL;
    sts = system(command);
    if (sts < 0) {
        PyErr_SetString(SpamError, "System command failed");
        return NULL;
    }
    return PyLong_FromLong(sts);
}
    
```

### 2.1.3 예제로 돌아가기

예제 함수로 돌아가서, 이제 여러분은 이 문장을 이해할 수 있어야 합니다:

```

if (!PyArg_ParseTuple(args, "s", &command))
    return NULL;
    
```

It returns `NULL` (the error indicator for functions returning object pointers) if an error is detected in the argument list, relying on the exception set by `PyArg_ParseTuple()`. Otherwise the string value of the argument has been

copied to the local variable `command`. This is a pointer assignment and you are not supposed to modify the string to which it points (so in Standard C, the variable `command` should properly be declared as `const char *command`).

다음 문장은 유닉스 함수 `system()` 을 호출인데, `PyArg_ParseTuple()` 에서 얻은 문자열을 전달합니다:

```
sts = system(command);
```

Our `spam.system()` function must return the value of `sts` as a Python object. This is done using the function `PyLong_FromLong()`.

```
return PyLong_FromLong(sts);
```

이 경우, 정수 객체를 반환합니다. (예, 정수조차도 파이썬에서는 힙 상의 객체입니다!)

If you have a C function that returns no useful argument (a function returning `void`), the corresponding Python function must return `None`. You need this idiom to do so (which is implemented by the `Py_RETURN_NONE` macro):

```
Py_INCREF(Py_None);
return Py_None;
```

`Py_None`은 특수 파이썬 객체 `None`의 C 이름입니다. 앞에서 보았듯이, 대부분의 상황에서 “에러”를 뜻하는 `NULL` 포인터가 아니라 진짜 파이썬 객체입니다.

### 2.1.4 모듈의 메서드 테이블과 초기화 함수

I promised to show how `spam_system()` is called from Python programs. First, we need to list its name and address in a “method table”:

```
static PyMethodDef SpamMethods[] = {
    ...
    {"system", spam_system, METH_VARARGS,
     "Execute a shell command."},
    ...
    {NULL, NULL, 0, NULL} /* Sentinel */
};
```

세 번째 항목 (`METH_VARARGS`)에 유의하십시오. 이것은 인터프리터에게 C 함수에 사용될 호출 규칙을 알려주는 플래그입니다. 일반적으로 항상 `METH_VARARGS` 나 `METH_VARARGS | METH_KEYWORDS` 여야 합니다; 0 값은 더는 사용되지 않는 `PyArg_ParseTuple()` 변형이 사용됨을 의미합니다.

`METH_VARARGS` 만 사용할 때, 함수는 파이썬 수준 매개 변수가 `PyArg_ParseTuple()` 을 통한 구문 분석에 허용되는 튜플로 전달될 것으로 기대해야 합니다; 이 함수에 대한 자세한 정보는 아래에 제공됩니다.

The `METH_KEYWORDS` bit may be set in the third field if keyword arguments should be passed to the function. In this case, the C function should accept a third `PyObject *` parameter which will be a dictionary of keywords. Use `PyArg_ParseTupleAndKeywords()` to parse the arguments to such a function.

메서드 테이블은 모듈 정의 구조체에서 참조되어야 합니다:

```
static struct PyModuleDef spammodule = {
    PyModuleDef_HEAD_INIT,
    "spam", /* name of module */
    spam_doc, /* module documentation, may be NULL */
    -1, /* size of per-interpreter state of the module,
         or -1 if the module keeps state in global variables. */
    SpamMethods
};
```

This structure, in turn, must be passed to the interpreter in the module’s initialization function. The initialization function must be named `PyInit_name()`, where `name` is the name of the module, and should be the only non-static item defined in the module file:

```

PyMODINIT_FUNC
PyInit_spam(void)
{
    return PyModule_Create(&spammodule);
}
    
```

Note that `PyMODINIT_FUNC` declares the function as `PyObject *` return type, declares any special linkage declarations required by the platform, and for C++ declares the function as `extern "C"`.

When the Python program imports module `spam` for the first time, `PyInit_spam()` is called. (See below for comments about embedding Python.) It calls `PyModule_Create()`, which returns a module object, and inserts built-in function objects into the newly created module based upon the table (an array of `PyMethodDef` structures) found in the module definition. `PyModule_Create()` returns a pointer to the module object that it creates. It may abort with a fatal error for certain errors, or return `NULL` if the module could not be initialized satisfactorily. The init function must return the module object to its caller, so that it then gets inserted into `sys.modules`.

When embedding Python, the `PyInit_spam()` function is not called automatically unless there's an entry in the `PyImport_Inittab` table. To add the module to the initialization table, use `PyImport_AppendInittab()`, optionally followed by an import of the module:

```

#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>

int
main(int argc, char *argv[])
{
    PyStatus status;
    PyConfig config;
    PyConfig_InitPythonConfig(&config);

    /* Add a built-in module, before Py_Initialize */
    if (PyImport_AppendInittab("spam", PyInit_spam) == -1) {
        fprintf(stderr, "Error: could not extend in-built modules table\n");
        exit(1);
    }

    /* Pass argv[0] to the Python interpreter */
    status = PyConfig_SetBytesString(&config, &config.program_name, argv[0]);
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto exception;
    }

    /* Initialize the Python interpreter. Required.
       If this step fails, it will be a fatal error. */
    status = Py_InitializeFromConfig(&config);
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto exception;
    }
    PyConfig_Clear(&config);

    /* Optionally import the module; alternatively,
       import can be deferred until the embedded script
       imports it. */
    PyObject *pmodule = PyImport_ImportModule("spam");
    if (!pmodule) {
        PyErr_Print();
        fprintf(stderr, "Error: could not import module 'spam'\n");
    }
}
    
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```
// ... use Python C API here ...

return 0;

exception:
    PyConfig_Clear(&config);
    Py_ExitStatusException(status);
}
```

**i 참고**

sys.modules에서 항목을 제거하거나 프로세스 내에서 컴파일된 모듈을 여러 인터프리터로 임포트 하면 (또는 exec() 를 개입시키지 않고 fork() 를 따르면) 일부 확장 모듈에 문제가 발생할 수 있습니다. 확장 모듈 작성자는 내부 데이터 구조를 초기화할 때 주의를 기울여야 합니다.

더욱 실질적인 예제 모듈이 Modules/xxmodule.c로 파이썬 소스 배포판에 포함되어 있습니다. 이 파일은 템플릿으로 사용되거나 단순히 예제로 읽을 수 있습니다.

**i 참고**

spam 예제와 달리 xxmodule은 다단계 초기화(multi-phase initialization)(파이썬 3.5의 새로운 기능)를 사용합니다. 여기서는 PyModuleDef 구조체가 PyInit\_spam에서 반환되고, 모듈 생성은 임포트 절차에 맡겨집니다. 다단계 초기화에 대한 자세한 내용은 [PEP 489](#)를 참조하십시오.

### 2.1.5 컴파일과 링크

새로운 확장을 사용하기 전에 해야 할 두 가지 작업이 더 있습니다: 컴파일과 파이썬 시스템과의 링크. 동적 로딩을 사용하면, 세부 사항은 시스템이 사용하는 동적 로딩 스타일에 따라 달라질 수 있습니다; 확장 모듈을 빌드하는 것에 관한 장(C와 C++ 확장 빌드하기 장)과 윈도우 빌드에 대한 자세한 정보는 이에만 관련된 추가 정보(윈도우에서 C와 C++ 확장 빌드하기 장)를 참조하십시오.

동적 로딩을 사용할 수 없거나, 모듈을 파이썬 인터프리터의 영구적인 부분으로 만들려면, 구성 설정을 변경하고 인터프리터를 다시 빌드해야 합니다. 운 좋게도, 이것은 유닉스에서 매우 간단합니다: 압축을 푼 소스 배포의 Modules/ 디렉터리에 파일(예를 들어 spammodule.c)을 놓고, Modules/Setup.local 파일에 여러분의 파일을 기술하는 한 줄을 추가하십시오:

```
spam spammodule.o
```

그리고 최상위 디렉터리에서 make를 실행하여 인터프리터를 다시 빌드하십시오. Modules/ 서브 디렉터리에서 make를 실행할 수도 있지만, 먼저 'make Makefile' 을 실행하여 Makefile을 다시 빌드해야 합니다. (이것은 Setup 파일을 변경할 때마다 필요합니다.)

모듈에 링크할 추가 라이브러리가 필요하다면, 이것도 구성 파일의 줄에 나열될 수 있습니다, 예를 들어:

```
spam spammodule.o -lX11
```

### 2.1.6 C에서 파이썬 함수 호출하기

지금까지 파이썬에서 C 함수를 호출할 수 있도록 하는 데 집중했습니다. 그 반대도 유용합니다: C에서 파이썬 함수 호출하기. 이것은 특히 “콜백” 함수를 지원하는 라이브러리의 경우에 해당합니다. C 인터페이스가 콜백을 사용하면, 동등한 파이썬은 종종 파이썬 프로그래머에게 콜백 메커니즘을 제공해야 할 필요가 있습니다; 구현은 C 콜백에서 파이썬 콜백 함수를 호출해야 합니다. 다른 용도도 상상할 수 있습니다.

다행히, 파이썬 인터프리터는 재귀적으로 쉽게 호출되며, 파이썬 함수를 호출하는 표준 인터페이스가 있습니다. (특정 문자열을 입력으로 파이썬 과서를 호출하는 방법에 대해서는 다루지 않겠습니다 — 관심이

있다면, 파이썬 소스 코드에서 Modules/main.c의 -c 명령 줄 옵션 구현을 살펴보십시오.)

파이썬 함수를 호출하기는 쉽습니다. 먼저, 파이썬 프로그램은 어떻게 든 여러분에게 파이썬 함수 객체를 전달해야 합니다. 이를 위해 함수(또는 다른 인터페이스)를 제공해야 합니다. 이 함수가 호출될 때, 전역 변수(또는 여러분이 보기에 적절한 곳 어디에나)에 파이썬 함수 객체에 대한 포인터를 저장하십시오(Py\_INCREF() 해야 하는 것에 주의하십시오!). 예를 들어, 다음 함수는 모듈 정의의 일부일 수 있습니다:

```
static PyObject *my_callback = NULL;

static PyObject *
my_set_callback(PyObject *dummy, PyObject *args)
{
    PyObject *result = NULL;
    PyObject *temp;

    if (PyArg_ParseTuple(args, "O:set_callback", &temp)) {
        if (!PyCallable_Check(temp)) {
            PyErr_SetString(PyExc_TypeError, "parameter must be callable");
            return NULL;
        }
        Py_XINCRREF(temp);          /* Add a reference to new callback */
        Py_XDECREF(my_callback);   /* Dispose of previous callback */
        my_callback = temp;        /* Remember new callback */
        /* Boilerplate to return "None" */
        Py_INCREF(Py_None);
        result = Py_None;
    }
    return result;
}
```

This function must be registered with the interpreter using the METH\_VARARGS flag; this is described in section 모듈의 메서드 테이블과 초기화 함수. The PyArg\_ParseTuple() function and its arguments are documented in section 확장 함수에서 매개 변수 추출하기.

매크로 Py\_XINCRREF()와 Py\_XDECREF()는 객체의 참조 횟수를 증가/감소시키며 NULL 포인터가 있을 때 안전합니다(그러나 이 문맥에서 temp는 NULL이 아님에 유의하십시오). 섹션 참조 횟수에 이에 대한 자세한 정보가 있습니다.

나중에, 함수를 호출할 때, C 함수 PyObject\_CallObject()를 호출합니다. 이 함수에는 두 개의 인자가 있는데, 모두 임의의 파이썬 객체에 대한 포인터입니다: 파이썬 함수와 인자 목록. 인자 목록은 항상 길이가 인자의 수인 튜플 객체여야 합니다. 인자 없이 파이썬 함수를 호출하려면, NULL이나 빈 튜플을 전달하십시오; 하나의 인자로 호출하려면, 단 항목 튜플을 전달하십시오. Py\_BuildValue()는 포맷 문자열이 괄호 사이에 0개 이상의 포맷 코드로 구성되었을 때 튜플을 반환합니다. 예를 들면:

```
int arg;
PyObject *arglist;
PyObject *result;
...
arg = 123;
...
/* Time to call the callback */
arglist = Py_BuildValue("(i)", arg);
result = PyObject_CallObject(my_callback, arglist);
Py_DECREF(arglist);
```

PyObject\_CallObject()는 파이썬 객체 포인터를 반환합니다: 이것은 파이썬 함수의 반환 값입니다. PyObject\_CallObject()는 인자와 관련하여 “참조 횟수 중립적”입니다. 이 예에서는 PyObject\_CallObject() 호출 직후 Py\_DECREF()되는 인자 목록으로 사용할 새 튜플이 만들어졌습니다.

PyObject\_CallObject()의 반환 값은 “새것”입니다: 완전히 새로운 객체이거나 참조 횟수가 증가한 기존 객체입니다. 따라서, 전역 변수에 저장하려는 것이 아닌 한, 실사(특히!) 그 값에 관심이 없더라도 결과를

Py\_DECREF () 해야 합니다.

그러나, 이 작업을 수행하기 전에 반환 값이 NULL이 아닌지 확인해야 합니다. 그렇다면, 파이썬 함수는 예외를 발생 시켜 종료한 것입니다. PyObject\_CallObject () 라는 C 코드가 파이썬에서 호출되었다면 이제 파이썬 호출자에게 에러 표시를 반환하여, 인터프리터가 스택 트레이스를 인쇄하거나 호출하는 파이썬 코드가 예외를 처리할 수 있도록 합니다. 이것이 불가능하거나 바람직하지 않으면, PyErr\_Clear () 를 호출하여 예외를 지워야 합니다. 예를 들면:

```
if (result == NULL)
    return NULL; /* Pass error back */
...use result...
Py_DECREF(result);
```

파이썬 콜백 함수에 대해 원하는 인터페이스에 따라, PyObject\_CallObject () 에 인자 목록을 제공해야 할 수도 있습니다. 때에 따라 인자 목록은 콜백 함수를 지정한 같은 인터페이스를 통해 파이썬 프로그램에서 제공됩니다. 그런 다음 함수 객체와 같은 방식으로 저장하고 사용할 수 있습니다. 다른 경우에는, 인자 목록으로 전달할 새 튜플을 구성해야 할 수도 있습니다. 이렇게 하는 가장 간단한 방법은 Py\_BuildValue () 를 호출하는 것입니다. 예를 들어, 정수 이벤트 코드를 전달하려면, 다음 코드를 사용할 수 있습니다:

```
PyObject *arglist;
...
arglist = Py_BuildValue("(l)", eventcode);
result = PyObject_CallObject(my_callback, arglist);
Py_DECREF(arglist);
if (result == NULL)
    return NULL; /* Pass error back */
/* Here maybe use the result */
Py_DECREF(result);
```

호출 직후, 에러 점검 전에 Py\_DECREF(arglist) 의 배치에 유의하십시오! 또한 엄격하게 말하면 이 코드가 완전하지 않음에도 유의하십시오: Py\_BuildValue () 에 메모리가 부족할 수 있어서 확인해야 합니다.

인자와 키워드 인자를 지원하는 PyObject\_Call () 을 사용하여 키워드 인자가 있는 함수를 호출할 수도 있습니다. 위의 예에서와같이, Py\_BuildValue () 를 사용하여 딕셔너리를 구성합니다.

```
PyObject *dict;
...
dict = Py_BuildValue("{s:i}", "name", val);
result = PyObject_Call(my_callback, NULL, dict);
Py_DECREF(dict);
if (result == NULL)
    return NULL; /* Pass error back */
/* Here maybe use the result */
Py_DECREF(result);
```

### 2.1.7 확장 함수에서 매개 변수 추출하기

PyArg\_ParseTuple () 함수는 다음과 같이 선언됩니다:

```
int PyArg_ParseTuple(PyObject *arg, const char *format, ...);
```

arg 인자는 파이썬에서 C 함수로 전달되는 인자 목록이 포함된 튜플 객체여야 합니다. format 인자는 포맷 문자열이어야 하며, 문법은 파이썬/C API 레퍼런스 매뉴얼의 arg-parsing 에 설명되어 있습니다. 나머지 인자는 포맷 문자열에 의해 형이 결정되는 변수의 주소여야 합니다.

PyArg\_ParseTuple () 은 파이썬 인자가 요구되는 형인지 확인하지만, 호출에 전달된 C 변수 주소의 유효성을 확인할 수는 없습니다: 실수를 하면, 코드가 충돌하거나 적어도 메모리의 임의 비트를 덮어씁니다. 그러니 조심하십시오!

호출자에게 제공되는 모든 파이썬 객체 참조는 빌려온(borrowed) 참조임에 유의하십시오; 참조 횟수를 줄이지 마십시오!

몇 가지 예제 호출:

```
#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>
```

```
int ok;
int i, j;
long k, l;
const char *s;
Py_ssize_t size;

ok = PyArg_ParseTuple(args, ""); /* No arguments */
/* Python call: f() */
```

```
ok = PyArg_ParseTuple(args, "s", &s); /* A string */
/* Possible Python call: f('whoops!') */
```

```
ok = PyArg_ParseTuple(args, "lls", &k, &l, &s); /* Two longs and a string */
/* Possible Python call: f(1, 2, 'three') */
```

```
ok = PyArg_ParseTuple(args, "(ii)s#", &i, &j, &s, &size);
/* A pair of ints and a string, whose size is also returned */
/* Possible Python call: f((1, 2), 'three') */
```

```
{
    const char *file;
    const char *mode = "r";
    int bufsize = 0;
    ok = PyArg_ParseTuple(args, "s|si", &file, &mode, &bufsize);
    /* A string, and optionally another string and an integer */
    /* Possible Python calls:
       f('spam')
       f('spam', 'w')
       f('spam', 'wb', 100000) */
}
```

```
{
    int left, top, right, bottom, h, v;
    ok = PyArg_ParseTuple(args, "((ii)(ii))(ii)",
        &left, &top, &right, &bottom, &h, &v);
    /* A rectangle and a point */
    /* Possible Python call:
       f(((0, 0), (400, 300)), (10, 10)) */
}
```

```
{
    Py_complex c;
    ok = PyArg_ParseTuple(args, "D:myfunction", &c);
    /* a complex, also providing a function name for errors */
    /* Possible Python call: myfunction(1+2j) */
}
```

## 2.1.8 확장 함수를 위한 키워드 매개 변수

PyArg\_ParseTupleAndKeywords () 함수는 다음과 같이 선언됩니다:

```
int PyArg_ParseTupleAndKeywords(PyObject *arg, PyObject *kwdict,
                               const char *format, char * const *kwlist, ...);
```

arg와 format 매개 변수는 PyArg\_ParseTuple() 함수와 동일합니다. kwdict 매개 변수는 파이썬 런타임에서 세 번째 매개 변수로 수신된 키워드 딕셔너리입니다. kwlist 매개 변수는 매개 변수를 식별하는 문자열의 NULL 종료 목록입니다; 이름은 왼쪽에서 오른쪽으로 format의 형 정보와 일치합니다. 성공하면, PyArg\_ParseTupleAndKeywords () 는 참을 반환하고, 그렇지 않으면 거짓을 반환하고 적절한 예외를 발생시킵니다.

### 참고

키워드 인자를 사용할 때 중첩된 튜플을 구문분석할 수 없습니다! kwlist에 없는 키워드 매개 변수가 전달되면 TypeError를 발생시킵니다.

다음은 Geoff Philbrick (philbrick@hks.com) 의 예제를 기반으로 한, 키워드를 사용하는 예제 모듈입니다:

```
#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>

static PyObject *
keywdarg_parrot(PyObject *self, PyObject *args, PyObject *keywds)
{
    int voltage;
    const char *state = "a stiff";
    const char *action = "voom";
    const char *type = "Norwegian Blue";

    static char *kwlist[] = {"voltage", "state", "action", "type", NULL};

    if (!PyArg_ParseTupleAndKeywords(args, keywds, "i|sss", kwlist,
                                     &voltage, &state, &action, &type))
        return NULL;

    printf("-- This parrot wouldn't %s if you put %i Volts through it.\n",
           action, voltage);
    printf("-- Lovely plumage, the %s -- It's %s!\n", type, state);

    Py_RETURN_NONE;
}

static PyMethodDef keywdarg_methods[] = {
    /* The cast of the function is necessary since PyCFunction values
     * only take two PyObject* parameters, and keywdarg_parrot() takes
     * three.
     */
    {"parrot", (PyCFunction)(void*)(void)keywdarg_parrot, METH_VARARGS | METH_
↵KEYWORDS,
    "Print a lovely skit to standard output."},
    {NULL, NULL, 0, NULL} /* sentinel */
};

static struct PyModuleDef keywdargmodule = {
    PyModuleDef_HEAD_INIT,
```

(다음 페이지에 계속)

```

    "keywdarg",
    NULL,
    -1,
    keywdarg_methods
};

PyMODINIT_FUNC
PyInit_keywdarg(void)
{
    return PyModule_Create(&keywdargmodule);
}

```

### 2.1.9 임의의 값을 구축하기

이 함수는 PyArg\_ParseTuple()의 반대입니다. 다음과 같이 선언됩니다:

```
PyObject *Py_BuildValue(const char *format, ...);
```

PyArg\_ParseTuple()에서 인식되는 것과 유사한 포맷 단위 집합을 인식하지만, 인자(함수의 출력이 아니라 입력입니다)는 포인터가 아니라 그냥 값이어야 합니다. 파이썬에서 호출한 C 함수에서 반환하기에 적합한 새 파이썬 객체를 반환합니다.

PyArg\_ParseTuple()과의 한 가지 차이점: 후자는 첫 번째 인자가 튜플이어야 하지만(파이썬 인자 목록은 항상 내부적으로 튜플로 표현되기 때문입니다), Py\_BuildValue()는 항상 튜플을 빌드하지는 않습니다. 포맷 문자열에 둘 이상의 포맷 단위가 포함된 경우에만 튜플을 빌드합니다. 포맷 문자열이 비어 있으면 None을 반환합니다; 정확히 하나의 포맷 단위를 포함하면, 그것이 무엇이건 해당 포맷 단위가 기술하는 객체를 반환합니다. 크기가 0이나 1인 튜플을 강제로 반환하도록 하려면, 포맷 문자열을 괄호로 묶으십시오.

예제 (왼쪽은 호출이고, 오른쪽은 결과 파이썬 값입니다):

```

Py_BuildValue("")           None
Py_BuildValue("i", 123)     123
Py_BuildValue("iii", 123, 456, 789)  (123, 456, 789)
Py_BuildValue("s", "hello") 'hello'
Py_BuildValue("y", "hello") b'hello'
Py_BuildValue("ss", "hello", "world") ('hello', 'world')
Py_BuildValue("s#", "hello", 4) 'hell'
Py_BuildValue("y#", "hello", 4) b'hell'
Py_BuildValue("()")        ()
Py_BuildValue("(i)", 123)  (123,)
Py_BuildValue("(ii)", 123, 456) (123, 456)
Py_BuildValue("(i,i)", 123, 456) (123, 456)
Py_BuildValue("[i,i]", 123, 456) [123, 456]
Py_BuildValue("{s:i,s:i}",
               "abc", 123, "def", 456) {'abc': 123, 'def': 456}
Py_BuildValue("((ii)(ii))(ii)",
               1, 2, 3, 4, 5, 6) (((1, 2), (3, 4)), (5, 6))

```

### 2.1.10 참조 횡수

C나 C++와 같은 언어에서, 힙에서 메모리의 동적 할당과 할당 해제하는 것은 프로그래머가 담당합니다. C에서는, malloc()과 free() 함수를 사용하여 이 작업을 수행합니다. C++에서는, 연산자 new와 delete는 본질적으로 같은 의미로 사용되며 우리는 뒤따르는 논의를 C의 경우로 제한하겠습니다.

Every block of memory allocated with malloc() should eventually be returned to the pool of available memory by exactly one call to free(). It is important to call free() at the right time. If a block's address is forgotten but free() is not called for it, the memory it occupies cannot be reused until the program terminates. This is called a memory leak. On the other hand, if a program calls free() for a block and then continues to use the block, it creates

a conflict with reuse of the block through another `malloc()` call. This is called *using freed memory*. It has the same bad consequences as referencing uninitialized data — core dumps, wrong results, mysterious crashes.

메모리 누수의 일반적인 원인은 코드를 통한 비정상적인 경로입니다. 예를 들어, 함수는 메모리 블록을 할당하고, 어떤 계산을 한 다음, 블록을 다시 해제할 수 있습니다. 이제 함수에 대한 요구 사항이 변경되어 예러 조건을 감지하는 계산에 대한 검사를 추가하고 함수가 조기에 반환할 수 있도록 합니다. 이 조기 탈출을 수행할 때, 특히 나중에 코드에 추가될 때, 할당된 메모리 블록을 해제하는 것을 잊어버리기 쉽습니다. 이러한 누수는 일단 만들어지면 종종 오랫동안 탐지되지 않습니다: 예러 탈출은 전체 호출의 작은 부분에서만 이루어지며, 대부분의 최신 시스템에는 많은 가상 메모리가 있어서, 누수 하는 함수를 자주 사용하는 오래 실행되는 프로세스에서만 누수가 나타납니다. 따라서, 이런 종류의 예러를 코딩 규칙이나 전략을 통해 누수가 발생하지 않도록 하는 것이 중요합니다.

파이썬은 `malloc()` 과 `free()` 를 많이 사용하기 때문에, 메모리 누수와 해제된 메모리 사용을 피하는 전략이 필요합니다. 선택된 방법을 참조 횟수 세기(*reference counting*)라고 합니다. 원리는 간단합니다: 모든 객체에는 카운터를 포함합니다, 카운터는 객체에 대한 참조가 어딘가에 저장될 때 증가하고, 참조가 삭제될 때 감소합니다. 카운터가 0에 도달하면, 객체에 대한 마지막 참조가 삭제된 것이고 객체가 해제됩니다.

대체 전략을 자동 가비지 수집(*automatic garbage collection*)이라고 합니다. (때로는, 참조 횟수 세기도 가비지 수집 전략이라고 해서, 두 가지를 구별하기 위해 “자동”을 붙였습니다.) 자동 가비지 수집의 가장 큰 장점은 사용자가 `free()` 를 명시적으로 호출할 필요가 없다는 것입니다. (또 다른 주장된 이점은 속도나 메모리 사용량의 개선이지만 — 이것은 견고한 사실이 아닙니다.) 단점은 C의 경우 참조 횟수 세기는 이식성 있게 구현할 수 있지만 (함수 `malloc()` 과 `free()` 를 사용할 수 있는 한 — 이는 C 표준이 보장합니다), 실제로 이식성 있는 자동 가비지 수집기가 없다는 것입니다. 언젠가 C를 위해 충분히 이식성 있는 자동 가비지 수집기를 사용할 수 있을 것입니다. 그때까지, 우리는 참조 횟수와 함께 살아야 할 것입니다.

파이썬은 전통적인 참조 횟수 세기 구현을 사용하지만, 참조 순환을 감지하는 순환 감지도도 제공합니다. 이를 통해 응용 프로그램은 직접적이거나 간접적인 순환 참조를 만드는 것(이것이 참조 횟수만 사용하여 구현된 가비지 수집의 약점입니다)에 대해 걱정하지 않아도 됩니다. 참조 순환은 (어쩌면 간접적으로) 자신에 대한 참조를 포함하는 객체로 구성되어서, 순환의 각 객체는 0이 아닌 참조 횟수를 갖습니다. 일반적인 참조 횟수 세기 구현에서는 순환 자체에 대한 추가 참조가 없더라도 참조 순환의 객체에 속하는 메모리나 순환에 속한 객체에서 참조된 메모리를 회수할 수 없습니다.

The cycle detector is able to detect garbage cycles and can reclaim them. The `gc` module exposes a way to run the detector (the `collect()` function), as well as configuration interfaces and the ability to disable the detector at runtime.

## 파이썬에서 참조 횟수 세기

참조 횟수의 증가와 감소를 처리하는 두 개의 매크로 `Py_INCREF(x)` 와 `Py_DECREF(x)` 가 있습니다. `Py_DECREF()` 는 횟수가 0에 도달하면 객체를 해제하기도 합니다. 유연성을 위해, `free()` 를 직접 호출하지 않습니다 — 대신, 객체의 형 객체(*type object*)에 있는 함수 포인터를 통해 호출합니다. 이 목적(및 기타)을 위해 모든 객체에는 해당 형 객체에 대한 포인터도 포함됩니다.

이제 큰 질문이 남습니다: 언제 `Py_INCREF(x)` 와 `Py_DECREF(x)` 를 사용합니까? 먼저 몇 가지 용어를 소개하겠습니다. 아무도 객체를 “소유(owns)” 하지 않습니다! 그러나, 객체에 대한 참조를 소유(*own a reference*)할 수 있습니다. 객체의 참조 횟수는 이제 이 객체에 대한 참조를 소유한 수로 정의됩니다. 참조 소유자는 더는 참조가 필요하지 않을 때 `Py_DECREF()` 를 호출해야 합니다. 참조의 소유권을 양도할 수 있습니다. 소유한 참조를 처분하는 세 가지 방법이 있습니다: 전달, 저장 및 `Py_DECREF()` 호출. 소유한 참조를 처분하지 않으면 메모리 누수가 발생합니다.

객체에 대한 참조를 빌리는(*borrow*)<sup>2</sup> 것도 가능합니다. 참조의 대여자(*borrower*)는 `Py_DECREF()` 를 호출해서는 안 됩니다. 대여자는 빌린 소유자보다 더 오래 객체를 붙잡아서는 안 됩니다. 소유자가 처분한 후 빌린 참조를 사용하면 해제된 메모리를 사용할 위험이 있어서 절대 피해야 합니다<sup>3</sup>.

참조 소유에 비교할 때 빌리기의 이점은 코드를 통한 가능한 모든 경로에서 참조를 처리할 필요가 없다는 것입니다 — 즉, 빌려온 참조를 사용하면 조기 종료 시에 누수의 위험이 없습니다. 소유하는 것에 비해 빌리는 것의 단점은, 결보기에는 올바른 코드지만, 빌려준 소유자가 실제로는 참조를 처분한 후에 빌린 참조가 사용될 수 있는 미묘한 상황이 있다는 것입니다.

<sup>2</sup> 참조 “빌리기(*borrowing*)” 은유는 완전히 올바르지 않습니다: 소유자는 여전히 참조 사본을 가지고 있습니다.

<sup>3</sup> 참조 횟수가 1 이상인지 확인하는 것은 작동하지 않습니다 — 참조 횟수 자체가 해제된 메모리에 있을 수 있어서 다른 객체에 재사용될 수 있습니다!

빌린 참조는 `Py_INCREF()` 를 호출하여 소유한 참조로 변경할 수 있습니다. 이는 참조를 빌려온 소유자의 상태에 영향을 미치지 않습니다 — 새로운 소유된 참조를 만들고, 완전한 소유자 책임을 부여합니다(이전 소유자뿐만 아니라, 새 소유자는 참조를 올바르게 처분해야 합니다).

### 소유권 규칙

객체 참조가 함수 안팎으로 전달될 때마다, 소유권이 참조와 함께 전달되는지 그렇지 않은지는 함수 인터페이스 명세의 일부입니다.

객체에 대한 참조를 반환하는 대부분의 함수는 참조와 함께 소유권을 전달합니다. 특히, `PyLong_FromLong()` 이나 `Py_BuildValue()` 와 같은 새 객체를 만드는 기능을 가진 모든 함수는 소유권을 수신자에게 전달합니다. 객체가 실제로 새 객체가 아니더라도, 여전히 해당 객체에 대한 새 참조의 소유권을 받습니다. 예를 들어, `PyLong_FromLong()` 은 흔히 사용되는 값의 캐시를 유지하고 캐시된 항목에 대한 참조를 반환할 수 있습니다.

다른 객체에서 객체를 추출하는 많은 함수도 참조와 함께 소유권을 전달합니다, 예를 들어 `PyObject_GetAttrString()`. 그러나 몇 가지 일반적인 루틴이 예외이기 때문에 그림이 명확하지 않습니다: `PyTuple_GetItem()`, `PyList_GetItem()`, `PyDict_GetItem()` 및 `PyDict_GetItemString()` 은 모두 튜플, 리스트 또는 딕셔너리에서 빌린 참조를 반환합니다.

`PyImport_AddModule()` 함수도 실제로는 반환하는 객체를 만들 수 있지만 빌린 참조를 반환합니다: 객체에 대한 소유한 참조가 `sys.modules` 에 저장되어 있기 때문에 가능합니다.

객체 참조를 다른 함수에 전달할 때, 일반적으로, 함수는 여러분으로부터 참조를 빌립니다 — 참조를 저장해야 하면, `Py_INCREF()` 를 사용하여 독립 소유자가 됩니다. 이 규칙에는 두 가지 중요한 예외가 있습니다: `PyTuple_SetItem()` 과 `PyList_SetItem()`. 이 함수들은 전달된 항목에 대한 소유권을 취합니다 — 실사 실패하더라도! (`PyDict_SetItem()` 과 그 친구들은 소유권을 취하지 않습니다 — 이들은 “정상” 입니다.)

C 함수가 파이썬에서 호출될 때, 호출자로부터 온 인자에 대한 참조를 빌립니다. 호출자는 객체에 대한 참조를 소유하기 때문에, 빌린 참조의 수명은 함수가 반환될 때까지 보장됩니다. 이러한 빌린 참조를 저장하거나 전달해야 할 때만, `Py_INCREF()` 를 호출하여 소유한 참조로 만들어야 합니다.

파이썬에서 호출된 C 함수에서 반환된 객체 참조는 소유한 참조여야 합니다 — 소유권은 함수에서 호출자로 전달됩니다.

### 살얼음

겉보기에 무해한 빌린 참조의 사용이 문제를 일으킬 수 있는 몇 가지 상황이 있습니다. 이것들은 모두 참조의 소유자가 참조를 처분하도록 할 수 있는 인터프리터의 묵시적 호출과 관련이 있습니다.

가장 먼저 알아야 할 가장 중요한 경우는 리스트 항목에 대한 참조를 빌리는 동안 관련이 없는 객체에서 `Py_DECREF()` 를 사용하는 것입니다. 예를 들어:

```
void
bug(PyObject *list)
{
    PyObject *item = PyList_GetItem(list, 0);

    PyList_SetItem(list, 1, PyLong_FromLong(0L));
    PyObject_Print(item, stdout, 0); /* BUG! */
}
```

이 함수는 먼저 `list[0]` 에 대한 참조를 빌린 다음, `list[1]` 을 값 0 으로 바꾸고, 마지막으로 빌린 참조를 인쇄합니다. 무해해 보이지요? 하지만 그렇지 않습니다!

Let’s follow the control flow into `PyList_SetItem()`. The list owns references to all its items, so when item 1 is replaced, it has to dispose of the original item 1. Now let’s suppose the original item 1 was an instance of a user-defined class, and let’s further suppose that the class defined a `__del__()` method. If this class instance has a reference count of 1, disposing of it will call its `__del__()` method.

Since it is written in Python, the `__del__()` method can execute arbitrary Python code. Could it perhaps do something to invalidate the reference to `item` in `bug()`? You bet! Assuming that the list passed into `bug()` is

accessible to the `__del__()` method, it could execute a statement to the effect of `del list[0]`, and assuming this was the last reference to that object, it would free the memory associated with it, thereby invalidating `item`.

문제의 원인을 알고 나면, 해결 방법은 쉽습니다: 일시적으로 참조 횟수를 늘리십시오. 올바른 버전의 함수는 다음과 같습니다:

```
void
no_bug(PyObject *list)
{
    PyObject *item = PyList_GetItem(list, 0);

    Py_INCREF(item);
    PyList_SetItem(list, 1, PyLong_FromLong(0L));
    PyObject_Print(item, stdout, 0);
    Py_DECREF(item);
}
```

This is a true story. An older version of Python contained variants of this bug and someone spent a considerable amount of time in a C debugger to figure out why his `__del__()` methods would fail...

빌린 참조에 문제가 있는 두 번째 경우는 스레드와 관련된 변형입니다. 일반적으로, 파이썬의 전체 객체 공간을 보호하는 전역 록이 있어서, 파이썬 인터프리터의 여러 스레드는 다른 것들의 길에 끼어 들 수 없습니다. 그러나, 매크로 `Py_BEGIN_ALLOW_THREADS`를 사용하여 이 록을 일시적으로 해제하고 `Py_END_ALLOW_THREADS`를 사용하여 다시 확보할 수 있습니다. 이는 블로킹 I/O 호출에서 흔한데, I/O가 완료되기를 기다리는 동안 다른 스레드가 프로세서를 사용할 수 있도록 합니다. 분명히, 다음 함수는 이전 함수와 같은 문제가 있습니다:

```
void
bug(PyObject *list)
{
    PyObject *item = PyList_GetItem(list, 0);
    Py_BEGIN_ALLOW_THREADS
    ...some blocking I/O call...
    Py_END_ALLOW_THREADS
    PyObject_Print(item, stdout, 0); /* BUG! */
}
```

## NULL 포인터

일반적으로, 객체 참조를 인자로 취하는 함수는 NULL 포인터를 전달할 것으로 기대하지 않으며, 그렇게 하면 코어를 덤프합니다(또는 이후의 코어 덤프를 유발합니다). 객체 참조를 반환하는 함수는 일반적으로 예외가 발생했음을 나타내기 위해서만 NULL을 반환합니다. NULL 인자를 검사하지 않는 이유는 함수들이 종종 자신이 받은 객체를 다른 함수에 전달하기 때문입니다 — 각 함수가 NULL을 검사한다면, 중복 검사가 많이 발생하고 코드가 더 느리게 실행됩니다.

NULL일 수 있는 포인터가 수신될 때 “소스”에서만 NULL을 검사하는 것이 좋습니다, 예를 들어, `malloc()` 이나 예외를 발생시킬 수 있는 함수에서.

매크로 `Py_INCREF()`와 `Py_DECREF()`는 NULL 포인터를 검사하지 않습니다 — 하지만, 그들의 변형 `Py_XINCRF()`와 `Py_XDECREF()`는 확인합니다.

특정 객체 형을 확인하기 위한 매크로(`Pytype_Check()`)는 NULL 포인터를 확인하지 않습니다 — 다시, 여러 기대하는 형에 대해 객체를 검사하기 위해 연속해서 이들을 여러 번 호출하는 코드가 많아서, 중복 검사가 생성됩니다. NULL 검사를 하는 변형은 없습니다.

C 함수 호출 메커니즘은 C 함수에 전달된 인자 목록(예에서는 `args`)이 절대 NULL이 아님을 보장합니다 — 실제로는 항상 튜플임을 보장합니다<sup>4</sup>.

NULL 포인터를 파이썬 사용자에게 “빠져나가게” 만드는 것은 심각한 에러입니다.

<sup>4</sup> “오래된” 스타일 호출 규칙을 사용할 때 이러한 보장은 유지되지 않습니다 — 이것은 여전히 기존 코드에서 많이 발견됩니다.

### 2.1.11 C++로 확장 작성하기

C++로 확장 모듈을 작성할 수 있습니다. 일부 제한 사항이 적용됩니다. 메인 프로그램(파이썬 인터프리터)이 C 컴파일러로 컴파일되고 링크되면, 생성자가 있는 전역이나 정적(static) 객체를 사용할 수 없습니다. 메인 프로그램이 C++ 컴파일러로 링크된 경우에는 문제가 되지 않습니다. 파이썬 인터프리터가 호출할 함수(특히, 모듈 초기화 함수)는 `extern "C"`를 사용하여 선언해야 합니다. `extern "C" {...}`로 파이썬 헤더 파일을 묶을 필요는 없습니다—`__cplusplus` 기호가 정의되면(모든 최신 C++ 컴파일러가 이 기호를 정의합니다) 이미 이 형식을 사용합니다.

### 2.1.12 확장 모듈을 위한 C API 제공하기

많은 확장 모듈은 단지 파이썬에서 사용할 새로운 함수와 형을 제공하지만, 때로 확장 모듈의 코드가 다른 확장 모듈에 유용할 수 있습니다. 예를 들어, 확장 모듈은 순서 없는 리스트처럼 작동하는 “컬렉션” 형을 구현할 수 있습니다. 표준 파이썬 리스트 형에 확장 모듈이 리스트를 만들고 조작할 수 있게 하는 C API가 있는 것처럼, 이 새로운 컬렉션 형에는 다른 확장 모듈에서 직접 조작할 수 있는 C 함수 집합이 있어야 합니다.

첫눈에 이것은 쉬운 것처럼 보입니다; 단지 함수를 작성하고(물론 `static`을 선언하지 않고), 적절한 헤더 파일을 제공하고, C API를 설명합니다. 사실 이것은 모든 확장 모듈이 항상 파이썬 인터프리터와 정적으로 링크되어 있다면 작동합니다. 그러나 모듈을 공유 라이브러리로 사용하면, 한 모듈에 정의된 기호가 다른 모듈에서 보이지 않을 수 있습니다. 가시성의 세부 사항은 운영 체제에 따라 다릅니다; 어떤 시스템은 파이썬 인터프리터와 모든 확장 모듈에 하나의 전역 이름 공간을 사용하는 반면(예를 들어 윈도우), 다른 시스템은 모듈 링크 시점에 임포트 되는 기호의 목록을 명시적으로 요구하거나(AIX가 하나의 예입니다), 여러 전략 중 선택할 수 있도록 합니다(대부분의 유닉스). 또한 기호가 전역적으로 보이더라도, 호출하려는 함수를 가진 모듈이 아직 로드되지 않았을 수 있습니다!

따라서 이식성에는 기호 가시성에 대해 가정하지 않을 것이 요구됩니다. 이것은 다른 확장 모듈과의 이름 충돌을 피하고자, 모듈의 초기화 함수를 제외한 확장 모듈의 모든 기호를 `static`으로 선언해야 함을 의미합니다(섹션 모듈의 메서드 테이블과 초기화 함수에서 설명되듯이). 그리고 이는 다른 확장 모듈에서 액세스 해야만 하는 기호를 다른 방식으로 노출해야 함을 의미합니다.

Python provides a special mechanism to pass C-level information (pointers) from one extension module to another one: Capsules. A Capsule is a Python data type which stores a pointer (`void*`). Capsules can only be created and accessed via their C API, but they can be passed around like any other Python object. In particular, they can be assigned to a name in an extension module's namespace. Other extension modules can then import this module, retrieve the value of this name, and then retrieve the pointer from the Capsule.

확장 모듈의 C API를 노출하는 데 캡슐을 사용하는 방법에는 여러 가지가 있습니다. 각 함수가 자신만의 캡슐을 얻거나, 모든 C API 포인터가 저장된 배열의 주소를 캡슐로 게시할 수 있습니다. 그리고 포인터를 저장하고 꺼내는 다양한 작업은 코드를 제공하는 모듈과 클라이언트 모듈 간에 여러 방식으로 분산될 수 있습니다.

Whichever method you choose, it's important to name your Capsules properly. The function `PyCapsule_New()` takes a name parameter (`const char*`); you're permitted to pass in a `NULL` name, but we strongly encourage you to specify a name. Properly named Capsules provide a degree of runtime type-safety; there is no feasible way to tell one unnamed Capsule from another.

특히, C API를 공개하는 데 사용되는 캡슐에는 다음 규칙에 따라 이름을 지정해야 합니다:

```
modulename.attributename
```

편의 함수 `PyCapsule_Import()`를 사용하면 캡슐을 통해 제공된 C API를 쉽게 로드할 수 있지만, 캡슐 이름이 이 규칙과 일치할 때만 그렇습니다. 이 동작은 C API 사용자에게 자신이 로드한 캡슐에 올바른 C API가 포함되어 있다는 확신을 줍니다.

The following example demonstrates an approach that puts most of the burden on the writer of the exporting module, which is appropriate for commonly used library modules. It stores all C API pointers (just one in the example!) in an array of `void` pointers which becomes the value of a Capsule. The header file corresponding to the module provides a macro that takes care of importing the module and retrieving its C API pointers; client modules only have to call this macro before accessing the C API.

The exporting module is a modification of the `spam` module from section 간단한 예. The function `spam.system()` does not call the C library function `system()` directly, but a function `PySpam_System()`, which would

of course do something more complicated in reality (such as adding “spam” to every command). This function `PySpam_System()` is also exported to other extension modules.

The function `PySpam_System()` is a plain C function, declared `static` like everything else:

```
static int
PySpam_System(const char *command)
{
    return system(command);
}
```

The function `spam_system()` is modified in a trivial way:

```
static PyObject *
spam_system(PyObject *self, PyObject *args)
{
    const char *command;
    int sts;

    if (!PyArg_ParseTuple(args, "s", &command))
        return NULL;
    sts = PySpam_System(command);
    return PyLong_FromLong(sts);
}
```

모듈의 시작 부분에서, 다음 줄 바로 다음에

```
#include <Python.h>
```

다음 두 줄을 더 추가해야 합니다:

```
#define SPAM_MODULE
#include "spammodule.h"
```

`#define`은 헤더 파일이 클라이언트 모듈이 아닌 내보내는 모듈에 포함됨을 알리는 데 사용됩니다. 마지막으로, 모듈의 초기화 함수는 C API 포인터 배열을 초기화해야 합니다:

```
PyMODINIT_FUNC
PyInit_spam(void)
{
    PyObject *m;
    static void *PySpam_API[PySpam_API_pointers];
    PyObject *c_api_object;

    m = PyModule_Create(&spammodule);
    if (m == NULL)
        return NULL;

    /* Initialize the C API pointer array */
    PySpam_API[PySpam_System_NUM] = (void *)PySpam_System;

    /* Create a Capsule containing the API pointer array's address */
    c_api_object = PyCapsule_New((void *)PySpam_API, "spam._C_API", NULL);

    if (PyModule_Add(m, "_C_API", c_api_object) < 0) {
        Py_DECREF(m);
        return NULL;
    }
}
```

(다음 페이지에 계속)

```

return m;
}
    
```

Note that `PySpam_API` is declared `static`; otherwise the pointer array would disappear when `PyInit_spam()` terminates!

작업 대부분은 헤더 파일 `spammodule.h`에 있으며, 다음과 같습니다:

```

#ifndef Py_SPAMMODULE_H
#define Py_SPAMMODULE_H
#ifdef __cplusplus
extern "C" {
#endif

/* Header file for spammodule */

/* C API functions */
#define PySpam_System_NUM 0
#define PySpam_System_RETURN int
#define PySpam_System_PROTO (const char *command)

/* Total number of C API pointers */
#define PySpam_API_pointers 1

#ifdef SPAM_MODULE
/* This section is used when compiling spammodule.c */

static PySpam_System_RETURN PySpam_System PySpam_System_PROTO;

#else
/* This section is used in modules that use spammodule's API */

static void **PySpam_API;

#define PySpam_System \
    (*(PySpam_System_RETURN (*)(PySpam_System_PROTO)) PySpam_API[PySpam_System_NUM])

/* Return -1 on error, 0 on success.
 * PyCapsule_Import will set an exception if there's an error.
 */
static int
import_spam(void)
{
    PySpam_API = (void **)PyCapsule_Import("spam._C_API", 0);
    return (PySpam_API != NULL) ? 0 : -1;
}

#endif

#ifdef __cplusplus
}
#endif

#endif /* !defined(Py_SPAMMODULE_H) */
    
```

All that a client module must do in order to have access to the function `PySpam_System()` is to call the function (or rather macro) `import_spam()` in its initialization function:

```
PyMODINIT_FUNC
PyInit_client(void)
{
    PyObject *m;

    m = PyModule_Create(&clientmodule);
    if (m == NULL)
        return NULL;
    if (import_spam() < 0)
        return NULL;
    /* additional initialization can happen here */
    return m;
}
```

이 방법의 주요 단점은 파일 spammodule.h가 다소 복잡하다는 것입니다. 그러나, 기본 구조는 내보내는 함수마다 같아서, 한 번만 학습하면 됩니다.

마지막으로 캡슐은 추가 기능을 제공하며, 특히 캡슐에 저장된 포인터의 메모리 할당과 할당 해제에 유용합니다. 세부 사항은 파이썬/C API 레퍼런스 매뉴얼의 capsules 섹션과 캡슐 구현(파이썬 소스 코드 배포의 Include/pycapsule.h와 Objects/pycapsule.c 파일)에 설명되어 있습니다.

## 2.2 확장형 정의하기: 자습서

파이썬은 C 확장 모듈 작성자가 내장 str과 list 형과 마찬가지로 파이썬 코드에서 조작할 수 있는 새로운 형을 정의할 수 있도록 합니다. 모든 확장형의 코드는 패턴을 따르지만, 시작하기 전에 이해해야 할 세부 사항이 있습니다. 이 설명서는 주제에 대한 간단한 소개입니다.

### 2.2.1 기초

The *CPython* runtime sees all Python objects as variables of type `PyObject*`, which serves as a “base type” for all Python objects. The `PyObject` structure itself only contains the object’s *reference count* and a pointer to the object’s “type object”. This is where the action is; the type object determines which (C) functions get called by the interpreter when, for instance, an attribute gets looked up on an object, a method called, or it is multiplied by another object. These C functions are called “type methods”.

따라서, 새 확장형을 정의하려면, 새 형 객체를 만들어야 합니다.

This sort of thing can only be explained by example, so here’s a minimal, but complete, module that defines a new type named `Custom` inside a C extension module `custom`:

#### 참고

여기에 표시하는 것은 정적인(*static*) 확장형을 정의하는 전통적인 방법입니다. 대부분의 용도에 적합해야 합니다. C API는 또한 `PyType_FromSpec()` 함수를 사용하여 힙 할당 확장형을 정의할 수 있습니다만, 이 자습서에서는 다루지 않습니다.

```
#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>

typedef struct {
    PyObject_HEAD
    /* Type-specific fields go here. */
} CustomObject;

static PyTypeObject CustomType = {
    .ob_base = PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
```

(다음 페이지에 계속)

```

        .tp_name = "custom.Custom",
        .tp_doc = PyDoc_STR("Custom objects"),
        .tp_basicsize = sizeof(CustomObject),
        .tp_itemsize = 0,
        .tp_flags = Py_TPFLAGS_DEFAULT,
        .tp_new = PyType_GenericNew,
};

static PyModuleDef custommodule = {
    .m_base = PyModuleDef_HEAD_INIT,
    .m_name = "custom",
    .m_doc = "Example module that creates an extension type.",
    .m_size = -1,
};

PyMODINIT_FUNC
PyInit_custom(void)
{
    PyObject *m;
    if (PyType_Ready(&CustomType) < 0)
        return NULL;

    m = PyModule_Create(&custommodule);
    if (m == NULL)
        return NULL;

    if (PyModule_AddObjectRef(m, "Custom", (PyObject *) &CustomType) < 0) {
        Py_DECREF(m);
        return NULL;
    }

    return m;
}

```

이제는 한 번에 배워야 할 것이 많지만, 이전 장과 비슷해 보이기 바랍니다. 이 파일은 세 가지를 정의합니다:

1. What a Custom **object** contains: this is the CustomObject struct, which is allocated once for each Custom instance.
2. How the Custom **type** behaves: this is the CustomType struct, which defines a set of flags and function pointers that the interpreter inspects when specific operations are requested.
3. How to initialize the custom module: this is the PyInit\_custom function and the associated custommodule struct.

첫 번째 것은:

```

typedef struct {
    PyObject_HEAD
} CustomObject;

```

This is what a Custom object will contain. PyObject\_HEAD is mandatory at the start of each object struct and defines a field called ob\_base of type PyObject, containing a pointer to a type object and a reference count (these can be accessed using the macros Py\_TYPE and Py\_REFCNT respectively). The reason for the macro is to abstract away the layout and to enable additional fields in debug builds.

**i** 참고

PyObject\_HEAD 매크로 뒤에는 세미콜론이 없습니다. 실수로 추가하는 것에 주의하십시오: 일부 컴파일러는 불평할 것입니다.

물론, 객체는 일반적으로 표준 PyObject\_HEAD 관용구 외에 추가 데이터를 저장합니다; 예를 들어, 표준 파이썬 floats에 대한 정의는 다음과 같습니다:

```
typedef struct {
    PyObject_HEAD
    double ob_fval;
} PyFloatObject;
```

두 번째 것은 형 객체의 정의입니다.

```
static PyTypeObject CustomType = {
    .ob_base = PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
    .tp_name = "custom.Custom",
    .tp_doc = PyDoc_STR("Custom objects"),
    .tp_basicsize = sizeof(CustomObject),
    .tp_itemsize = 0,
    .tp_flags = Py_TPFLAGS_DEFAULT,
    .tp_new = PyType_GenericNew,
};
```

**i** 참고

신경 쓰지 않는 모든 PyTypeObject 필드를 나열하지 않고 필드의 선언 순서를 신경 쓰지 않으려면, 위와 같이 C99 스타일의 지명 (designated) 초기화자를 사용하는 것이 좋습니다.

object.h에 있는 PyTypeObject의 실제 정의는 위의 정의보다 더 많은 필드를 갖습니다. 나머지 필드는 C 컴파일러에 의해 0으로 채워지며, 필요하지 않으면 명시적으로 지정하지 않는 것이 일반적입니다.

한 번에 한 필드씩 따로 다루려고 합니다:

```
.ob_base = PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
```

이 줄은 위에서 언급한 ob\_base 필드를 초기화하기 위한 필수 상용구입니다.

```
.tp_name = "custom.Custom",
```

우리 형의 이름. 이것은 객체의 기본 텍스트 표현과 일부 에러 메시지에 나타납니다, 예를 들어:

```
>>> "" + custom.Custom()
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: can only concatenate str (not "custom.Custom") to str
```

Note that the name is a dotted name that includes both the module name and the name of the type within the module. The module in this case is `custom` and the type is `Custom`, so we set the type name to `custom.Custom`. Using the real dotted import path is important to make your type compatible with the `pydoc` and `pickle` modules.

```
.tp_basicsize = sizeof(CustomObject),
.tp_itemsize = 0,
```

This is so that Python knows how much memory to allocate when creating new `Custom` instances. `tp_itemsize` is only used for variable-sized objects and should otherwise be zero.

**i 참고**

If you want your type to be subclassable from Python, and your type has the same `tp_basicsize` as its base type, you may have problems with multiple inheritance. A Python subclass of your type will have to list your type first in its `__bases__`, or else it will not be able to call your type's `__new__()` method without getting an error. You can avoid this problem by ensuring that your type has a larger value for `tp_basicsize` than its base type does. Most of the time, this will be true anyway, because either your base type will be `object`, or else you will be adding data members to your base type, and therefore increasing its size.

We set the class flags to `Py_TPFLAGS_DEFAULT`.

```
.tp_flags = Py_TPFLAGS_DEFAULT,
```

모든 형은 이 상수를 플래그에 포함해야 합니다. 적어도 파이썬 3.3까지 정의된 모든 멤버를 활성화합니다. 추가 멤버가 필요하다면, 해당 플래그를 OR 해야 합니다.

`tp_doc`에 형의 독스트링을 제공합니다.

```
.tp_doc = PyDoc_STR("Custom objects"),
```

To enable object creation, we have to provide a `tp_new` handler. This is the equivalent of the Python method `__new__()`, but has to be specified explicitly. In this case, we can just use the default implementation provided by the API function `PyType_GenericNew()`.

```
.tp_new = PyType_GenericNew,
```

Everything else in the file should be familiar, except for some code in `PyInit_custom()`:

```
if (PyType_Ready(&CustomType) < 0)
    return;
```

This initializes the `Custom` type, filling in a number of members to the appropriate default values, including `ob_type` that we initially set to `NULL`.

```
if (PyModule_AddObjectRef(m, "Custom", (PyObject *) &CustomType) < 0) {
    Py_DECREF(m);
    return NULL;
}
```

This adds the type to the module dictionary. This allows us to create `Custom` instances by calling the `Custom` class:

```
>>> import custom
>>> mycustom = custom.Custom()
```

That's it! All that remains is to build it; put the above code in a file called `custom.c`,

```
[build-system]
requires = ["setuptools"]
build-backend = "setuptools.build_meta"

[project]
name = "custom"
version = "1"
```

in a file called `pyproject.toml`, and

```
from setuptools import Extension, setup
setup(ext_modules=[Extension("custom", ["custom.c"])])
```

를 `setup.py` 라는 파일에 넣은 다음; 다음을

```
$ python -m pip install .
```

in a shell should produce a file `custom.so` in a subdirectory and install it; now fire up Python — you should be able to `import custom` and play around with `Custom` objects.

그렇게 어렵지 않습니다, 그렇지 않나요?

물론, 현재 `Custom` 형은 그리 흥미롭지 않습니다. 데이터가 없고 아무것도 하지 않습니다. 서브 클래스싱조차 할 수 없습니다.

## 2.2.2 기초 예제에 데이터와 메서드 추가하기

Let's extend the basic example to add some data and methods. Let's also make the type usable as a base class. We'll create a new module, `custom2` that adds these capabilities:

```
#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>
#include <stddef.h> /* for offsetof() */

typedef struct {
    PyObject_HEAD
    PyObject *first; /* first name */
    PyObject *last; /* last name */
    int number;
} CustomObject;

static void
Custom_dealloc(CustomObject *self)
{
    Py_XDECREF(self->first);
    Py_XDECREF(self->last);
    Py_TYPE(self)->tp_free((PyObject *) self);
}

static PyObject *
Custom_new(PyTypeObject *type, PyObject *args, PyObject *kwargs)
{
    CustomObject *self;
    self = (CustomObject *) type->tp_alloc(type, 0);
    if (self != NULL) {
        self->first = PyUnicode_FromString("");
        if (self->first == NULL) {
            Py_DECREF(self);
            return NULL;
        }
        self->last = PyUnicode_FromString("");
        if (self->last == NULL) {
            Py_DECREF(self);
            return NULL;
        }
        self->number = 0;
    }
    return (PyObject *) self;
}

static int
Custom_init(CustomObject *self, PyObject *args, PyObject *kwargs)
```

(다음 페이지에 계속)

```

{
    static char *kwlist[] = {"first", "last", "number", NULL};
    PyObject *first = NULL, *last = NULL;

    if (!PyArg_ParseTupleAndKeywords(args, kwds, "|OOi", kwlist,
                                     &first, &last,
                                     &self->number))
        return -1;

    if (first) {
        Py_XSETREF(self->first, Py_NewRef(first));
    }
    if (last) {
        Py_XSETREF(self->last, Py_NewRef(last));
    }
    return 0;
}

static PyMemberDef Custom_members[] = {
    {"first", Py_T_OBJECT_EX, offsetof(CustomObject, first), 0,
     "first name"},
    {"last", Py_T_OBJECT_EX, offsetof(CustomObject, last), 0,
     "last name"},
    {"number", Py_T_INT, offsetof(CustomObject, number), 0,
     "custom number"},
    {NULL} /* Sentinel */
};

static PyObject *
Custom_name(CustomObject *self, PyObject *Py_UNUSED(ignored))
{
    if (self->first == NULL) {
        PyErr_SetString(PyExc_AttributeError, "first");
        return NULL;
    }
    if (self->last == NULL) {
        PyErr_SetString(PyExc_AttributeError, "last");
        return NULL;
    }
    return PyUnicode_FromFormat("%S %S", self->first, self->last);
}

static PyMethodDef Custom_methods[] = {
    {"name", (PyCFunction) Custom_name, METH_NOARGS,
     "Return the name, combining the first and last name"},
    {NULL} /* Sentinel */
};

static PyTypeObject CustomType = {
    .ob_base = PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
    .tp_name = "custom2.Custom",
    .tp_doc = PyDoc_STR("Custom objects"),
    .tp_basicsize = sizeof(CustomObject),
    .tp_itemsize = 0,
    .tp_flags = Py_TPFLAGS_DEFAULT | Py_TPFLAGS_BASETYPE,

```

(이전 페이지에서 계속)

```

        .tp_new = Custom_new,
        .tp_init = (initproc) Custom_init,
        .tp_dealloc = (destructor) Custom_dealloc,
        .tp_members = Custom_members,
        .tp_methods = Custom_methods,
};

static PyModuleDef custommodule = {
    .m_base = PyModuleDef_HEAD_INIT,
    .m_name = "custom2",
    .m_doc = "Example module that creates an extension type.",
    .m_size = -1,
};

PyMODINIT_FUNC
PyInit_custom2(void)
{
    PyObject *m;
    if (PyType_Ready(&CustomType) < 0)
        return NULL;

    m = PyModule_Create(&custommodule);
    if (m == NULL)
        return NULL;

    if (PyModule_AddObjectRef(m, "Custom", (PyObject *) &CustomType) < 0) {
        Py_DECREF(m);
        return NULL;
    }

    return m;
}
    
```

이 버전의 모듈에는 여러 가지 변경 사항이 있습니다.

The `Custom` type now has three data attributes in its C struct, *first*, *last*, and *number*. The *first* and *last* variables are Python strings containing first and last names. The *number* attribute is a C integer.

객체 구조체는 다음과 같이 갱신됩니다:

```

typedef struct {
    PyObject_HEAD
    PyObject *first; /* first name */
    PyObject *last; /* last name */
    int number;
} CustomObject;
    
```

이제 관리할 데이터가 있기 때문에, 객체 할당과 할당 해제에 관해 더욱 신중해야 합니다. 최소한, 할당 해제 메서드가 필요합니다:

```

static void
Custom_dealloc(CustomObject *self)
{
    Py_XDECREF(self->first);
    Py_XDECREF(self->last);
    Py_TYPE(self)->tp_free((PyObject *) self);
}
    
```

이는 `tp_dealloc` 멤버에 대입됩니다:

```
.tp_dealloc = (destructor) Custom_dealloc,
```

This method first clears the reference counts of the two Python attributes. `Py_XDECREF()` correctly handles the case where its argument is `NULL` (which might happen here if `tp_new` failed midway). It then calls the `tp_free` member of the object's type (computed by `Py_TYPE(self)`) to free the object's memory. Note that the object's type might not be `CustomType`, because the object may be an instance of a subclass.

**참고**

`PyObject *` 인자를 취하도록 `Custom_dealloc`을 정의했지만, `tp_dealloc` 함수 포인터는 `PyObject *` 인자를 받을 것으로 기대하기 때문에 위의 `destructor`로의 명시적 캐스트가 필요합니다. 그렇지 않으면, 컴파일러에서 경고가 발생합니다. 이것이 C로 하는 객체 지향 다형성입니다!

우리는 성과 이름이 빈 문자열로 초기화되도록 하고 싶어서, `tp_new` 구현을 제공합니다:

```
static PyObject *
Custom_new(PyTypeObject *type, PyObject *args, PyObject *kwargs)
{
    CustomObject *self;
    self = (CustomObject *) type->tp_alloc(type, 0);
    if (self != NULL) {
        self->first = PyUnicode_FromString("");
        if (self->first == NULL) {
            Py_DECREF(self);
            return NULL;
        }
        self->last = PyUnicode_FromString("");
        if (self->last == NULL) {
            Py_DECREF(self);
            return NULL;
        }
        self->number = 0;
    }
    return (PyObject *) self;
}
```

그리고 그것을 `tp_new` 멤버에 설치합니다:

```
.tp_new = Custom_new,
```

The `tp_new` handler is responsible for creating (as opposed to initializing) objects of the type. It is exposed in Python as the `__new__()` method. It is not required to define a `tp_new` member, and indeed many extension types will simply reuse `PyType_GenericNew()` as done in the first version of the `Custom` type above. In this case, we use the `tp_new` handler to initialize the `first` and `last` attributes to non-`NULL` default values.

`tp_new`는 인스턴스 화 되는 형(서브 클래스가 인스턴스 화 되면, 반드시 `CustomType` 일 필요는 없습니다)과 형이 호출될 때 전달된 모든 인자가 전달되며, 만들어진 인스턴스를 반환할 것으로 기대됩니다. `tp_new` 처리기는 항상 위치와 키워드 인자를 받아들이지만, 종종 인자를 무시하고 인자 처리를 초기화(C의 `tp_init`나 파이썬의 `__init__`) 메서드에게 남겨둡니다.

**참고**

인터프리터가 직접 할 것이어서, `tp_new`는 명시적으로 `tp_init`를 호출하면 안 됩니다.

`tp_new` 구현은 `tp_alloc` 슬롯을 호출하여 메모리를 할당합니다:

```
self = (CustomObject *) type->tp_alloc(type, 0);
```

메모리 할당이 실패할 수 있어서, 진행하기 전에 `tp_alloc` 결과가 `NULL`이 아닌지 확인해야 합니다.

**i** 참고

우리는 `tp_alloc` 슬롯을 직접 채우지 않았습니다. 대신 `PyType_Ready()` 가 베이스 클래스(기본적으로 `object`입니다)에서 상속하여 이를 채웁니다. 대부분의 형은 기본 할당 전략을 사용합니다.

**i** 참고

If you are creating a co-operative `tp_new` (one that calls a base type's `tp_new` or `__new__()`), you must *not* try to determine what method to call using method resolution order at runtime. Always statically determine what type you are going to call, and call its `tp_new` directly, or via `type->tp_base->tp_new`. If you do not do this, Python subclasses of your type that also inherit from other Python-defined classes may not work correctly. (Specifically, you may not be able to create instances of such subclasses without getting a `TypeError`.)

인스턴스의 초깃값을 제공하는 인자를 받아들이는 초기화 함수도 정의합니다:

```
static int
Custom_init(CustomObject *self, PyObject *args, PyObject *kwds)
{
    static char *kwlist[] = {"first", "last", "number", NULL};
    PyObject *first = NULL, *last = NULL, *tmp;

    if (!PyArg_ParseTupleAndKeywords(args, kwds, "|OOi", kwlist,
                                     &first, &last,
                                     &self->number))
        return -1;

    if (first) {
        tmp = self->first;
        Py_INCREF(first);
        self->first = first;
        Py_XDECREF(tmp);
    }
    if (last) {
        tmp = self->last;
        Py_INCREF(last);
        self->last = last;
        Py_XDECREF(tmp);
    }
    return 0;
}
```

이것으로 `tp_init` 슬롯을 채웁니다:

```
.tp_init = (initproc) Custom_init,
```

The `tp_init` slot is exposed in Python as the `__init__()` method. It is used to initialize an object after it's created. Initializers always accept positional and keyword arguments, and they should return either 0 on success or -1 on error.

Unlike the `tp_new` handler, there is no guarantee that `tp_init` is called at all (for example, the `pickle` module by default doesn't call `__init__()` on unpickled instances). It can also be called multiple times. Anyone can call the

`__init__()` method on our objects. For this reason, we have to be extra careful when assigning the new attribute values. We might be tempted, for example to assign the `first` member like this:

```
if (first) {
    Py_XDECREF(self->first);
    Py_INCREF(first);
    self->first = first;
}
```

하지만 이것은 위험합니다. 우리 형은 `first` 멤버의 형을 제한하지 않아서, 모든 종류의 객체가 될 수 있습니다. `first` 멤버에 액세스하려고 시도하는 코드가 실행되도록 하는 파괴자가 있을 수 있습니다; 또는 파괴자가 전역 인터프리터 록을 해제하고 다른 스레드에서 객체에 액세스하고 수정하는 임의의 코드가 실행되도록 할 수 있습니다.

편집증적이 되고 이 가능성으로부터 우리 자신을 보호하기 위해, 우리는 거의 항상 참조 횟수를 줄이기 전에 멤버를 다시 대입합니다. 언제 이렇게 하지 않아도 될까요?

- 참조 횟수가 1보다 크다는 것을 확실히 알고 있을 때;
- 객체의 할당 해제가 *GIL*을 해제하지도 않고 형의 코드를 다시 호출하지도 않음을 알고 있을 때<sup>1</sup>;
- 순환 가비지 수거를 지원하지 않는 형의 `tp_dealloc` 처리기에서 참조 횟수를 감소시킬 때<sup>2</sup>.

인스턴스 변수를 어트리뷰트로 노출하려고 합니다. 이를 수행하는 방법에는 여러 가지가 있습니다. 가장 간단한 방법은 멤버 정의를 정의하는 것입니다:

```
static PyMemberDef Custom_members[] = {
    {"first", Py_T_OBJECT_EX, offsetof(CustomObject, first), 0,
     "first name"},
    {"last", Py_T_OBJECT_EX, offsetof(CustomObject, last), 0,
     "last name"},
    {"number", Py_T_INT, offsetof(CustomObject, number), 0,
     "custom number"},
    {NULL} /* Sentinel */
};
```

그리고 `tp_members` 슬롯에 정의를 넣습니다:

```
.tp_members = Custom_members,
```

각 멤버 정의에는 멤버 이름, 형, 오프셋, 액세스 플래그 및 독스트링이 있습니다. 자세한 내용은 아래 범용 어트리뷰트 관리 섹션을 참조하십시오.

이 접근법의 단점은 파이썬 어트리뷰트에 대입할 수 있는 객체의 형을 제한할 방법을 제공하지 않는다는 것입니다. 이름과 성은 문자열일 것으로 기대하지만, 모든 파이썬 객체를 할당할 수 있습니다. 또한 어트리뷰트를 삭제할 수 있습니다, C 포인터를 NULL로 설정합니다. NULL이 아닌 값으로 멤버를 초기화 할 수 있지만, 어트리뷰트를 삭제하면 멤버를 NULL로 설정할 수 있습니다.

We define a single method, `Custom.name()`, that outputs the objects name as the concatenation of the first and last names.

```
static PyObject *
Custom_name(CustomObject *self, PyObject *Py_UNUSED(ignored))
{
    if (self->first == NULL) {
        PyErr_SetString(PyExc_AttributeError, "first");
        return NULL;
    }
    if (self->last == NULL) {
```

(다음 페이지에 계속)

<sup>1</sup> 이것은 객체가 문자열이나 부동 소수점과 같은 기본형이라는 것을 알고 있을 때 참입니다.

<sup>2</sup> 우리의 형이 가비지 수거를 지원하지 않기 때문에, 이 예제에서는 `tp_dealloc` 처리기에서 이것을 사용했습니다.

(이전 페이지에서 계속)

```

PyErr_SetString(PyExc_AttributeError, "last");
return NULL;
}
return PyUnicode_FromFormat("%S %S", self->first, self->last);
}
    
```

The method is implemented as a C function that takes a `Custom` (or `Custom` subclass) instance as the first argument. Methods always take an instance as the first argument. Methods often take positional and keyword arguments as well, but in this case we don't take any and don't need to accept a positional argument tuple or keyword argument dictionary. This method is equivalent to the Python method:

```

def name(self):
    return "%s %s" % (self.first, self.last)
    
```

Note that we have to check for the possibility that our `first` and `last` members are `NULL`. This is because they can be deleted, in which case they are set to `NULL`. It would be better to prevent deletion of these attributes and to restrict the attribute values to be strings. We'll see how to do that in the next section.

이제 메서드를 정의했습니다, 메서드 정의 배열을 만들어야 합니다:

```

static PyMethodDef Custom_methods[] = {
    {"name", (PyCFunction) Custom_name, METH_NOARGS,
     "Return the name, combining the first and last name"},
    },
    {NULL} /* Sentinel */
};
    
```

(note that we used the `METH_NOARGS` flag to indicate that the method is expecting no arguments other than `self`)

그리고 `tp_methods` 슬롯에 대입합니다:

```

.tp_methods = Custom_methods,
    
```

Finally, we'll make our type usable as a base class for subclassing. We've written our methods carefully so far so that they don't make any assumptions about the type of the object being created or used, so all we need to do is to add the `Py_TPFLAGS_BASETYPE` to our class flag definition:

```

.tp_flags = Py_TPFLAGS_DEFAULT | Py_TPFLAGS_BASETYPE,
    
```

We rename `PyInit_custom()` to `PyInit_custom2()`, update the module name in the `PyModuleDef` struct, and update the full class name in the `PyTypeObject` struct.

Finally, we update our `setup.py` file to include the new module,

```

from setuptools import Extension, setup
setup(ext_modules=[
    Extension("custom", ["custom.c"]),
    Extension("custom2", ["custom2.c"]),
])
    
```

and then we re-install so that we can import `custom2`:

```

$ python -m pip install .
    
```

## 2.2.3 데이터 어트리뷰트를 더 세밀하게 제어하기

In this section, we'll provide finer control over how the `first` and `last` attributes are set in the `Custom` example. In the previous version of our module, the instance variables `first` and `last` could be set to non-string values or even deleted. We want to make sure that these attributes always contain strings.

```

#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>
#include <stddef.h> /* for offsetof() */

typedef struct {
    PyObject_HEAD
    PyObject *first; /* first name */
    PyObject *last; /* last name */
    int number;
} CustomObject;

static void
Custom_dealloc(CustomObject *self)
{
    Py_XDECREF(self->first);
    Py_XDECREF(self->last);
    Py_TYPE(self)->tp_free((PyObject *) self);
}

static PyObject *
Custom_new(PyTypeObject *type, PyObject *args, PyObject *kwds)
{
    CustomObject *self;
    self = (CustomObject *) type->tp_alloc(type, 0);
    if (self != NULL) {
        self->first = PyUnicode_FromString("");
        if (self->first == NULL) {
            Py_DECREF(self);
            return NULL;
        }
        self->last = PyUnicode_FromString("");
        if (self->last == NULL) {
            Py_DECREF(self);
            return NULL;
        }
        self->number = 0;
    }
    return (PyObject *) self;
}

static int
Custom_init(CustomObject *self, PyObject *args, PyObject *kwds)
{
    static char *kwlist[] = {"first", "last", "number", NULL};
    PyObject *first = NULL, *last = NULL;

    if (!PyArg_ParseTupleAndKeywords(args, kwds, "|UUi", kwlist,
                                     &first, &last,
                                     &self->number))
        return -1;

    if (first) {
        Py_SETREF(self->first, Py_NewRef(first));
    }
    if (last) {
        Py_SETREF(self->last, Py_NewRef(last));
    }
}
    
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```

    return 0;
}

static PyMemberDef Custom_members[] = {
    {"number", Py_T_INT, offsetof(CustomObject, number), 0,
     "custom number"},
    {NULL} /* Sentinel */
};

static PyObject *
Custom_getfirst(CustomObject *self, void *closure)
{
    return Py_NewRef(self->first);
}

static int
Custom_setfirst(CustomObject *self, PyObject *value, void *closure)
{
    if (value == NULL) {
        PyErr_SetString(PyExc_TypeError, "Cannot delete the first attribute");
        return -1;
    }
    if (!PyUnicode_Check(value)) {
        PyErr_SetString(PyExc_TypeError,
                        "The first attribute value must be a string");
        return -1;
    }
    Py_SETREF(self->first, Py_NewRef(value));
    return 0;
}

static PyObject *
Custom_getlast(CustomObject *self, void *closure)
{
    return Py_NewRef(self->last);
}

static int
Custom_setlast(CustomObject *self, PyObject *value, void *closure)
{
    if (value == NULL) {
        PyErr_SetString(PyExc_TypeError, "Cannot delete the last attribute");
        return -1;
    }
    if (!PyUnicode_Check(value)) {
        PyErr_SetString(PyExc_TypeError,
                        "The last attribute value must be a string");
        return -1;
    }
    Py_SETREF(self->last, Py_NewRef(value));
    return 0;
}

static PyGetSetDef Custom_getsetters[] = {
    {"first", (getter) Custom_getfirst, (setter) Custom_setfirst,
     "first name", NULL},

```

(다음 페이지에 계속)

```

        {"last", (getter) Custom_getlast, (setter) Custom_setlast,
         "last name", NULL},
        {NULL} /* Sentinel */
    };

    static PyObject *
    Custom_name(CustomObject *self, PyObject *Py_UNUSED(ignored))
    {
        return PyUnicode_FromFormat("%S %S", self->first, self->last);
    }

    static PyMethodDef Custom_methods[] = {
        {"name", (PyCFunction) Custom_name, METH_NOARGS,
         "Return the name, combining the first and last name"},
        {NULL} /* Sentinel */
    };

    static PyTypeObject CustomType = {
        .ob_base = PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
        .tp_name = "custom3.Custom",
        .tp_doc = PyDoc_STR("Custom objects"),
        .tp_basicsize = sizeof(CustomObject),
        .tp_itemsize = 0,
        .tp_flags = Py_TPFLAGS_DEFAULT | Py_TPFLAGS_BASETYPE,
        .tp_new = Custom_new,
        .tp_init = (initproc) Custom_init,
        .tp_dealloc = (destructor) Custom_dealloc,
        .tp_members = Custom_members,
        .tp_methods = Custom_methods,
        .tp_getset = Custom_getsetters,
    };

    static PyModuleDef custommodule = {
        .m_base = PyModuleDef_HEAD_INIT,
        .m_name = "custom3",
        .m_doc = "Example module that creates an extension type.",
        .m_size = -1,
    };

    PyMODINIT_FUNC
    PyInit_custom3(void)
    {
        PyObject *m;
        if (PyType_Ready(&CustomType) < 0)
            return NULL;

        m = PyModule_Create(&custommodule);
        if (m == NULL)
            return NULL;

        if (PyModule_AddObjectRef(m, "Custom", (PyObject *) &CustomType) < 0) {
            Py_DECREF(m);
            return NULL;
        }
    }

```

(이전 페이지에서 계속)

```

return m;
}
    
```

To provide greater control, over the `first` and `last` attributes, we'll use custom getter and setter functions. Here are the functions for getting and setting the `first` attribute:

```

static PyObject *
Custom_getfirst(CustomObject *self, void *closure)
{
    Py_INCREF(self->first);
    return self->first;
}

static int
Custom_setfirst(CustomObject *self, PyObject *value, void *closure)
{
    PyObject *tmp;
    if (value == NULL) {
        PyErr_SetString(PyExc_TypeError, "Cannot delete the first attribute");
        return -1;
    }
    if (!PyUnicode_Check(value)) {
        PyErr_SetString(PyExc_TypeError,
            "The first attribute value must be a string");
        return -1;
    }
    tmp = self->first;
    Py_INCREF(value);
    self->first = value;
    Py_DECREF(tmp);
    return 0;
}
    
```

The getter function is passed a `Custom` object and a “closure”, which is a void pointer. In this case, the closure is ignored. (The closure supports an advanced usage in which definition data is passed to the getter and setter. This could, for example, be used to allow a single set of getter and setter functions that decide the attribute to get or set based on data in the closure.)

The setter function is passed the `Custom` object, the new value, and the closure. The new value may be `NULL`, in which case the attribute is being deleted. In our setter, we raise an error if the attribute is deleted or if its new value is not a string.

PyGetSetDef 구조체의 배열을 만듭니다:

```

static PyGetSetDef Custom_getsetters[] = {
    {"first", (getter) Custom_getfirst, (setter) Custom_setfirst,
     "first name", NULL},
    {"last", (getter) Custom_getlast, (setter) Custom_setlast,
     "last name", NULL},
    {NULL} /* Sentinel */
};
    
```

그리고 `tp_getset` 슬롯에 등록합니다:

```

.tp_getset = Custom_getsetters,
    
```

PyGetSetDef 구조체의 마지막 항목은 위에서 언급한 “클로저”입니다. 이 경우, 클로저를 사용하지 않아서, `NULL`만 전달합니다.

또한 이러한 어트리뷰트에 대한 멤버 정의를 제거합니다:

```
static PyMemberDef Custom_members[] = {
    {"number", Py_T_INT, offsetof(CustomObject, number), 0,
     "custom number"},
    {NULL} /* Sentinel */
};
```

또한 문자열만 전달되도록<sup>3</sup> tp\_init 처리기를 갱신해야 합니다:

```
static int
Custom_init(CustomObject *self, PyObject *args, PyObject *kwds)
{
    static char *kwlist[] = {"first", "last", "number", NULL};
    PyObject *first = NULL, *last = NULL, *tmp;

    if (!PyArg_ParseTupleAndKeywords(args, kwds, "|UU", kwlist,
                                     &first, &last,
                                     &self->number))
        return -1;

    if (first) {
        tmp = self->first;
        Py_INCREF(first);
        self->first = first;
        Py_DECREF(tmp);
    }
    if (last) {
        tmp = self->last;
        Py_INCREF(last);
        self->last = last;
        Py_DECREF(tmp);
    }
    return 0;
}
```

이러한 변경을 통해, first와 last 멤버가 절대 NULL이 아니라고 확신할 수 있어서, 거의 모든 경우에 NULL 값 검사를 제거할 수 있습니다. 이것은 대부분의 Py\_XDECREF() 호출이 Py\_DECREF() 호출로 변환될 수 있음을 의미합니다. 이러한 호출을 변경할 수 없는 유일한 장소는 tp\_dealloc 구현에서인데, tp\_new에서 이 멤버의 초기화가 실패했을 가능성이 있습니다.

또한 이전과 마찬가지로, 초기화 함수에서 모듈 초기화 함수와 모듈 이름을 바꾸고, setup.py 파일에 추가 정의를 추가합니다.

### 2.2.4 순환 가비지 수거 지원하기

파이썬에는 참조 횟수가 0이 아닐 때도 불필요한 객체를 식별할 수 있는 순환 가비지 수거기 (GC)가 있습니다. 이것은 객체가 순환에 참여할 때 일어날 수 있습니다. 예를 들어, 다음을 고려하십시오:

```
>>> l = []
>>> l.append(l)
>>> del l
```

이 예에서, 자신을 포함하는 리스트를 만듭니다. 삭제해도 여전히 자체 참조가 있습니다. 참조 횟수가 0으로 떨어지지 않습니다. 다행스럽게도, 파이썬의 순환 가비지 수거기는 결국 리스트가 가비지임을 확인하고 해제합니다.

<sup>3</sup> 우리는 이제 first와 last 멤버가 문자열이라는 것을 알고 있어서, 참조 횟수를 줄이는 데 덜 주의할 수 있지만, 우리는 문자열 서브 클래스의 인스턴스를 받아들입니다. 일반 문자열을 할당 해제하는 것이 우리 객체로 다시 호출되지는 않더라도, 문자열 서브 클래스의 인스턴스를 할당 해제하는 것이 객체로 다시 호출되지 않는다고 보장할 수 없습니다.

In the second version of the `Custom` example, we allowed any kind of object to be stored in the `first` or `last` attributes<sup>4</sup>. Besides, in the second and third versions, we allowed subclassing `Custom`, and subclasses may add arbitrary attributes. For any of those two reasons, `Custom` objects can participate in cycles:

```
>>> import custom3
>>> class Derived(custom3.Custom): pass
...
>>> n = Derived()
>>> n.some_attribute = n
```

To allow a `Custom` instance participating in a reference cycle to be properly detected and collected by the cyclic GC, our `Custom` type needs to fill two additional slots and to enable a flag that enables these slots:

```
#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>
#include <stddef.h> /* for offsetof() */

typedef struct {
    PyObject_HEAD
    PyObject *first; /* first name */
    PyObject *last; /* last name */
    int number;
} CustomObject;

static int
Custom_traverse(CustomObject *self, visitproc visit, void *arg)
{
    Py_VISIT(self->first);
    Py_VISIT(self->last);
    return 0;
}

static int
Custom_clear(CustomObject *self)
{
    Py_CLEAR(self->first);
    Py_CLEAR(self->last);
    return 0;
}

static void
Custom_dealloc(CustomObject *self)
{
    PyObject_GC_UnTrack(self);
    Custom_clear(self);
    Py_TYPE(self)->tp_free((PyObject *) self);
}

static PyObject *
Custom_new(PyTypeObject *type, PyObject *args, PyObject *kwds)
{
    CustomObject *self;
    self = (CustomObject *) type->tp_alloc(type, 0);
    if (self != NULL) {
        self->first = PyUnicode_FromString("");
        if (self->first == NULL) {
```

(다음 페이지에 계속)

<sup>4</sup> 또한, 어트리뷰트가 문자열 인스턴스로 제한된 경우에도, 사용자는 임의의 `str` 서브 클래스를 전달할 수 있어서 여전히 참조 순환을 만들 수 있습니다.

```

        Py_DECREF(self);
        return NULL;
    }
    self->last = PyUnicode_FromString("");
    if (self->last == NULL) {
        Py_DECREF(self);
        return NULL;
    }
    self->number = 0;
}
return (PyObject *) self;
}

static int
Custom_init(CustomObject *self, PyObject *args, PyObject *kwds)
{
    static char *kwlist[] = {"first", "last", "number", NULL};
    PyObject *first = NULL, *last = NULL;

    if (!PyArg_ParseTupleAndKeywords(args, kwds, "|UUi", kwlist,
                                     &first, &last,
                                     &self->number))
        return -1;

    if (first) {
        Py_SETREF(self->first, Py_NewRef(first));
    }
    if (last) {
        Py_SETREF(self->last, Py_NewRef(last));
    }
    return 0;
}

static PyMemberDef Custom_members[] = {
    {"number", Py_T_INT, offsetof(CustomObject, number), 0,
     "custom number"},
    {NULL} /* Sentinel */
};

static PyObject *
Custom_getfirst(CustomObject *self, void *closure)
{
    return Py_NewRef(self->first);
}

static int
Custom_setfirst(CustomObject *self, PyObject *value, void *closure)
{
    if (value == NULL) {
        PyErr_SetString(PyExc_TypeError, "Cannot delete the first attribute");
        return -1;
    }
    if (!PyUnicode_Check(value)) {
        PyErr_SetString(PyExc_TypeError,
                       "The first attribute value must be a string");
        return -1;
    }
}

```

(이전 페이지에서 계속)

```

    }
    Py_XSETREF(self->first, Py_NewRef(value));
    return 0;
}

static PyObject *
Custom_getlast(CustomObject *self, void *closure)
{
    return Py_NewRef(self->last);
}

static int
Custom_setlast(CustomObject *self, PyObject *value, void *closure)
{
    if (value == NULL) {
        PyErr_SetString(PyExc_TypeError, "Cannot delete the last attribute");
        return -1;
    }
    if (!PyUnicode_Check(value)) {
        PyErr_SetString(PyExc_TypeError,
            "The last attribute value must be a string");
        return -1;
    }
    Py_XSETREF(self->last, Py_NewRef(value));
    return 0;
}

static PyGetSetDef Custom_getsetters[] = {
    {"first", (getter) Custom_getfirst, (setter) Custom_setfirst,
     "first name", NULL},
    {"last", (getter) Custom_getlast, (setter) Custom_setlast,
     "last name", NULL},
    {NULL} /* Sentinel */
};

static PyObject *
Custom_name(CustomObject *self, PyObject *Py_UNUSED(ignored))
{
    return PyUnicode_FromFormat("%S %S", self->first, self->last);
}

static PyMethodDef Custom_methods[] = {
    {"name", (PyCFunction) Custom_name, METH_NOARGS,
     "Return the name, combining the first and last name"},
    },
    {NULL} /* Sentinel */
};

static PyTypeObject CustomType = {
    .ob_base = PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
    .tp_name = "custom4.Custom",
    .tp_doc = PyDoc_STR("Custom objects"),
    .tp_basicsize = sizeof(CustomObject),
    .tp_itemsize = 0,
    .tp_flags = Py_TPFLAGS_DEFAULT | Py_TPFLAGS_BASETYPE | Py_TPFLAGS_HAVE_GC,
    .tp_new = Custom_new,

```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```

        .tp_init = (initproc) Custom_init,
        .tp_dealloc = (destructor) Custom_dealloc,
        .tp_traverse = (traverseproc) Custom_traverse,
        .tp_clear = (inquiry) Custom_clear,
        .tp_members = Custom_members,
        .tp_methods = Custom_methods,
        .tp_getset = Custom_getsetters,
};

static PyModuleDef custommodule = {
    .m_base = PyModuleDef_HEAD_INIT,
    .m_name = "custom4",
    .m_doc = "Example module that creates an extension type.",
    .m_size = -1,
};

PyMODINIT_FUNC
PyInit_custom4(void)
{
    PyObject *m;
    if (PyType_Ready(&CustomType) < 0)
        return NULL;

    m = PyModule_Create(&custommodule);
    if (m == NULL)
        return NULL;

    if (PyModule_AddObjectRef(m, "Custom", (PyObject *) &CustomType) < 0) {
        Py_DECREF(m);
        return NULL;
    }

    return m;
}

```

첫째, 탐색(traversal) 메서드는 순환 GC가 순환에 참여할 수 있는 서브 객체에 대해 알 수 있도록 합니다:

```

static int
Custom_traverse(CustomObject *self, visitproc visit, void *arg)
{
    int vret;
    if (self->first) {
        vret = visit(self->first, arg);
        if (vret != 0)
            return vret;
    }
    if (self->last) {
        vret = visit(self->last, arg);
        if (vret != 0)
            return vret;
    }
    return 0;
}

```

For each subobject that can participate in cycles, we need to call the `visit()` function, which is passed to the traversal method. The `visit()` function takes as arguments the subobject and the extra argument `arg` passed to the traversal method. It returns an integer value that must be returned if it is non-zero.

파이썬은 `visit` 함수 호출을 자동화하는 `Py_VISIT()` 매크로를 제공합니다. `Py_VISIT()` 를 사용하면, `Custom_traverse`에서 관용구 양을 최소화할 수 있습니다:

```
static int
Custom_traverse(CustomObject *self, visitproc visit, void *arg)
{
    Py_VISIT(self->first);
    Py_VISIT(self->last);
    return 0;
}
```

**i** 참고

`Py_VISIT()` 를 사용하려면 `tp_traverse` 구현에서 인자 이름을 `visit`과 `arg`로 정확하게 지정해야 합니다.

둘째, 순환에 참여할 수 있는 서브 객체를 지우는 메서드를 제공해야 합니다:

```
static int
Custom_clear(CustomObject *self)
{
    Py_CLEAR(self->first);
    Py_CLEAR(self->last);
    return 0;
}
```

`Py_CLEAR()` 매크로 사용에 주목하십시오. 참조 횟수를 줄이면서 임의 형의 데이터 어트리뷰트를 지우는 권장되고 안전한 방법입니다. `NULL`로 설정하기 전에 어트리뷰트에서 `Py_XDECREF()` 를 대신 호출했으면, 어트리뷰트의 파괴자가 어트리뷰트를 다시 읽는 코드(특히 참조 순환이 있으면)를 다시 호출할 가능성이 있습니다.

**i** 참고

다음과 같이 작성하여 `Py_CLEAR()` 를 에뮬레이션할 수 있습니다:

```
PyObject *tmp;
tmp = self->first;
self->first = NULL;
Py_XDECREF(tmp);
```

그런데도, 어트리뷰트를 삭제할 때 항상 `Py_CLEAR()` 를 사용하기가 훨씬 쉽고 예러가 적습니다. 견고성을 희생하면서 세밀한 최적화를 시도하지 마십시오!

할당 해제기 `Custom_dealloc`은 어트리뷰트를 지울 때 임의의 코드를 호출할 수 있습니다. 이는 함수 내에서 순환 GC가 트리거 될 수 있음을 의미합니다. GC는 참조 횟수가 0이 아니라고 가정하기 때문에, 멤버를 지우기 전에 `PyObject_GC_UnTrack()` 을 호출하여 GC에서 객체를 추적 해제해야 합니다. 다음은 `PyObject_GC_UnTrack()` 과 `Custom_clear`를 사용하여 다시 구현된 할당 해제기입니다:

```
static void
Custom_dealloc(CustomObject *self)
{
    PyObject_GC_UnTrack(self);
    Custom_clear(self);
    Py_TYPE(self)->tp_free((PyObject *) self);
}
```

Finally, we add the `Py_TPFLAGS_HAVE_GC` flag to the class flags:

```
.tp_flags = Py_TPFLAGS_DEFAULT | Py_TPFLAGS_BASETYPE | Py_TPFLAGS_HAVE_GC,
```

거의 다 됐습니다. 사용자 정의 tp\_alloc이나 tp\_free 처리기를 작성했으면, 순환 가비지 수거를 위해 이를 수정해야 합니다. 대부분의 확장은 자동으로 제공된 버전을 사용합니다.

### 2.2.5 다른 형의 서브 클래스

기존 형에서 파생된 새 확장형을 만들 수 있습니다. 확장이 필요한 PyTypeObject를 쉽게 사용할 수 있어서, 내장형에서 상속하기가 가장 쉽습니다. 확장 모듈 간에 이러한 PyTypeObject 구조체를 공유하기 어려울 수 있습니다.

In this example we will create a SubList type that inherits from the built-in list type. The new type will be completely compatible with regular lists, but will have an additional increment() method that increases an internal counter:

```
>>> import sublist
>>> s = sublist.SubList(range(3))
>>> s.extend(s)
>>> print(len(s))
6
>>> print(s.increment())
1
>>> print(s.increment())
2
```

```
#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>

typedef struct {
    PyListObject list;
    int state;
} SubListObject;

static PyObject *
SubList_increment(SubListObject *self, PyObject *unused)
{
    self->state++;
    return PyLong_FromLong(self->state);
}

static PyMethodDef SubList_methods[] = {
    {"increment", (PyCFunction)SubList_increment, METH_NOARGS,
     PyDoc_STR("increment state counter")},
    {NULL},
};

static int
SubList_init(SubListObject *self, PyObject *args, PyObject *kwds)
{
    if (PyList_Type.tp_init((PyObject *) self, args, kwds) < 0)
        return -1;
    self->state = 0;
    return 0;
}

static PyTypeObject SubListType = {
    PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```

        .tp_name = "sublist.SubList",
        .tp_doc = PyDoc_STR("SubList objects"),
        .tp_basicsize = sizeof(SubListObject),
        .tp_itemsize = 0,
        .tp_flags = Py_TPFLAGS_DEFAULT | Py_TPFLAGS_BASETYPE,
        .tp_init = (initproc) SubList_init,
        .tp_methods = SubList_methods,
    };

    static PyModuleDef sublistmodule = {
        PyModuleDef_HEAD_INIT,
        .m_name = "sublist",
        .m_doc = "Example module that creates an extension type.",
        .m_size = -1,
    };

PyMODINIT_FUNC
PyInit_sublist(void)
{
    PyObject *m;
    SubListType.tp_base = &PyList_Type;
    if (PyType_Ready(&SubListType) < 0)
        return NULL;

    m = PyModule_Create(&sublistmodule);
    if (m == NULL)
        return NULL;

    if (PyModule_AddObjectRef(m, "SubList", (PyObject *) &SubListType) < 0) {
        Py_DECREF(m);
        return NULL;
    }

    return m;
}
    
```

As you can see, the source code closely resembles the Custom examples in previous sections. We will break down the main differences between them.

```

typedef struct {
    PyListObject list;
    int state;
} SubListObject;
    
```

과생형 객체의 주요 차이점은 베이스형의 객체 구조체가 첫 번째 값이어야 한다는 것입니다. 베이스형은 이미 구조체의 시작 부분에 `PyObject_HEAD()` 를 포함합니다.

When a Python object is a `SubList` instance, its `PyObject *` pointer can be safely cast to both `PyListObject *` and `SubListObject *`:

```

static int
SubList_init(SubListObject *self, PyObject *args, PyObject *kwds)
{
    if (PyList_Type.tp_init((PyObject *) self, args, kwds) < 0)
        return -1;
    self->state = 0;
    return 0;
}
    
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```
}

```

We see above how to call through to the `__init__()` method of the base type.

이 패턴은 사용자 정의 `tp_new`와 `tp_dealloc` 멤버를 갖는 형을 작성할 때 중요합니다. `tp_new` 처리기는 실제로 `tp_alloc`을 사용하여 객체의 메모리를 만들지 말고, 베이스 클래스가 자체 `tp_new`를 호출하여 처리하도록 해야 합니다.

`PyObject` 구조체는 형의 구상 베이스 클래스를 지정하는 `tp_base`를 지원합니다. 크로스 플랫폼 컴파일러 문제로 인해, `PyList_Type`에 대한 참조로 해당 필드를 직접 채울 수 없습니다; 나중에 모듈 초기화 함수에서 수행해야 합니다:

```
PyMODINIT_FUNC
PyInit_sublist(void)
{
    PyObject* m;
    SubListType.tp_base = &PyList_Type;
    if (PyType_Ready(&SubListType) < 0)
        return NULL;

    m = PyModule_Create(&sublistmodule);
    if (m == NULL)
        return NULL;

    if (PyModule_AddObjectRef(m, "SubList", (PyObject *) &SubListType) < 0) {
        Py_DECREF(m);
        return NULL;
    }

    return m;
}
```

`PyType_Ready()` 를 호출하기 전에, 형 구조체에 `tp_base` 슬롯이 채워져 있어야 합니다. 기존 형을 파생할 때, `PyType_GenericNew()` 로 `tp_alloc` 슬롯을 채울 필요는 없습니다 - 베이스형의 할당 함수가 상속됩니다.

After that, calling `PyType_Ready()` and adding the type object to the module is the same as with the basic Custom examples.

### 2.3 확장형 정의하기: 여러 가지 주제

이 섹션은 구현할 수 있는 다양한 형 메서드와 그것이 하는 일에 대해 훑어보기를 제공하기 위한 것입니다.

Here is the definition of `PyObject`, with some fields only used in debug builds omitted:

```
typedef struct _typeobject {
    PyObject_VAR_HEAD
    const char *tp_name; /* For printing, in format "<module>.<name>" */
    Py_ssize_t tp_basicsize, tp_itemsize; /* For allocation */

    /* Methods to implement standard operations */

    destructor tp_dealloc;
    Py_ssize_t tp_vectorcall_offset;
    getattrofunc tp_getattr;
    setattrofunc tp_setattr;
    PyAsyncMethods *tp_as_async; /* formerly known as tp_compare (Python 2)
                                   or tp_reserved (Python 3) */

```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```

reprfunc tp_repr;

/* Method suites for standard classes */

PyNumberMethods *tp_as_number;
PySequenceMethods *tp_as_sequence;
PyMappingMethods *tp_as_mapping;

/* More standard operations (here for binary compatibility) */

hashfunc tp_hash;
ternaryfunc tp_call;
reprfunc tp_str;
getattrofunc tp_getattro;
setattrofunc tp_setattro;

/* Functions to access object as input/output buffer */
PyBufferProcs *tp_as_buffer;

/* Flags to define presence of optional/expanded features */
unsigned long tp_flags;

const char *tp_doc; /* Documentation string */

/* Assigned meaning in release 2.0 */
/* call function for all accessible objects */
traverseproc tp_traverse;

/* delete references to contained objects */
inquiry tp_clear;

/* Assigned meaning in release 2.1 */
/* rich comparisons */
richcmpfunc tp_richcompare;

/* weak reference enabler */
Py_ssize_t tp_weaklistoffset;

/* Iterators */
getiterfunc tp_iter;
iternextfunc tp_iternext;

/* Attribute descriptor and subclassing stuff */
struct PyMethodDef *tp_methods;
struct PyMemberDef *tp_members;
struct PyGetSetDef *tp_getset;
// Strong reference on a heap type, borrowed reference on a static type
struct _typeobject *tp_base;
PyObject *tp_dict;
descrgetfunc tp_descr_get;
descrsetfunc tp_descr_set;
Py_ssize_t tp_dictoffset;
initproc tp_init;
allocfunc tp_alloc;
newfunc tp_new;
freefunc tp_free; /* Low-level free-memory routine */

```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```

inquiry tp_is_gc; /* For PyObject_IS_GC */
PyObject *tp_bases;
PyObject *tp_mro; /* method resolution order */
PyObject *tp_cache;
PyObject *tp_subclasses;
PyObject *tp_weaklist;
destructor tp_del;

/* Type attribute cache version tag. Added in version 2.6 */
unsigned int tp_version_tag;

destructor tp_finalize;
vectorcallfunc tp_vectorcall;

/* bitset of which type-watchers care about this type */
unsigned char tp_watched;
} PyTypeObject;
    
```

이제 메서드가 아주 많습니다. 너무 걱정하지 마십시오 - 정의하려는 형이 있으면, 이 중 일부만 구현할 가능성이 매우 높습니다.

아마 지금까지 예상했듯이, 이것에 대해 살펴보고 다양한 처리기에 대한 자세한 정보를 제공할 것입니다. 필드의 순서에 영향을 미치는 많은 과거의 짐이 있어서, 구조체에 정의된 순서대로 진행하지 않을 것입니다. 필요한 필드가 포함된 예제를 찾은 다음 새 형에 맞게 값을 변경하기가 종종 가장 쉽습니다.

```

const char *tp_name; /* For printing */
    
```

형의 이름 - 이전 장에서 언급했듯이, 이것은 여러 곳에서 나타나는데, 거의 진단 목적입니다. 그러한 상황에서 도움이 될만한 것을 선택하십시오!

```

Py_ssize_t tp_basicsize, tp_itemsize; /* For allocation */
    
```

이 필드는 이 형의 새 객체가 만들어질 때 할당할 메모리량을 런타임에 알려줍니다. 파이썬은 가변 길이 구조(생각하세요: 문자열, 튜플)에 대한 지원을 내장하고 있는데, 이때 tp\_itemsize 필드가 참여합니다. 이것은 나중에 다룰 것입니다.

```

const char *tp_doc;
    
```

여기에 파이썬 스크립트가 obj.\_\_doc\_\_을 참조하여 독스트링을 꺼낼 때 반환할 문자열(또는 문자열의 주소)을 넣을 수 있습니다.

이제 기본 형 메서드에 대해 살펴보겠습니다 - 대부분의 확장형이 구현할 것들입니다.

### 2.3.1 파이널리제이션과 할당 해제

```

destructor tp_dealloc;
    
```

이 함수는 형의 인스턴스의 참조 횟수가 0으로 줄어들고 파이썬 인터프리터가 그것을 재활용하고자 할 때 호출됩니다. 여러분의 형에 해제할 메모리가 있거나 수행할 기타 정리 작업이 있으면, 여기에 넣을 수 있습니다. 객체 자체도 여기서 해제해야 합니다. 이 함수의 예는 다음과 같습니다:

```

static void
newdatatype_dealloc(newdatatypeobject *obj)
{
    free(obj->obj_UnderlyingDatatypePtr);
    Py_TYPE(obj)->tp_free((PyObject *)obj);
}
    
```

If your type supports garbage collection, the destructor should call `PyObject_GC_UnTrack()` before clearing any member fields:

```
static void
newdatatype_dealloc(newdatatypeobject *obj)
{
    PyObject_GC_UnTrack(obj);
    Py_CLEAR(obj->other_obj);
    ...
    Py_TYPE(obj)->tp_free((PyObject *)obj);
}
```

할당 해제 함수의 중요한 요구 사항 중 하나는 계류 중인 예외를 그대로 남겨 두어야 한다는 것입니다. 인터프리터가 파이썬 스택을 되감을 때 할당 해제가 자주 호출되기 때문에 중요합니다; 스택이 (정상적인 반환이 아닌) 예외로 인해 되감길 때, 할당 해제가 예외가 이미 설정되어 있음을 알 수 없도록 하는 것은 아무것도 수행되지 않습니다. 할당 해제가 수행하는 추가 파이썬 코드가 실행될 수 있도록 하는 추가 조치는 예외가 설정되었음을 감지할 수 있습니다. 이는 인터프리터가 혼동하도록 할 수 있습니다. 이를 방지하는 올바른 방법은 안전하지 않은 조치를 수행하기 전에 계류 중인 예외를 저장하고 완료되면 복원하는 것입니다. `PyErr_Fetch()` 와 `PyErr_Restore()` 함수를 사용하여 수행할 수 있습니다:

```
static void
my_dealloc(PyObject *obj)
{
    PyObject *self = (PyObject *) obj;
    PyObject *cbresult;

    if (self->my_callback != NULL) {
        PyObject *err_type, *err_value, *err_traceback;

        /* This saves the current exception state */
        PyErr_Fetch(&err_type, &err_value, &err_traceback);

        cbresult = PyObject_CallNoArgs(self->my_callback);
        if (cbresult == NULL)
            PyErr_WriteUnraisable(self->my_callback);
        else
            Py_DECREF(cbresult);

        /* This restores the saved exception state */
        PyErr_Restore(err_type, err_value, err_traceback);

        Py_DECREF(self->my_callback);
    }
    Py_TYPE(obj)->tp_free((PyObject*) self);
}
```

**i 참고**

할당 해제 함수에서 안전하게 수행할 수 있는 작업에는 제한이 있습니다. 먼저, 형이 가비지 수거를 지원하면 (`tp_traverse` 및/또는 `tp_clear`를 사용해서), `tp_dealloc`이 호출될 때 객체의 일부 멤버가 지워지거나 파일널라이즈 될 수 있습니다. 둘째, `tp_dealloc`에서, 객체는 불안정한 상태에 있습니다: 참조 횟수가 0입니다. (위의 예에서와같이) 사소하지 않은 객체나 API를 호출하면 `tp_dealloc`을 다시 호출하게 되어, 이중 해제와 충돌이 발생할 수 있습니다.

파이썬 3.4부터는, `tp_dealloc`에 복잡한 파일널리제이션 코드를 넣지 말고, 대신 새로운 `tp_finalize` 형 메서드를 사용하는 것이 좋습니다.

 더 보기

PEP 442는 새로운 파이널리제이션 체계를 설명합니다.

### 2.3.2 객체 표현

파이썬에서, 객체의 텍스트 표현을 생성하는 두 가지 방법이 있습니다: `repr()` 함수와 `str()` 함수. (`print()` 함수는 단지 `str()` 을 호출합니다.) 이 처리기들은 모두 선택적입니다.

```
reprfunc tp_repr;
reprfunc tp_str;
```

`tp_repr` 처리기는 호출된 인스턴스의 표현을 포함하는 문자열 객체를 반환해야 합니다. 다음은 간단한 예입니다:

```
static PyObject *
newdatatype_repr(newdatatypeobject *obj)
{
    return PyUnicode_FromFormat("Repr-ified_newdatatype{{size:%d}}",
                                obj->obj_UnderlyingDatatypePtr->size);
}
```

If no `tp_repr` handler is specified, the interpreter will supply a representation that uses the type's `tp_name` and a uniquely identifying value for the object.

`tp_str` 처리기는 `str()` 에 대한 것이고, 위에서 설명한 `tp_repr` 처리기와 `repr()` 간의 관계와 같은 관계입니다; 즉, 파이썬 코드가 객체의 인스턴스에서 `str()` 을 호출할 때 호출됩니다. 구현은 `tp_repr` 함수와 매우 유사하지만, 결과 문자열은 사람이 사용하기 위한 것입니다. `tp_str` 을 지정하지 않으면, `tp_repr` 처리기가 대신 사용됩니다.

다음은 간단한 예입니다:

```
static PyObject *
newdatatype_str(newdatatypeobject *obj)
{
    return PyUnicode_FromFormat("Stringified_newdatatype{{size:%d}}",
                                obj->obj_UnderlyingDatatypePtr->size);
}
```

### 2.3.3 어트리뷰트 관리

어트리뷰트를 지원할 수 있는 모든 객체에 대해, 해당 형은 어트리뷰트가 결정되는(resolved) 방법을 제어하는 함수를 제공해야 합니다. 어트리뷰트를 꺼낼 수 있는 함수와 (뭔가 정의되어 있다면), 어트리뷰트를 설정하는 다른 함수(어트리뷰트 설정이 허용된다면)가 있어야 합니다. 어트리뷰트 제거는 특별한 경우이며, 처리기에 전달된 새 값이 NULL입니다.

Python supports two pairs of attribute handlers; a type that supports attributes only needs to implement the functions for one pair. The difference is that one pair takes the name of the attribute as a `char*`, while the other accepts a `PyObject*`. Each type can use whichever pair makes more sense for the implementation's convenience.

```
getattrfunc tp_getattr; /* char * version */
setattrfunc tp_setattr;
/* ... */
getattrfunc tp_getattro; /* PyObject * version */
setattrfunc tp_setattro;
```

If accessing attributes of an object is always a simple operation (this will be explained shortly), there are generic implementations which can be used to provide the `PyObject*` version of the attribute management functions. The

actual need for type-specific attribute handlers almost completely disappeared starting with Python 2.2, though there are many examples which have not been updated to use some of the new generic mechanism that is available.

### 범용 어트리뷰트 관리

대부분의 확장형은 간단한 어트리뷰트만 사용합니다. 그렇다면, 어트리뷰트를 간단하게 만드는 것은 무엇입니까? 충족해야 하는 몇 가지 조건만 있습니다:

1. `PyType_Ready()` 가 호출될 때 어트리뷰트의 이름을 알아야 합니다.
2. 어트리뷰트를 찾거나 설정했음을 기록하는 데 특별한 처리가 필요하지 않으며 값을 기반으로 조처를 하지 않아도 됩니다.

이 목록은 어트리뷰트 값, 값을 계산하는 시점 또는 관련 데이터가 저장되는 방법에 제한을 두지 않음에 유의하십시오.

`PyType_Ready()` 가 호출될 때, 형 객체가 참조하는 3개의 테이블을 사용하여 형 객체의 디렉터리에 배치되는 디스크립터를 만듭니다. 각 디스크립터는 인스턴스 객체의 한 어트리뷰트에 대한 액세스를 제어합니다. 각 테이블은 선택적입니다; 세 개 모두가 NULL이면, 형의 인스턴스는 베이스형에서 상속된 어트리뷰트만 갖게 되며, `tp_getattro`와 `tp_setattro` 필드도 NULL로 남겨두어야 베이스형이 어트리뷰트를 처리할 수 있습니다.

테이블은 형 객체의 세 필드로 선언됩니다:

```
struct PyMethodDef *tp_methods;
struct PyMemberDef *tp_members;
struct PyGetSetDef *tp_getset;
```

`tp_methods`가 NULL이 아니면, `PyMethodDef` 구조체의 배열을 참조해야 합니다. 테이블의 각 항목은 다음 구조체의 인스턴스입니다:

```
typedef struct PyMethodDef {
    const char *ml_name;           /* method name */
    PyCFunction ml_meth;          /* implementation function */
    int ml_flags;                 /* flags */
    const char *ml_doc;           /* docstring */
} PyMethodDef;
```

One entry should be defined for each method provided by the type; no entries are needed for methods inherited from a base type. One additional entry is needed at the end; it is a sentinel that marks the end of the array. The `ml_name` field of the sentinel must be NULL.

두 번째 테이블은 인스턴스에 저장된 데이터에 직접 매핑되는 어트리뷰트를 정의하는 데 사용됩니다. 다양한 기본 C형이 지원되며, 액세스는 읽기 전용이거나 읽고 쓰기일 수 있습니다. 테이블의 구조체는 다음과 같이 정의됩니다:

```
typedef struct PyMemberDef {
    const char *name;
    int type;
    int offset;
    int flags;
    const char *doc;
} PyMemberDef;
```

For each entry in the table, a *descriptor* will be constructed and added to the type which will be able to extract a value from the instance structure. The `type` field should contain a type code like `Py_T_INT` or `Py_T_DOUBLE`; the value will be used to determine how to convert Python values to and from C values. The `flags` field is used to store flags which control how the attribute can be accessed: you can set it to `Py_READONLY` to prevent Python code from setting it.

An interesting advantage of using the `tp_members` table to build descriptors that are used at runtime is that any attribute defined this way can have an associated doc string simply by providing the text in the table. An application

can use the introspection API to retrieve the descriptor from the class object, and get the doc string using its `__doc__` attribute.

As with the `tp_methods` table, a sentinel entry with a `ml_name` value of `NULL` is required.

### 형별 어트리뷰트 관리

For simplicity, only the `char*` version will be demonstrated here; the type of the name parameter is the only difference between the `char*` and `PyObject*` flavors of the interface. This example effectively does the same thing as the generic example above, but does not use the generic support added in Python 2.2. It explains how the handler functions are called, so that if you do need to extend their functionality, you'll understand what needs to be done.

The `tp_getattr` handler is called when the object requires an attribute look-up. It is called in the same situations where the `__getattr__()` method of a class would be called.

예는 다음과 같습니다:

```
static PyObject *
newdatatype_getattr(newdatatypeobject *obj, char *name)
{
    if (strcmp(name, "data") == 0)
    {
        return PyLong_FromLong(obj->data);
    }

    PyErr_Format(PyExc_AttributeError,
                 "%s object has no attribute '%s'",
                 Py_TYPE(obj)->tp_name, name);
    return NULL;
}
```

The `tp_setattr` handler is called when the `__setattr__()` or `__delattr__()` method of a class instance would be called. When an attribute should be deleted, the third parameter will be `NULL`. Here is an example that simply raises an exception; if this were really all you wanted, the `tp_setattr` handler should be set to `NULL`.

```
static int
newdatatype_setattr(newdatatypeobject *obj, char *name, PyObject *v)
{
    PyErr_Format(PyExc_RuntimeError, "Read-only attribute: %s", name);
    return -1;
}
```

### 2.3.4 객체 비교

```
richcmpfunc tp_richcompare;
```

The `tp_richcompare` handler is called when comparisons are needed. It is analogous to the rich comparison methods, like `__lt__()`, and also called by `PyObject_RichCompare()` and `PyObject_RichCompareBool()`.

This function is called with two Python objects and the operator as arguments, where the operator is one of `Py_EQ`, `Py_NE`, `Py_LE`, `Py_GE`, `Py_LT` or `Py_GT`. It should compare the two objects with respect to the specified operator and return `Py_True` or `Py_False` if the comparison is successful, `Py_NotImplemented` to indicate that comparison is not implemented and the other object's comparison method should be tried, or `NULL` if an exception was set.

내부 포인터의 크기가 같으면 같다고 간주하는 데이터형에 대한 샘플 구현은 다음과 같습니다:

```
static PyObject *
newdatatype_richcmp(newdatatypeobject *obj1, newdatatypeobject *obj2, int op)
{
    PyObject *result;
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```

int c, size1, size2;

/* code to make sure that both arguments are of type
   newdatatype omitted */

size1 = obj1->obj_UnderlyingDatatypePtr->size;
size2 = obj2->obj_UnderlyingDatatypePtr->size;

switch (op) {
case Py_LT: c = size1 < size2; break;
case Py_LE: c = size1 <= size2; break;
case Py_EQ: c = size1 == size2; break;
case Py_NE: c = size1 != size2; break;
case Py_GT: c = size1 > size2; break;
case Py_GE: c = size1 >= size2; break;
}
result = c ? Py_True : Py_False;
Py_INCREF(result);
return result;
}
    
```

### 2.3.5 추상 프로토콜 지원

파이썬은 다양한 추상 ‘프로토콜’ 을 지원합니다; 이러한 인터페이스를 사용하기 위해 제공되는 구체적인 인터페이스는 `abstract`에 설명되어 있습니다.

이러한 추상 인터페이스 중 다수는 파이썬 구현 개발 초기에 정의되었습니다. 특히, 숫자, 매핑 및 시퀀스 프로토콜은 처음부터 파이썬의 일부였습니다. 다른 프로토콜은 시간이 지남에 따라 추가되었습니다. 형 구현의 여러 처리기 루틴에 의존하는 프로토콜의 경우, 이전 프로토콜은 형 객체가 참조하는 선택적 처리기 블록으로 정의되었습니다. 최신 프로토콜의 경우 메인 형 객체에 추가 슬롯이 있으며, 슬롯이 존재하고 인터프리터가 확인해야 함을 나타내는 플래그 비트가 설정됩니다. (플래그 비트는 슬롯 값이 `NULL`이 아님을 나타내지 않습니다. 플래그는 슬롯의 존재를 나타내도록 설정될 수 있지만, 슬롯은 여전히 채워지지 않을 수 있습니다.)

```

PyNumberMethods *tp_as_number;
PySequenceMethods *tp_as_sequence;
PyMappingMethods *tp_as_mapping;
    
```

여러분의 객체가 숫자, 시퀀스 또는 매핑 객체처럼 작동하도록 하려면, C형 `PyNumberMethods`, `PySequenceMethods` 또는 `PyMappingMethods`를 각각 구현하는 구조체의 주소를 배치합니다. 이 구조체를 적절한 값으로 채우는 것은 여러분의 책임입니다. 파이썬 소스 배포의 `Objects` 디렉터리에서 이들 각각의 사용 예를 찾을 수 있습니다.

```
hashfunc tp_hash;
```

여러분이 제공하기로 선택했다면, 이 함수는 데이터형의 인스턴스에 대한 해시 숫자를 반환해야 합니다. 다음은 간단한 예입니다:

```

static Py_hash_t
newdatatype_hash(newdatatypeobject *obj)
{
    Py_hash_t result;
    result = obj->some_size + 32767 * obj->some_number;
    if (result == -1)
        result = -2;
    return result;
}
    
```

Py\_hash\_t는 플랫폼에 따라 변하는 너비의 부호 있는 정수 형입니다. tp\_hash에서 -1을 반환하면 에러를 표시해서, 위와 같이 해서 계산에 성공했을 때 반환하지 않도록 주의해야 합니다.

```
ternaryfunc tp_call;
```

이 함수는 데이터형의 인스턴스가 “호출”될 때 호출됩니다, 예를 들어, obj1이 데이터형의 인스턴스이고 파이썬 스크립트에 obj1('hello')가 포함되어 있으면 tp\_call 처리기가 호출됩니다.

이 함수는 세 개의 인자를 취합니다:

1. self는 호출의 대상인 데이터형의 인스턴스입니다. 호출이 obj1('hello')이면, self는 obj1입니다.
2. args는 호출에 대한 인자를 포함하는 튜플입니다. PyArg\_ParseTuple()을 사용하여 인자를 추출할 수 있습니다.
3. kwds는 전달된 키워드 인자의 딕셔너리입니다. 이것이 NULL이 아니고 키워드 인자를 지원하면 PyArg\_ParseTupleAndKeywords()를 사용하여 인자를 추출하십시오. 키워드 인자를 지원하지 않고 이것이 NULL이 아니면, 키워드 인자가 지원되지 않는다는 메시지와 함께 TypeError를 발생시키십시오.

장난감 tp\_call 구현은 다음과 같습니다:

```
static PyObject *
newdatatype_call(newdatatypeobject *obj, PyObject *args, PyObject *kwds)
{
    PyObject *result;
    const char *arg1;
    const char *arg2;
    const char *arg3;

    if (!PyArg_ParseTuple(args, "sss:call", &arg1, &arg2, &arg3)) {
        return NULL;
    }
    result = PyUnicode_FromFormat(
        "Returning -- value: [%d] arg1: [%s] arg2: [%s] arg3: [%s]\n",
        obj->obj_UnderlyingDatatypePtr->size,
        arg1, arg2, arg3);
    return result;
}
```

```
/* Iterators */
getiterfunc tp_iter;
iternextfunc tp_iternext;
```

These functions provide support for the iterator protocol. Both handlers take exactly one parameter, the instance for which they are being called, and return a new reference. In the case of an error, they should set an exception and return NULL. tp\_iter corresponds to the Python \_\_iter\_\_() method, while tp\_iternext corresponds to the Python \_\_next\_\_() method.

모든 이터러블 객체는 이터레이터 객체를 반환해야 하는 tp\_iter 처리기를 구현해야 합니다. 다음은 파이썬 클래스에도 적용되는 공통 지침입니다:

- 여러 개의 독립 이터레이터를 지원할 수 있는 컬렉션(가령 리스트와 튜플)의 경우, tp\_iter를 호출할 때마다 새 이터레이터가 만들어지고 반환되어야 합니다.
- 한 번만 이터레이트 될 수 있는 (보통 파일 객체처럼 이터레이션의 부작용으로 인해) 객체는 스스로에 대한 새로운 참조를 반환하여 tp\_iter를 구현할 수 있습니다 - 따라서 tp\_iternext 처리기도 구현해야 합니다.

모든 이터레이터 객체는 tp\_iter와 tp\_iternext를 모두 구현해야 합니다. 이터레이터의 tp\_iter 처리기는 이터레이터에 대한 새로운 참조를 반환해야 합니다. tp\_iternext 처리기는 이터레이션의 다음 객체(있다면)에 대한 새 참조를 반환해야 합니다. 이터레이션이 끝에 도달하면, tp\_iternext는 예외를 설정하지 않고 NULL을 반환하거나, NULL을 반환하는 것에 더해 StopIteration을 설정할 수 있습니다; 예외를

피하면 성능이 약간 향상될 수 있습니다. 실제 예러가 발생하면, `tp_iternext`는 항상 예외를 설정하고, `NULL`을 반환해야 합니다.

### 2.3.6 약한 참조 지원

파이썬의 약한 참조 구현의 목표 중 하나는 성능에 중요한 객체(가령 숫자)에 대한 부하를 발생시키지 않고 모든 형이 약한 참조 메커니즘에 참여할 수 있도록 하는 것입니다.

 더 보기

[weakref 모듈에 대한 설명서.](#)

For an object to be weakly referenceable, the extension type must set the `Py_TPFLAGS_MANAGED_WEAKREF` bit of the `tp_flags` field. The legacy `tp_weaklistoffset` field should be left as zero.

Concretely, here is how the statically declared type object would look:

```
static PyObject TrivialType = {
    PyVarObject_HEAD_INIT(NULL, 0)
    /* ... other members omitted for brevity ... */
    .tp_flags = Py_TPFLAGS_MANAGED_WEAKREF | ...,
};
```

The only further addition is that `tp_dealloc` needs to clear any weak references (by calling `PyObject_ClearWeakRefs()`):

```
static void
Trivial_dealloc(TrivialObject *self)
{
    /* Clear weakrefs first before calling any destructors */
    PyObject_ClearWeakRefs((PyObject *) self);
    /* ... remainder of destruction code omitted for brevity ... */
    Py_TYPE(self)->tp_free((PyObject *) self);
}
```

### 2.3.7 추가 제안

새 데이터형에 특정 메서드를 구현하는 방법을 배우려면, *CPython* 소스 코드를 구하십시오. Objects 디렉터리로 이동한 다음, C 소스 파일에서 `tp_`에 원하는 기능을 더한 것(예를 들어, `tp_richcompare`)을 검색하십시오. 구현하려는 함수의 예를 찾을 수 있을 겁니다.

객체가 구현 중인 형의 구상 인스턴스인지 확인해야 하면, `PyObject_TypeCheck()` 함수를 사용하십시오. 사용 예는 다음과 같습니다:

```
if (!PyObject_TypeCheck(some_object, &MyType)) {
    PyErr_SetString(PyExc_TypeError, "arg #1 not a mything");
    return NULL;
}
```

 더 보기

**CPython 소스 릴리스를 다운로드하십시오.**  
<https://www.python.org/downloads/source/>

**GitHub의 CPython 프로젝트, CPython 소스 코드가 개발되는 곳.**  
<https://github.com/python/cpython>

## 2.4 C와 C++ 확장 빌드하기

CPython의 C 확장은 초기화 함수를 내보내는 공유 라이브러리입니다 (예를 들어, 리눅스는 `.so`, 윈도우는 `.pyd`).

To be importable, the shared library must be available on `PYTHONPATH`, and must be named after the module name, with an appropriate extension. When using `setuptools`, the correct filename is generated automatically.

초기화 함수는 다음과 같은 서명을 갖습니다:

```
PyObject *PyInit_modulename (void)
```

It returns either a fully initialized module, or a `PyModuleDef` instance. See `initializing-modules` for details.

ASCII로만 이루어진 이름을 가진 모듈의 경우, 함수의 이름을 `PyInit_<modulename>` 이어야 합니다. 여기서 `<modulename>`을 모듈의 이름으로 치환합니다. `multi-phase-initialization`를 사용할 때 ASCII가 아닌 모듈 이름이 허용됩니다. 이 경우, 초기화 함수 이름은 `PyInitU_<modulename>`이며 `<modulename>`은 파이썬의 `punycode` 인코딩으로 인코딩되고 하이픈을 밑줄로 대체합니다. 파이썬에서:

```
def initfunc_name(name):
    try:
        suffix = b'_' + name.encode('ascii')
    except UnicodeEncodeError:
        suffix = b'U_' + name.encode('punycode').replace(b'-', b'_')
    return b'PyInit' + suffix
```

여러 초기화 함수를 정의하여 단일 공유 라이브러리에서 여러 모듈을 내보낼 수 있습니다. 그러나, 이들을 임포트 하려면 심볼릭 링크나 사용자 정의 임пор터를 사용해야 합니다. 기본적으로 파일 이름에 해당하는 함수만 발견되기 때문입니다. 자세한 내용은 [PEP 489](#)의 “한 라이브러리에 여러 모듈” 절을 참조하십시오.

### 2.4.1 Building C and C++ Extensions with setuptools

Python 3.12 and newer no longer come with `distutils`. Please refer to the `setuptools` documentation at <https://setuptools.readthedocs.io/en/latest/setuptools.html> to learn more about how build and distribute C/C++ extensions with `setuptools`.

## 2.5 윈도우에서 C와 C++ 확장 빌드하기

이 장에서는 Microsoft Visual C++를 사용하여 파이썬 용 윈도우 확장 모듈을 만드는 방법을 간략히 설명하고, 이 확장 모듈의 작동 방식에 대한 보다 자세한 배경 정보를 제공합니다. 설명 자료는 파이썬 확장을 빌드하는 법을 배우는 윈도우 프로그래머와 유닉스와 윈도우 모두에서 성공적으로 빌드 할 수 있는 소프트웨어 제작에 관심이 있는 유닉스 프로그래머 모두에게 유용합니다.

모듈 저자는 확장 모듈을 빌드하는데 이 섹션에서 설명하는 것 대신 `distutils` 접근 방식을 사용하는 것이 좋습니다. 파이썬을 빌드하는 데 사용된 C 컴파일러가 여전히 필요합니다; 보통 Microsoft Visual C++입니다.

#### **i** 참고

이 장에서는 인코딩된 파이썬 버전 번호를 포함하는 여러 파일 이름을 언급합니다. 이 파일 이름은 `XY`로 나타낸 버전 번호로 표시됩니다; 실제로, 'X'는 주(major) 버전 번호이고 'Y'는 여러분이 작업 중인 파이썬 배포의 부(minor) 버전 번호입니다. 예를 들어, 파이썬 2.2.1을 사용하면, `XY`는 실제로는 22가 됩니다.

### 2.5.1 요리책 접근법

There are two approaches to building extension modules on Windows, just as there are on Unix: use the `setuptools` package to control the build process, or do things manually. The `setuptools` approach works well for most extensions; documentation on using `setuptools` to build and package extension modules is available in *Building C and C++*

*Extensions with setuptools.* If you find you really need to do things manually, it may be instructive to study the project file for the `winsound` standard library module.

## 2.5.2 유닉스와 윈도우의 차이점

유닉스와 윈도우는 코드의 실행시간 로딩에 완전히 다른 패러다임을 사용합니다. 동적으로 로드 할 수 있는 모듈을 빌드하려고 시도하기 전에, 시스템 작동 방식을 알고 있어야 합니다.

유닉스에서, 공유 오브젝트 (.so) 파일은 프로그램에서 사용할 코드와 프로그램에서 찾을 것으로 예상되는 함수와 데이터의 이름을 포함합니다. 파일이 프로그램에 결합할 때, 파일의 코드에 있는 함수와 데이터의 모든 참조가 함수와 데이터가 메모리에 놓이게 되는 프로그램에서의 실제 위치를 가리키도록 변경됩니다. 이것은 기본적으로 링크 작업입니다.

윈도우에서, 동적 연결 라이브러리 (.dll) 파일에는 매달린(dangling) 참조가 없습니다. 대신, 함수나 데이터에 대한 액세스는 참조 테이블(lookup table)을 통해 이루어집니다. 따라서 DLL 코드는 프로그램의 메모리를 참조하도록 실행 시간에 수정될 필요가 없습니다; 대신, 코드는 이미 DLL의 참조 테이블을 사용하고 있고, 실행 시간에 참조 테이블이 함수와 데이터를 가리 키도록 수정됩니다.

유닉스에는, 한가지 유형의 라이브러리 파일(.a) 만 있는데, 여러 오브젝트 파일(.o)의 코드가 포함됩니다. 공유 오브젝트 파일(.so)을 만들기 위한 링크 단계에서, 링커는 식별자가 정의된 위치를 알 수 없음을 발견할 수 있습니다. 링커는 라이브러리의 오브젝트 파일에서 그것들을 찾습니다. 발견하면, 그 오브젝트 파일의 모든 코드를 포함합니다.

윈도우에는, 두 가지 유형의 라이브러리, 정적 라이브러리와 임포트 라이브러리가 있습니다 (둘 다 .lib 라고 합니다). 정적 라이브러리는 유닉스 .a 파일과 같습니다; 필요할 때 포함될 코드가 들어 있습니다. 임포트 라이브러리는 기본적으로 특정 식별자가 합법적이고 DLL이 로드될 때 프로그램에 존재하게 된다고 링커를 안심시키기 위해서만 사용됩니다. 따라서 링커는 임포트 라이브러리의 정보를 사용하여 DLL에 포함되지 않은 식별자를 사용하는 참조 테이블을 작성합니다. 응용 프로그램이나 DLL이 링크될 때, 임포트 라이브러리가 만들어질 수 있습니다. 이것은 응용 프로그램이나 DLL의 심볼을 사용하는, 이후의 모든 DLL에 사용해야 합니다.

다른 코드 블록 A를 공유해야 하는, 두 개의 동적 로드 모듈 B와 C를 빌드한다고 가정합니다. 유닉스에서는, B.so와 C.so에 대해 링커로 A.a를 전달하지 않습니다; 전달하면 B와 C가 각각 자신의 복사본을 갖게 되어 두 번 포함하게 됩니다. 윈도우에서는, A.dll를 빌드하면 A.lib도 빌드됩니다. 여러분은 B와 C에 대해 링커로 A.lib를 전달 합니다. A.lib는 코드를 포함하지 않습니다; 실행 시간에 A의 코드에 액세스하는데 사용될 정보만 포함합니다.

윈도우에서, 임포트 라이브러리를 사용하는 것은 `import spam`을 사용하는 것과 비슷합니다; 이것은 스택의 이름에 액세스할 수 있도록 하지만, 별도의 복사본을 만들지는 않습니다. 유닉스에서, 라이브러리와 링크하는 것은 `from spam import *`와 더 비슷합니다; 별도의 복사본을 만듭니다.

## 2.5.3 DLL을 실제로 사용하기

Windows Python is built in Microsoft Visual C++; using other compilers may or may not work. The rest of this section is MSVC++ specific.

윈도우에서 DLL을 만들 때, `pythonXY.lib`를 링커에 전달해야 합니다. 두 개의 DLL, `spam`과 (`spam`에 있는 `C` 함수를 사용하는) `ni`를 빌드하려면, 다음 명령을 사용할 수 있습니다:

```
cl /LD /I/python/include spam.c ../libs/pythonXY.lib
cl /LD /I/python/include ni.c spam.lib ../libs/pythonXY.lib
```

첫 번째 명령은 세 개의 파일을 만들었습니다: `spam.obj`, `spam.dll` 및 `spam.lib`. `Spam.dll`은 파이썬 함수(가령 `PyArg_ParseTuple()`)를 포함하지 않지만, `pythonXY.lib` 덕분에 파이썬 코드를 찾는 방법을 알고 있습니다.

두 번째 명령은 `ni.dll`(그리고 `.obj`와 `.lib`)을 만들었습니다. `spam`과 파이썬 실행 파일에서 필요한 함수를 찾는 방법을 알고 있습니다.

모든 식별자를 참조 테이블로 내보내지는 않습니다. 다른 모듈(파이썬 포함)이 식별자를 볼 수 있게 하려면, `void _declspec(dllexport) initspam(void)` 나 `PyObject _declspec(dllexport) *NiGetSpamData(void)` 처럼 `_declspec(dllexport)` 라고 선언해야 합니다.

Developer Studio will throw in a lot of import libraries that you do not really need, adding about 100K to your executable. To get rid of them, use the Project Settings dialog, Link tab, to specify *ignore default libraries*. Add the correct `msvcrtxx.lib` to the list of libraries.

---

## 더 큰 응용 프로그램에 CPython 런타임을 내장하기

---

때로는, 파이썬 인터프리터를 메인 응용 프로그램으로 사용하고 그 안에서 실행되는 확장을 만드는 대신, CPython 런타임을 더 큰 응용 프로그램에 내장하는 것이 바람직합니다. 이 절에서는 이를 성공적으로 수행하는 데 관련된 몇 가지 세부 사항에 대해 설명합니다.

### 3.1 다른 응용 프로그램에 파이썬 내장하기

이전 장에서는 파이썬을 확장하는 방법, 즉 C 함수의 라이브러리를 파이썬에 연결하여 파이썬의 기능을 확장하는 방법에 대해 설명했습니다. 다른 방법도 가능합니다: 파이썬을 내장시켜 C/C++ 응용 프로그램을 풍부하게 만들 수 있습니다. 내장은 C 나 C++가 아닌 파이썬으로 응용 프로그램의 일부 기능을 구현하는 능력을 응용 프로그램에 제공합니다. 이것은 여러 목적으로 사용될 수 있습니다; 한 가지 예는 사용자가 파이썬으로 스크립트를 작성하여 응용 프로그램을 필요에 맞게 조정할 수 있게 하는 것입니다. 일부 기능을 파이썬으로 작성하기가 더 쉽다면 직접 사용할 수도 있습니다.

파이썬을 내장하는 것은 파이썬을 확장하는 것과 유사하지만, 아주 같지는 않습니다. 차이점은, 파이썬을 확장할 때 응용 프로그램의 주 프로그램은 여전히 파이썬 인터프리터입니다. 반면에 파이썬을 내장하면 주 프로그램은 파이썬과 아무 관련이 없습니다 — 대신 응용 프로그램 일부에서 간혹 파이썬 코드를 실행하기 위해 파이썬 인터프리터를 호출합니다.

그래서 파이썬을 내장한다면, 여러분은 자신의 메인 프로그램을 제공하게 됩니다. 이 메인 프로그램이 해야 할 일 중 하나는 파이썬 인터프리터를 초기화하는 것입니다. 최소한, `Py_Initialize()` 함수를 호출해야 합니다. 파이썬에 명령 줄 인자를 전달하는 선택적 호출이 있습니다. 그런 다음 나중에 응용 프로그램의 어느 부분에서나 인터프리터를 호출할 수 있습니다.

인터프리터를 호출하는 방법에는 여러 가지가 있습니다: 파이썬 문장을 포함하는 문자열을 `PyRun_SimpleString()` 에 전달하거나, `stdio` 파일 포인터와 파일명(에러 메시지에서의 식별만을 위해)을 `PyRun_SimpleFile()` 에 전달할 수 있습니다. 또한, 이전 장에서 설명한 저수준의 연산을 호출하여 파이썬 객체를 만들고 사용할 수 있습니다.

#### 더 보기

##### **c-api-index**

파이썬의 C 인터페이스에 대한 자세한 내용은 이 매뉴얼에 있습니다. 필요한 정보가 많이 있습니다.

### 3.1.1 매우 고수준의 내장

파이썬을 내장하는 가장 간단한 형태는 매우 고수준의 인터페이스를 사용하는 것입니다. 이 인터페이스는 응용 프로그램과 직접 상호 작용할 필요 없이 파이썬 스크립트를 실행하기 위한 것입니다. 이것은 예를 들어 파일에 대해 어떤 연산을 수행하는 데 사용될 수 있습니다.

```
#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>

int
main(int argc, char *argv[])
{
    PyStatus status;
    PyConfig config;
    PyConfig_InitPythonConfig(&config);

    /* optional but recommended */
    status = PyConfig_SetBytesString(&config, &config.program_name, argv[0]);
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto exception;
    }

    status = Py_InitializeFromConfig(&config);
    if (PyStatus_Exception(status)) {
        goto exception;
    }
    PyConfig_Clear(&config);

    PyRun_SimpleString("from time import time,ctime\n"
                      "print('Today is', ctime(time()))\n");
    if (Py_FinalizeEx() < 0) {
        exit(120);
    }
    return 0;

exception:
    PyConfig_Clear(&config);
    Py_ExitStatusException(status);
}
```

#### 참고

`#define PY_SSIZE_T_CLEAN` was used to indicate that `Py_ssize_t` should be used in some APIs instead of `int`. It is not necessary since Python 3.13, but we keep it here for backward compatibility. See [arg-parsing-string-and-buffers](#) for a description of this macro.

Setting `PyConfig.program_name` should be called before `Py_InitializeFromConfig()` to inform the interpreter about paths to Python run-time libraries. Next, the Python interpreter is initialized with `Py_Initialize()`, followed by the execution of a hard-coded Python script that prints the date and time. Afterwards, the `Py_FinalizeEx()` call shuts the interpreter down, followed by the end of the program. In a real program, you may want to get the Python script from another source, perhaps a text-editor routine, a file, or a database. Getting the Python code from a file can better be done by using the `PyRun_SimpleFile()` function, which saves you the trouble of allocating memory space and loading the file contents.

### 3.1.2 매우 고수준 내장을 넘어서: 개요

고수준 인터페이스는 응용 프로그램에서 임의의 파이썬 코드를 실행할 수 있는 능력을 제공하지만, 최소한 데이터 값을 교환하는 것이 꽤 번거롭습니다. 그러길 원한다면 저수준의 호출을 사용해야 합니다. 더 많은 C 코드를 작성해야 하는 대신, 거의 모든 것을 달성할 수 있습니다.

파이썬을 확장하는 것과 파이썬을 내장하는 것은 다른 의도에도 불구하고 꽤 똑같은 활동이라는 점에 유의해야 합니다. 이전 장에서 논의된 대부분 주제는 여전히 유효합니다. 이것을 보시려면, 파이썬에서 C로의 확장 코드가 실제로 하는 일을 생각해봅시다:

1. 데이터값을 파이썬에서 C로 변환하고,
2. 변환된 값을 사용하여 C 루틴으로 함수 호출을 수행하고,
3. 그 호출에서 얻은 데이터값을 C에서 파이썬으로 변환합니다.

파이썬을 내장할 때, 인터페이스 코드는 다음을 수행합니다:

1. 데이터값을 C에서 파이썬으로 변환하고,
2. 변환된 값을 사용하여 파이썬 인터페이스 루틴으로 함수 호출을 수행하고,
3. 그 호출에서 얻은 데이터 값을 파이썬에서 C로 변환합니다.

보시다시피, 데이터 변환 단계가 언어 간 전송의 다른 방향을 수용하기 위해 단순히 교환됩니다. 유일한 차이점은 두 데이터 변환 간에 호출하는 루틴입니다. 확장할 때는 C 루틴을 호출하고, 내장할 때는 파이썬 루틴을 호출합니다.

이 장에서는 파이썬에서 C로 데이터를 변환하는 방법과 그 반대로 데이터를 변환하는 방법에 관해서는 설명하지 않습니다. 또한, 참조의 올바른 사용과 에러를 다루는 것을 이해하고 있다고 가정합니다. 이러한 측면은 인터프리터를 확장하는 것과 다르지 않으므로, 이전 장에서 필요한 정보를 참조할 수 있습니다.

### 3.1.3 순수한 내장

첫 번째 프로그램은 파이썬 스크립트에 있는 함수를 실행하는 것을 목표로 합니다. 매우 고수준의 인터페이스에 관한 절에서와같이, 파이썬 인터프리터는 애플리케이션과 직접 상호 작용하지 않습니다 (하지만 다음 절에서 바뀔 것입니다).

파이썬 스크립트에서 정의된 함수를 실행하는 코드는 다음과 같습니다:

```
#define PY_SSIZE_T_CLEAN
#include <Python.h>

int
main(int argc, char *argv[])
{
    PyObject *pName, *pModule, *pFunc;
    PyObject *pArgs, *pValue;
    int i;

    if (argc < 3) {
        fprintf(stderr, "Usage: call pythonfile funcname [args]\n");
        return 1;
    }

    Py_Initialize();
    pName = PyUnicode_DecodeFSDefault(argv[1]);
    /* Error checking of pName left out */

    pModule = PyImport_Import(pName);
    Py_DECREF(pName);

    if (pModule != NULL) {
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```

pFunc = PyObject_GetAttrString(pModule, argv[2]);
/* pFunc is a new reference */

if (pFunc && PyCallable_Check(pFunc)) {
    pArgs = PyTuple_New(argc - 3);
    for (i = 0; i < argc - 3; ++i) {
        pValue = PyLong_FromLong(atoi(argv[i + 3]));
        if (!pValue) {
            Py_DECREF(pArgs);
            Py_DECREF(pModule);
            fprintf(stderr, "Cannot convert argument\n");
            return 1;
        }
        /* pValue reference stolen here: */
        PyTuple_SetItem(pArgs, i, pValue);
    }
    pValue = PyObject_CallObject(pFunc, pArgs);
    Py_DECREF(pArgs);
    if (pValue != NULL) {
        printf("Result of call: %ld\n", PyLong_AsLong(pValue));
        Py_DECREF(pValue);
    }
    else {
        Py_DECREF(pFunc);
        Py_DECREF(pModule);
        PyErr_Print();
        fprintf(stderr, "Call failed\n");
        return 1;
    }
}
else {
    if (PyErr_Occurred())
        PyErr_Print();
    fprintf(stderr, "Cannot find function \"%s\"\n", argv[2]);
}
Py_XDECREF(pFunc);
Py_DECREF(pModule);
}
else {
    PyErr_Print();
    fprintf(stderr, "Failed to load \"%s\"\n", argv[1]);
    return 1;
}
if (Py_FinalizeEx() < 0) {
    return 120;
}
return 0;
}
    
```

이 코드는 argv[1]를 사용하여 파이썬 스크립트를 로드하고, argv[2]에서 명명된 함수를 호출합니다. 정수 인자는 argv 배열의 남은 값들입니다. 이 프로그램을 컴파일하고 링크하면 (완성된 실행 파일을 call이라고 부릅니다), 다음과 같은 파이썬 스크립트를 실행하는 데 사용합니다:

```

def multiply(a,b):
    print("Will compute", a, "times", b)
    c = 0
    
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```
for i in range(0, a):
    c = c + b
return c
```

그러면 결과는 다음과 같아야 합니다:

```
$ call multiply multiply 3 2
Will compute 3 times 2
Result of call: 6
```

프로그램이 기능보다 상당히 큰 편이지만, 대부분 코드는 파이썬과 C 사이의 데이터 변환과 에러 보고를 위한 것입니다. 파이썬 내장과 관련된 흥미로운 부분은 다음처럼 시작합니다

```
Py_Initialize();
pName = PyUnicode_DecodeFSDefault(argv[1]);
/* Error checking of pName left out */
pModule = PyImport_Import(pName);
```

인터프리터를 초기화한 후, 스크립트는 PyImport\_Import() 를 사용하여 로드됩니다. 이 루틴은 인자로 파이썬 문자열을 요구하는데, PyUnicode\_FromString() 데이터 변환 루틴을 사용하여 구성됩니다.

```
pFunc = PyObject_GetAttrString(pModule, argv[2]);
/* pFunc is a new reference */

if (pFunc && PyCallable_Check(pFunc)) {
    ...
}
Py_XDECREF(pFunc);
```

일단 스크립트가 로드되면, 우리가 찾고 있는 이름이 PyObject\_GetAttrString() 를 사용하여 검색됩니다. 이름이 존재하고, 반환된 객체가 콜러블이면, 그것이 함수라고 안전하게 가정할 수 있습니다. 그런 다음 프로그램은 인자의 튜플을 일반적인 방법으로 구성하여 진행합니다. 그런 다음 파이썬 함수 호출은 이렇게 이루어집니다:

```
pValue = PyObject_CallObject(pFunc, pArgs);
```

함수가 반환되면, pValue는 NULL이거나 함수의 반환 값에 대한 참조를 포함합니다. 값을 검토한 후 참조를 해제해야 합니다.

### 3.1.4 내장된 파이썬을 확장하기

지금까지 내장된 파이썬 인터프리터는 애플리케이션 자체의 기능에 액세스할 수 없었습니다. 파이썬 API 는 내장된 인터프리터를 확장함으로써 이것을 허용합니다. 즉, 내장된 인터프리터는 응용 프로그램에서 제공하는 루틴으로 확장됩니다. 복잡하게 들리지만, 그렇게 나쁘지는 않습니다. 잠시 응용 프로그램이 파이썬 인터프리터를 시작한다는 것을 잊어버리십시오. 대신, 응용 프로그램을 서브 루틴의 집합으로 간주하고, 일반 파이썬 확장을 작성하는 것처럼 파이썬에서 해당 루틴에 액세스할 수 있도록 연결 코드를 작성하십시오. 예를 들면:

```
static int numargs=0;

/* Return the number of arguments of the application command line */
static PyObject*
emb_numargs(PyObject *self, PyObject *args)
{
    if(!PyArg_ParseTuple(args, ":numargs"))
        return NULL;
    return PyLong_FromLong(numargs);
}
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```

}

static PyMethodDef EmbMethods[] = {
    {"numargs", emb_numargs, METH_VARARGS,
     "Return the number of arguments received by the process."},
    {NULL, NULL, 0, NULL}
};

static PyModuleDef EmbModule = {
    PyModuleDef_HEAD_INIT, "emb", NULL, -1, EmbMethods,
    NULL, NULL, NULL, NULL
};

static PyObject*
PyInit_emb(void)
{
    return PyModule_Create(&EmbModule);
}

```

위의 코드를 main() 함수 바로 위에 삽입하십시오. 또한, Py\_Initialize() 에 대한 호출 전에 다음 두 문장을 삽입하십시오:

```

numargs = argc;
PyImport_AppendInittab("emb", &PyInit_emb);

```

These two lines initialize the numargs variable, and make the emb.numargs() function accessible to the embedded Python interpreter. With these extensions, the Python script can do things like

```

import emb
print("Number of arguments", emb.numargs())

```

실제 응용 프로그램에서, 이 방법은 응용 프로그램의 API를 파일썬에 노출합니다.

### 3.1.5 C++로 파이썬 내장하기

파이썬을 C++ 프로그램에 내장하는 것도 가능합니다; 이것이 어떻게 수행되는지는 사용된 C++ 시스템의 세부 사항에 달려 있습니다; 일반적으로 C++로 메인 프로그램을 작성하고, C++ 컴파일러를 사용하여 프로그램을 컴파일하고 링크해야 합니다. C++을 사용하여 파이썬 자체를 다시 컴파일할 필요는 없습니다.

### 3.1.6 유닉스 계열 시스템에서 컴파일과 링크하기

파이썬 인터프리터를 응용 프로그램에 내장하기 위해 컴파일러(와 링커)에 적절한 플래그를 찾는 것이 늘 간단하지는 않습니다. 특히, 특히 파이썬이 자신에게 링크된 C 동적 확장(.so 파일)으로 구현된 라이브러리 모듈을 로드해야 하기 때문입니다.

필요한 컴파일러와 링커 플래그를 찾으려면, 설치 절차의 일부로 생성된 pythonX.Y-config 스크립트를 실행할 수 있습니다 (python3-config 스크립트도 사용 가능할 수 있습니다). 이 스크립트에는 여러 옵션이 있으며, 다음과 같은 것들은 여러분에 직접 유용할 것입니다:

- pythonX.Y-config --cflags는 컴파일 할 때의 권장 플래그를 제공합니다:

```

$ /opt/bin/python3.11-config --cflags
-I/opt/include/python3.11 -I/opt/include/python3.11 -Wsign-compare -DNDEBUG -
-g -fwrapv -O3 -Wall

```

- pythonX.Y-config --ldflags --embed will give you the recommended flags when linking:

```
$ /opt/bin/python3.11-config --ldflags --embed
-L/opt/lib/python3.11/config-3.11-x86_64-linux-gnu -L/opt/lib -lpython3.11 -
↳lpthread -ldl -lutil -lm
```

### **i** 참고

여러 파이썬 설치 간의 (특히 시스템 파이썬과 여러분이 직접 컴파일한 파이썬 간의) 혼란을 피하려면, 위의 예와 같이 `pythonX.Y-config`의 절대 경로를 사용하는 것이 좋습니다.

이 절차가 여러분을 위해 작동하지 않는다면 (모든 유닉스 계열 플랫폼에서 작동하는 것은 보장되지 않습니다; 하지만, 버그 보고를 환영합니다), 동적 링크에 관한 시스템의 설명서를 읽는 것과/이나 파이썬의 `Makefile`과 (그 위치를 찾으려면 `sysconfig.get_makefile_filename()`를 사용하십시오) 컴파일 옵션을 검사해야 합니다. 이때, `sysconfig` 모듈은 여러분이 결합하려는 구성 값을 프로그래밍 방식으로 추출하는 데 유용한 도구입니다. 예를 들어:

```
>>> import sysconfig
>>> sysconfig.get_config_var('LIBS')
'-lpthread -ldl -lutil'
>>> sysconfig.get_config_var('LINKFORSHARED')
'-Xlinker -export-dynamic'
```



&gt;&gt;&gt;

The default Python prompt of the *interactive* shell. Often seen for code examples which can be executed interactively in the interpreter.

...

다음과 같은 것들을 가리킬 수 있습니다:

- The default Python prompt of the *interactive* shell when entering the code for an indented code block, when within a pair of matching left and right delimiters (parentheses, square brackets, curly braces or triple quotes), or after specifying a decorator.
- Ellipsis 내장 상수.

#### abstract base class (추상 베이스 클래스)

추상 베이스 클래스는 `hasattr()` 같은 다른 테크닉들이 불편하거나 미묘하게 잘못된 (예를 들어, 매직 메서드) 경우, 인터페이스를 정의하는 방법을 제공함으로써 **덕 타이핑** 을 보완합니다. `ABC` 는 가상 서브 클래스를 도입하는데, 클래스를 계승하지 않으면서도 `isinstance()` 와 `issubclass()` 에 의해 감지될 수 있는 클래스들입니다; `abc` 모듈 설명서를 보세요. 파이썬에는 많은 내장 `ABC` 들이 따라오는데 다음과 같은 것들이 있습니다: 자료 구조 (`collections.abc` 모듈에서), 숫자 (`numbers` 모듈에서), 스트림 (`io` 모듈에서), 임포트 파인더와 로더 (`importlib.abc` 모듈에서). `abc` 모듈을 사용해서 자신만의 `ABC` 를 만들 수도 있습니다.

#### annotation (어노테이션)

관습에 따라 **형 힌트** 로 사용되는 변수, 클래스 어트리뷰트 또는 함수 매개변수 나 반환 값과 연결된 레이블입니다.

지역 변수의 어노테이션은 실행 시간에 액세스할 수 없지만, 전역 변수, 클래스 속성 및 함수의 어노테이션은 각각 모듈, 클래스, 함수의 `__annotations__` 특수 어트리뷰트에 저장됩니다.

See *variable annotation*, *function annotation*, **PEP 484** and **PEP 526**, which describe this functionality. Also see *annotations-howto* for best practices on working with annotations.

#### argument (인자)

함수를 호출할 때 함수 (또는 메서드) 로 전달되는 값. 두 종류의 인자가 있습니다:

- 키워드 인자 (*keyword argument*): 함수 호출 때 식별자가 앞에 붙은 인자 (예를 들어, `name=`) 또는 `**` 를 앞에 붙인 딕셔너리로 전달되는 인자. 예를 들어, 다음과 같은 `complex()` 호출에서 3 과 5 는 모두 키워드 인자입니다:

```
complex(real=3, imag=5)
complex(**{'real': 3, 'imag': 5})
```

- 위치 인자 (*positional argument*): 키워드 인자가 아닌 인자. 위치 인자들은 인자 목록의 처음에 나오거나 *이터러블*의 앞에 \* 를 붙여 전달할 수 있습니다. 예를 들어, 다음과 같은 호출에서 3 과 5 는 모두 위치 인자입니다.

```
complex(3, 5)
complex(*(3, 5))
```

인자는 함수 바디의 이름 붙은 지역 변수에 대입됩니다. 이 대입에 적용되는 규칙들에 대해서는 calls 절을 보세요. 문법적으로, 어떤 표현식이건 인자로 사용될 수 있습니다; 구해진 값이 지역 변수에 대입됩니다.

용어집의 [매개변수 항목](#)과 FAQ 질문 인자와 매개변수의 차이 와 [PEP 362](#)도 보세요.

### asynchronous context manager (비동기 컨텍스트 관리자)

An object which controls the environment seen in an `async with` statement by defining `__aenter__()` and `__aexit__()` methods. Introduced by [PEP 492](#).

### asynchronous generator (비동기 제너레이터)

비동기 제너레이터 *이터레이터* 를 돌려주는 함수. `async def` 로 정의되는 코루틴 함수처럼 보이는데, `async for` 루프가 사용할 수 있는 일련의 값들을 만드는 `yield` 표현식을 포함한다는 점이 다릅니다.

보통 비동기 제너레이터 함수를 가리키지만, 어떤 문맥에서는 비동기 제너레이터 *이터레이터* 를 가리킵니다. 의도하는 의미가 명확하지 않은 경우는, 완전한 용어를 써서 모호함을 없앱니다.

비동기 제너레이터 함수는 `await` 표현식과, `async for` 문과, `async with` 문을 포함할 수 있습니다.

### asynchronous generator iterator (비동기 제너레이터 이터레이터)

비동기 제너레이터 함수가 만드는 객체.

This is an *asynchronous iterator* which when called using the `__anext__()` method returns an awaitable object which will execute the body of the asynchronous generator function until the next `yield` expression.

Each `yield` temporarily suspends processing, remembering the location execution state (including local variables and pending try-statements). When the *asynchronous generator iterator* effectively resumes with another awaitable returned by `__anext__()`, it picks up where it left off. See [PEP 492](#) and [PEP 525](#).

### asynchronous iterable (비동기 이터러블)

An object, that can be used in an `async for` statement. Must return an *asynchronous iterator* from its `__aiter__()` method. Introduced by [PEP 492](#).

### asynchronous iterator (비동기 이터레이터)

An object that implements the `__aiter__()` and `__anext__()` methods. `__anext__()` must return an *awaitable* object. `async for` resolves the awaitables returned by an asynchronous iterator's `__anext__()` method until it raises a `StopAsyncIteration` exception. Introduced by [PEP 492](#).

### attribute (어트리뷰트)

A value associated with an object which is usually referenced by name using dotted expressions. For example, if an object `o` has an attribute `a` it would be referenced as `o.a`.

It is possible to give an object an attribute whose name is not an identifier as defined by identifiers, for example using `setattr()`, if the object allows it. Such an attribute will not be accessible using a dotted expression, and would instead need to be retrieved with `getattr()`.

### awaitable (어웨이터블)

An object that can be used in an `await` expression. Can be a *coroutine* or an object with an `__await__()` method. See also [PEP 492](#).

### BDFL

자비로운 종신 독재자 (Benevolent Dictator For Life), 즉 [Guido van Rossum](#), 파이썬의 창시자.

### binary file (바이너리 파일)

A *file object* able to read and write *bytes-like objects*. Examples of binary files are files opened in binary mode ('rb', 'wb' or 'rb+'), `sys.stdin.buffer`, `sys.stdout.buffer`, and instances of `io.BytesIO` and `gzip.GzipFile`.

`str` 객체를 읽고 쓸 수 있는 파일 객체에 대해서는 [텍스트 파일](#) 도 참조하세요.

**borrowed reference**

In Python’s C API, a borrowed reference is a reference to an object, where the code using the object does not own the reference. It becomes a dangling pointer if the object is destroyed. For example, a garbage collection can remove the last *strong reference* to the object and so destroy it.

Calling `Py_INCREF()` on the *borrowed reference* is recommended to convert it to a *strong reference* in-place, except when the object cannot be destroyed before the last usage of the borrowed reference. The `Py_NewRef()` function can be used to create a new *strong reference*.

**bytes-like object (바이트열류 객체)**

`bufferobjects` 를 지원하고 C-연속 버퍼를 익스포트 할 수 있습니다. 여러 공통 `memoryview` 객체들은 물론이고 `bytes`, `bytearray`, `array.array` 객체들을 포함합니다. 바이트열류 객체들은 바이너리 데이터를 다루는 여러 가지 연산들에 사용될 수 있습니다; 압축, 바이너리 파일로 저장, 소켓을 통한 전송 같은 것들이 있습니다.

어떤 연산들은 바이너리 데이터가 가변적일 필요가 있습니다. 이런 경우에 설명서는 종종 “읽고-쓰기 바이트열류 객체”라고 표현합니다. 가변 버퍼 객체의 예로는 `bytearray` 와 `bytearray` 의 `memoryview` 가 있습니다. 다른 연산들은 바이너리 데이터가 불변 객체 (“읽기 전용 바이트열류 객체”)에 저장되도록 요구합니다; 이런 것들의 예로는 `bytes`와 `bytes` 객체의 `memoryview` 가 있습니다.

**bytecode (바이트 코드)**

파이썬 소스 코드는 바이트 코드로 컴파일되는데, CPython 인터프리터에서 파이썬 프로그램의 내부 표현입니다. 바이트 코드는 `.pyc` 파일에 캐시 되어, 같은 파일을 두 번째 실행할 때 더 빨라지게 만듭니다 (소스에서 바이트 코드로의 재컴파일을 피할 수 있습니다). 이 “중간 언어”는 각 바이트 코드에 대응하는 기계를 실행하는 *가상 기계* 에서 실행된다고 말합니다. 바이트 코드는 서로 다른 파이썬 가상 기계에서 작동할 것으로 기대하지도, 파이썬 배포 간에 안정적이지도 않다는 것에 주의해야 합니다.

바이트 코드 명령어들의 목록은 `dis` 모듈 설명서에 나옵니다.

**callable**

A callable is an object that can be called, possibly with a set of arguments (see *argument*), with the following syntax:

```
callable(argument1, argument2, argumentN)
```

A *function*, and by extension a *method*, is a callable. An instance of a class that implements the `__call__()` method is also a callable.

**callback (콜백)**

인자로 전달되는 미래의 어느 시점에서 실행될 서브 루틴 함수.

**class (클래스)**

사용자 정의 객체들을 만들기 위한 주형. 클래스 정의는 보통 클래스의 인스턴스를 대상으로 연산하는 메서드 정의들을 포함합니다.

**class variable (클래스 변수)**

클래스에서 정의되고 클래스 수준 (즉, 클래스의 인스턴스에서가 아니라) 에서만 수정되는 변수.

**closure variable**

A *free variable* referenced from a *nested scope* that is defined in an outer scope rather than being resolved at runtime from the globals or builtin namespaces. May be explicitly defined with the `nonlocal` keyword to allow write access, or implicitly defined if the variable is only being read.

For example, in the `inner` function in the following code, both `x` and `print` are *free variables*, but only `x` is a *closure variable*:

```
def outer():
    x = 0
    def inner():
        nonlocal x
```

(다음 페이지에 계속)

```
x += 1
print(x)
return inner
```

Due to the `codeobject.co_freevars` attribute (which, despite its name, only includes the names of closure variables rather than listing all referenced free variables), the more general *free variable* term is sometimes used even when the intended meaning is to refer specifically to closure variables.

**complex number (복소수)**

익숙한 실수 시스템의 확장인데, 모든 숫자가 실수부와 허수부의 합으로 표현됩니다. 허수부는 실수에 허수 단위(-1의 제곱근)를 곱한 것인데, 종종 수학에서는 *i*로, 공학에서는 *j*로 표기합니다. 파이썬은 후자의 표기법을 쓰는 복소수를 기본 지원합니다; 허수부는 *j* 접미사를 붙여서 표기합니다, 예를 들어, `3+1j`. `math` 모듈의 복소수 버전이 필요하다면, `cmath`를 사용합니다. 복소수의 활용은 꽤 수준 높은 수학적 기능입니다. 필요하다고 느끼지 못한다면, 거의 확실히 무시해도 좋습니다.

**context manager (컨텍스트 관리자)**

An object which controls the environment seen in a `with` statement by defining `__enter__()` and `__exit__()` methods. See [PEP 343](#).

**context variable (컨텍스트 변수)**

컨텍스트에 따라 다른 값을 가질 수 있는 변수. 이는 각 실행 스레드가 변수에 대해 다른 값을 가질 수 있는 스레드-로컬 저장소와 비슷합니다. 그러나, 컨텍스트 변수를 통해, 하나의 실행 스레드에 여러 컨텍스트가 있을 수 있으며 컨텍스트 변수의 주 용도는 동시성 비동기 태스크에서 변수를 추적하는 것입니다. `contextvars`를 참조하십시오.

**contiguous (연속)**

버퍼는 정확히 C-연속(C-contiguous)이거나 포트란 연속(Fortran contiguous)일 때 연속이라고 여겨집니다. 영차원 버퍼는 C-연속이면서 포트란 연속입니다. 일차원 배열에서, 항목들은 서로에 인접하고, 0에서 시작하는 오름차순 인덱스의 순서대로 메모리에 배치되어야 합니다. 다차원 C-연속 배열에서, 메모리 주소의 순서대로 항목들을 방문할 때 마지막 인덱스가 가장 빨리 변합니다. 하지만, 포트란 연속 배열에서는, 첫 번째 인덱스가 가장 빨리 변합니다.

**coroutine (코루틴)**

코루틴은 서브루틴의 더 일반화된 형태입니다. 서브루틴은 한 지점에서 진입하고 다른 지점에서 탈출합니다. 코루틴은 여러 다른 지점에서 진입하고, 탈출하고, 재개할 수 있습니다. 이것들은 `async def` 문으로 구현할 수 있습니다. [PEP 492](#)를 보세요.

**coroutine function (코루틴 함수)**

코루틴 객체를 돌려주는 함수. 코루틴 함수는 `async def` 문으로 정의될 수 있고, `await` 와 `async for`와 `async with` 키워드를 포함할 수 있습니다. 이것들은 [PEP 492](#)에 의해 도입되었습니다.

**CPython**

파이썬 프로그래밍 언어의 규범적인 구현인데, [python.org](#)에서 배포됩니다. 이 구현을 Jython 이나 IronPython 과 같은 다른 것들과 구별할 필요가 있을 때 용어 “CPython” 이 사용됩니다.

**decorator (데코레이터)**

다른 함수를 돌려주는 함수인데, 보통 `@wrapper` 문법을 사용한 함수 변환으로 적용됩니다. 데코레이터의 흔한 예는 `classmethod()` 과 `staticmethod()` 입니다.

데코레이터 문법은 단지 편의 문법일 뿐입니다. 다음 두 함수 정의는 의미상으로 동등합니다:

```
def f(arg):
    ...
f = staticmethod(f)

@staticmethod
def f(arg):
    ...
```

같은 개념이 클래스에도 존재하지만, 덜 자주 쓰입니다. 데코레이터에 대한 더 자세한 내용은 함수 정의 와 클래스 정의 의 설명서를 보면 됩니다.

### descriptor (디스크립터)

Any object which defines the methods `__get__()`, `__set__()`, or `__delete__()`. When a class attribute is a descriptor, its special binding behavior is triggered upon attribute lookup. Normally, using `a.b` to get, set or delete an attribute looks up the object named `b` in the class dictionary for `a`, but if `b` is a descriptor, the respective descriptor method gets called. Understanding descriptors is a key to a deep understanding of Python because they are the basis for many features including functions, methods, properties, class methods, static methods, and reference to super classes.

디스크립터의 메서드들에 대한 자세한 내용은 `descriptors`나 `디스크립터 사용법 안내서`에 나옵니다.

### dictionary (딕셔너리)

An associative array, where arbitrary keys are mapped to values. The keys can be any object with `__hash__()` and `__eq__()` methods. Called a hash in Perl.

### dictionary comprehension (딕셔너리 컴프리헨션)

이터러블에 있는 요소 전체나 일부를 처리하고 결과를 담은 딕셔너리를 반환하는 간결한 방법. `results = {n: n ** 2 for n in range(10)}`은 값 `n ** 2`에 매핑된 키 `n`을 포함하는 딕셔너리를 생성합니다. `comprehensions`을 참조하십시오.

### dictionary view (딕셔너리 뷰)

`dict.keys()`, `dict.values()`, `dict.items()` 메서드가 돌려주는 객체들을 딕셔너리 뷰라고 부릅니다. 이것들은 딕셔너리 항목들에 대한 동적인 뷰를 제공하는데, 딕셔너리가 변경될 때, 뷰가 이 변화를 반영한다는 뜻입니다. 딕셔너리 뷰를 완전한 리스트로 바꾸려면 `list(dictview)`를 사용하면 됩니다. `dict-views`를 보세요.

### docstring (독스트링)

A string literal which appears as the first expression in a class, function or module. While ignored when the suite is executed, it is recognized by the compiler and put into the `__doc__` attribute of the enclosing class, function or module. Since it is available via introspection, it is the canonical place for documentation of the object.

### duck-typing (덕 타이핑)

올바른 인터페이스를 가졌는지 판단하는데 객체의 형을 보지 않는 프로그래밍 스타일; 대신, 단순히 메서드나 어트리뷰트가 호출되거나 사용됩니다 (“오리처럼 보이고 오리처럼 꺾꺾댄다면, 그것은 오리다.”) 특정한 형 대신에 인터페이스를 강조함으로써, 잘 설계된 코드는 다형적인 치환을 허락함으로써 유연성을 개선할 수 있습니다. 덕 타이핑은 `type()`이나 `isinstance()`을 사용한 검사를 피합니다. (하지만, 덕 타이핑이 추상 베이스 클래스로 보완될 수 있음에 유의해야 합니다.) 대신에, `hasattr()` 검사나 *EAFP* 프로그래밍을 씁니다.

### EAFP

허락보다는 용서를 구하기가 쉽다 (Easier to ask for forgiveness than permission). 이 흔히 볼 수 있는 파이썬 코딩 스타일은, 올바른 키나 어트리뷰트의 존재를 가정하고, 그 가정이 틀리면 예외를 잡습니다. 이 깔끔하고 빠른 스타일은 많은 `try`와 `except` 문의 존재로 특징지어집니다. 이 테크닉은 C와 같은 다른 많은 언어에서 자주 사용되는 *LBYL* 스타일과 대비됩니다.

### expression (표현식)

어떤 값으로 구해질 수 있는 문법적인 조각. 다른 말로 표현하면, 표현식은 리터럴, 이름, 어트리뷰트 액세스, 연산자, 함수들과 같은 값을 돌려주는 표현 요소들을 쌓아 올린 것입니다. 다른 많은 언어와 대조적으로, 모든 언어 구성물들이 표현식인 것은 아닙니다. `while`처럼, 표현식으로 사용할 수 없는 문장들이 있습니다. 대입 또한 문장이고, 표현식이 아닙니다.

### extension module (확장 모듈)

C나 C++로 작성된 모듈인데, 파이썬의 C API를 사용해서 핵심이나 사용자 코드와 상호 작용합니다.

### f-string (f-문자열)

'f'나 'F'를 앞에 붙인 문자열 리터럴들을 흔히 “f-문자열”이라고 부르는데, 포맷 문자열 리터럴의 줄임말입니다. **PEP 498**을 보세요.

### file object (파일 객체)

An object exposing a file-oriented API (with methods such as `read()` or `write()`) to an underlying resource. Depending on the way it was created, a file object can mediate access to a real on-disk file or to another type of storage or communication device (for example standard input/output, in-memory buffers, sockets, pipes, etc.). File objects are also called *file-like objects* or *streams*.

실제로는 세 부류의 파일 객체들이 있습니다. *날(raw) 바이너리 파일*, *버퍼드(buffered) 바이너리 파일*, *텍스트 파일*. 이들의 인터페이스는 `io` 모듈에서 정의됩니다. 파일 객체를 만드는 규범적인 방법은 `open()` 함수를 쓰는 것입니다.

**file-like object (파일류 객체)**

파일 객체 의 비슷한 말.

**filesystem encoding and error handler**

Encoding and error handler used by Python to decode bytes from the operating system and encode Unicode to the operating system.

The filesystem encoding must guarantee to successfully decode all bytes below 128. If the file system encoding fails to provide this guarantee, API functions can raise `UnicodeError`.

The `sys.getfilesystemencoding()` and `sys.getfilesystemencodeerrors()` functions can be used to get the filesystem encoding and error handler.

The *filesystem encoding and error handler* are configured at Python startup by the `PyConfig_Read()` function: see `filesystem_encoding` and `filesystem_errors` members of `PyConfig`.

See also the *locale encoding*.

**finder (파인더)**

임포트될 모듈을 위한 로더 를 찾으려고 시도하는 객체.

There are two types of finder: *meta path finders* for use with `sys.meta_path`, and *path entry finders* for use with `sys.path_hooks`.

See `finders-and-loaders` and `importlib` for much more detail.

**floor division (정수 나눗셈)**

가장 가까운 정수로 내림하는 수학적 나눗셈. 정수 나눗셈 연산자는 `//` 다. 예를 들어, 표현식 `11 // 4` 의 값은 2가 되지만, 실수 나눗셈은 2.75를 돌려줍니다. `(-11) // 4` 가 -2.75를 내림 한 -3이 됨에 유의해야 합니다. **PEP 238**을 보세요.

**free threading**

A threading model where multiple threads can run Python bytecode simultaneously within the same interpreter. This is in contrast to the *global interpreter lock* which allows only one thread to execute Python bytecode at a time. See **PEP 703**.

**free variable**

Formally, as defined in the language execution model, a free variable is any variable used in a namespace which is not a local variable in that namespace. See *closure variable* for an example. Pragmatically, due to the name of the `codeobject.co_freevars` attribute, the term is also sometimes used as a synonym for *closure variable*.

**function (함수)**

호출자에게 어떤 값을 돌려주는 일련의 문장들. 없거나 그 이상의 인자가 전달될 수 있는데, 바디의 실행에 사용될 수 있습니다. 매개변수와 메서드와 function 섹션도 보세요.

**function annotation (함수 어노테이션)**

함수 매개변수나 반환 값의 어노테이션.

함수 어노테이션은 일반적으로 형 힌트 로 사용됩니다: 예를 들어, 이 함수는 두 개의 `int` 인자를 받아들일 것으로 기대되고, 동시에 `int` 반환 값을 줄 것으로 기대됩니다:

```
def sum_two_numbers(a: int, b: int) -> int:
    return a + b
```

함수 어노테이션 문법은 function 절에서 설명합니다.

See *variable annotation* and **PEP 484**, which describe this functionality. Also see `annotations-howto` for best practices on working with annotations.

**\_\_future\_\_**

A future statement, `from __future__ import <feature>`, directs the compiler to compile the current module using syntax or semantics that will become standard in a future release of Python. The `__future__`

module documents the possible values of *feature*. By importing this module and evaluating its variables, you can see when a new feature was first added to the language and when it will (or did) become the default:

```
>>> import __future__
>>> __future__.division
_Feature((2, 2, 0, 'alpha', 2), (3, 0, 0, 'alpha', 0), 8192)
```

### garbage collection (가비지 수거)

더 사용되지 않는 메모리를 반납하는 절차. 파이썬은 참조 횟수 추적과 참조 순환을 감지하고 끊을 수 있는 순환 가비지 수거기를 통해 가비지 수거를 수행합니다. 가비지 수거기는 gc 모듈을 사용해서 제어할 수 있습니다.

### generator (제너레이터)

제너레이터 이터레이터를 돌려주는 함수. 일반 함수처럼 보이는데, 일련의 값들을 만드는 yield 표현식을 포함한다는 점이 다릅니다. 이 값들은 for-루프로 사용하거나 next() 함수로 한 번에 하나씩 꺼낼 수 있습니다.

보통 제너레이터 함수를 가리키지만, 어떤 문맥에서는 제너레이터 이터레이터를 가리킵니다. 의도하는 의미가 명확하지 않은 경우는, 완전한 용어를 써서 모호함을 없앱니다.

### generator iterator (제너레이터 이터레이터)

제너레이터 함수가 만드는 객체.

각 yield는 일시적으로 처리를 중단하고, 그 위치의 (지역 변수들과 대기 중인 try-문들을 포함하는) 실행 상태를 기억합니다. 제너레이터 이터레이터가 재개되면, 떠난 곳으로 복귀합니다 (호출마다 새로 시작하는 함수와 대비됩니다).

### generator expression (제너레이터 표현식)

An *expression* that returns an *iterator*. It looks like a normal expression followed by a for clause defining a loop variable, range, and an optional if clause. The combined expression generates values for an enclosing function:

```
>>> sum(i*i for i in range(10))           # sum of squares 0, 1, 4, ... 81
285
```

### generic function (제네릭 함수)

같은 연산을 서로 다른 형들에 대해 구현한 여러 함수로 구성된 함수. 호출 때 어떤 구현이 사용될지는 디스패치 알고리즘에 의해 결정됩니다.

싱글 디스패치 용어집 항목과 functools.singledispatch() 데코레이터와 [PEP 443](#)도 보세요.

### generic type (제네릭 형)

A *type* that can be parameterized; typically a container class such as list or dict. Used for *type hints* and *annotations*.

For more details, see generic alias types, [PEP 483](#), [PEP 484](#), [PEP 585](#), and the typing module.

## GIL

전역 인터프리터 록 을 보세요.

### global interpreter lock (전역 인터프리터 록)

한 번에 오직 하나의 스레드가 파이썬 바이트 코드를 실행하도록 보장하기 위해 CPython 인터프리터가 사용하는 메커니즘. (dict와 같은 중요한 내장형들을 포함하는) 객체 모델이 묵시적으로 동시 액세스에 대해 안전하도록 만들어서 CPython 구현을 단순하게 만듭니다. 인터프리터 전체를 잠그는 것은 인터프리터를 다중스레드화하기 쉽게 만드는 대신, 다중 프로세서 기계가 제공하는 병렬성의 많은 부분을 희생합니다.

However, some extension modules, either standard or third-party, are designed so as to release the GIL when doing computationally intensive tasks such as compression or hashing. Also, the GIL is always released when doing I/O.

As of Python 3.13, the GIL can be disabled using the --disable-gil build configuration. After building Python with this option, code must be run with -X gil=0 or after setting the PYTHON\_GIL=0 environment variable. This feature enables improved performance for multi-threaded applications and makes it easier to use multi-core CPUs efficiently. For more details, see [PEP 703](#).

**hash-based pyc (해시 기반 pyc)**

유효성을 판별하기 위해 해당 소스 파일의 최종 수정 시간이 아닌 해시를 사용하는 바이트 코드 캐시 파일. `pyc-invalidation`을 참조하세요.

**hashable (해시 가능)**

An object is *hashable* if it has a hash value which never changes during its lifetime (it needs a `__hash__()` method), and can be compared to other objects (it needs an `__eq__()` method). Hashable objects which compare equal must have the same hash value.

해시 가능성은 객체를 딕셔너리의 키나 집합의 멤버로 사용할 수 있게 하는데, 이 자료 구조들이 내부적으로 해시값을 사용하기 때문입니다.

대부분 파이썬의 불변 내장 객체들은 해시 가능합니다; (리스트나 딕셔너리 같은) 가변 컨테이너들은 그렇지 않습니다; (튜플이나 `frozenset` 같은) 불변 컨테이너들은 그들의 요소들이 해시 가능할 때만 해시 가능합니다. 사용자 정의 클래스의 인스턴스 객체들은 기본적으로 해시 가능합니다. (자기 자신을 제외하고는) 모두 다르다고 비교되고, 해시값은 `id()` 로 부터 만들어집니다.

**IDLE**

An Integrated Development and Learning Environment for Python. `idle` is a basic editor and interpreter environment which ships with the standard distribution of Python.

**immortal**

*Immortal objects* are a CPython implementation detail introduced in [PEP 683](#).

If an object is immortal, its *reference count* is never modified, and therefore it is never deallocated while the interpreter is running. For example, `True` and `None` are immortal in CPython.

**immutable (불변)**

고정된 값을 갖는 객체. 불변 객체는 숫자, 문자열, 튜플을 포함합니다. 이런 객체들은 변경될 수 없습니다. 새 값을 저장하려면 새 객체를 만들어야 합니다. 변하지 않는 해시값이 있어야 하는 곳에서 중요한 역할을 합니다, 예를 들어, 딕셔너리의 키.

**import path (임포트 경로)**

경로 기반 파인더가 임포트 할 모듈을 찾기 위해 검색하는 장소들 (또는 경로 엔트리)의 목록. 임포트 하는 동안, 이 장소들의 목록은 보통 `sys.path`로부터 옵니다, 하지만 서브 패키지의 경우 부모 패키지의 `__path__` 어트리뷰트로부터 올 수도 있습니다.

**importing (임포트)**

한 모듈의 파이썬 코드가 다른 모듈의 파이썬 코드에서 사용될 수 있도록 하는 절차.

**importer (임porter)**

모듈을 찾기도 하고 로드 하기도 하는 객체; 동시에 파인더이자 로더 객체입니다.

**interactive (대화형)**

Python has an interactive interpreter which means you can enter statements and expressions at the interpreter prompt, immediately execute them and see their results. Just launch `python` with no arguments (possibly by selecting it from your computer's main menu). It is a very powerful way to test out new ideas or inspect modules and packages (remember `help(x)`). For more on interactive mode, see `tut-interac`.

**interpreted (인터프리터드)**

바이트 코드 컴파일러의 존재 때문에 그 구분이 흐릿해지기는 하지만, 파이썬은 컴파일 언어가 아니라 인터프리터 언어입니다. 이것은 명시적으로 실행 파일을 만들지 않고도, 소스 파일을 직접 실행할 수 있다는 뜻입니다. 그 프로그램이 좀 더 천천히 실행되기는 하지만, 인터프리터 언어는 보통 컴파일 언어보다 짧은 개발/디버깅 주기를 갖습니다. 대화형도 보세요.

**interpreter shutdown (인터프리터 종료)**

종료하라는 요청을 받을 때, 파이썬 인터프리터는 특별한 시기에 진입하는데, 모듈이나 여러 가지 중요한 내부 구조들과 같은 모든 할당된 자원들을 단계적으로 반납합니다. 또한, 가비지 수거기를 여러 번 호출합니다. 사용자 정의 파괴자나 `weakref` 콜백에 있는 코드들의 실행을 시작시킬 수 있습니다. 종료 시기 동안 실행되는 코드는 다양한 예외들을 만날 수 있는데, 그것이 의존하는 자원들이 더 기능하지 않을 수 있기 때문입니다 (흔한 예는 라이브러리 모듈이나 경고 장치들입니다).

인터프리터 종료의 주된 원인은 실행되는 `__main__` 모듈이나 스크립트가 실행을 끝내는 것입니다.

**iterable (이터러블)**

An object capable of returning its members one at a time. Examples of iterables include all sequence types

(such as `list`, `str`, and `tuple`) and some non-sequence types like `dict`, *file objects*, and objects of any classes you define with an `__iter__()` method or with a `__getitem__()` method that implements *sequence* semantics.

Iterables can be used in a `for` loop and in many other places where a sequence is needed (`zip()`, `map()`, ...). When an iterable object is passed as an argument to the built-in function `iter()`, it returns an iterator for the object. This iterator is good for one pass over the set of values. When using iterables, it is usually not necessary to call `iter()` or deal with iterator objects yourself. The `for` statement does that automatically for you, creating a temporary unnamed variable to hold the iterator for the duration of the loop. See also *iterator*, *sequence*, and *generator*.

**iterator (이터레이터)**

An object representing a stream of data. Repeated calls to the iterator's `__next__()` method (or passing it to the built-in function `next()`) return successive items in the stream. When no more data are available a `StopIteration` exception is raised instead. At this point, the iterator object is exhausted and any further calls to its `__next__()` method just raise `StopIteration` again. Iterators are required to have an `__iter__()` method that returns the iterator object itself so every iterator is also iterable and may be used in most places where other iterables are accepted. One notable exception is code which attempts multiple iteration passes. A container object (such as a `list`) produces a fresh new iterator each time you pass it to the `iter()` function or use it in a `for` loop. Attempting this with an iterator will just return the same exhausted iterator object used in the previous iteration pass, making it appear like an empty container.

typeiter 에 더 자세한 내용이 있습니다.

**CPython 구현 상세:** CPython does not consistently apply the requirement that an iterator define `__iter__()`. And also please note that the free-threading CPython does not guarantee the thread-safety of iterator operations.

**key function (키 함수)**

키 함수 또는 콜레이션(collation) 함수는 정렬(sorting)이나 배열(ordering)에 사용되는 값을 돌려주는 콜러블입니다. 예를 들어, `locale.strxfrm()` 은 로케일 특정 방식을 따르는 정렬 키를 만드는 데 사용됩니다.

파이썬의 많은 도구가 요소들이 어떻게 순서 지어지고 묶이는지를 제어하기 위해 키 함수를 받아들입니다. 이런 것들에는 `min()`, `max()`, `sorted()`, `list.sort()`, `heapq.merge()`, `heapq.nsmallest()`, `heapq.nlargest()`, `itertools.groupby()` 이 있습니다.

There are several ways to create a key function. For example, the `str.lower()` method can serve as a key function for case insensitive sorts. Alternatively, a key function can be built from a lambda expression such as `lambda r: (r[0], r[2])`. Also, `operator.attrgetter()`, `operator.itemgetter()`, and `operator.methodcaller()` are three key function constructors. See the *Sorting HOW TO* for examples of how to create and use key functions.

**keyword argument (키워드 인자)**

인자를 보세요.

**lambda (람다)**

호출될 때 값이 구해지는 하나의 표현식으로 구성된 이름 없는 인라인 함수. 람다 함수를 만드는 문법은 `lambda [parameters]: expression` 입니다.

**LBYL**

뛰기 전에 보라(Look before you leap). 이 코딩 스타일은 호출이나 조회를 하기 전에 명시적으로 사전 조건들을 검사합니다. 이 스타일은 *EAFP* 접근법과 대비되고, 많은 `if` 문의 존재로 특징지어집니다.

다중 스레드 환경에서, LBYL 접근법은 “보기”와 “뛰기” 간에 경쟁 조건을 만들게 될 위험이 있습니다. 예를 들어, 코드 `if key in mapping: return mapping[key]` 는 검사 후에, 하지만 조회 전에, 다른 스레드가 `key`를 `mapping`에서 제거하면 실패할 수 있습니다. 이런 이슈는 록이나 *EAFP* 접근법을 사용함으로써 해결될 수 있습니다.

**list (리스트)**

A built-in Python *sequence*. Despite its name it is more akin to an array in other languages than to a linked list since access to elements is  $O(1)$ .

**list comprehension (리스트 컴프리헨션)**

시퀀스의 요소들 전부 또는 일부를 처리하고 그 결과를 리스트로 돌려주는 간결한 방법. `result =`

`['{:#04x}'.format(x) for x in range(256) if x % 2 == 0]` 는 0에서 255 사이에 있는 짝수들의 16진수 (0x..) 들을 포함하는 문자열의 리스트를 만듭니다. `if` 절은 생략할 수 있습니다. 생략하면, `range(256)` 에 있는 모든 요소가 처리됩니다.

### loader (로더)

An object that loads a module. It must define a method named `load_module()`. A loader is typically returned by a *finder*. See also:

- `finders-and-loaders`
- `importlib.abc.Loader`
- **PEP 302**

### locale encoding

On Unix, it is the encoding of the LC\_CTYPE locale. It can be set with `locale.setlocale(locale.LC_CTYPE, new_locale)`.

On Windows, it is the ANSI code page (ex: "cp1252").

On Android and VxWorks, Python uses "utf-8" as the locale encoding.

`locale.getencoding()` can be used to get the locale encoding.

See also the *filesystem encoding and error handler*.

### magic method (매직 메서드)

특수 메서드 의 비공식적인 비슷한 말.

### mapping (매핑)

A container object that supports arbitrary key lookups and implements the methods specified in the `collections.abc.Mapping` or `collections.abc.MutableMapping` abstract base classes. Examples include `dict`, `collections.defaultdict`, `collections.OrderedDict` and `collections.Counter`.

### meta path finder (메타 경로 파인더)

`sys.meta_path` 의 검색이 돌려주는 파인더. 메타 경로 파인더는 경로 엔트리 파인더 와 관련되어 있기는 하지만 다릅니다.

메타 경로 파인더가 구현하는 메서드들에 대해서는 `importlib.abc.MetaPathFinder` 를 보면 됩니다.

### metaclass (메타 클래스)

클래스의 클래스. 클래스 정의는 클래스 이름, 클래스 디렉터리, 베이스 클래스들의 목록을 만듭니다. 메타 클래스는 이 세 인자를 받아서 클래스를 만드는 책임을 집니다. 대부분의 객체 지향형 프로그래밍 언어들은 기본 구현을 제공합니다. 파이썬을 특별하게 만드는 것은 커스텀 메타 클래스를 만들 수 있다는 것입니다. 대부분 사용자에게는 이 도구가 전혀 필요 없지만, 필요가 생길 때, 메타 클래스는 강력하고 우아한 해법을 제공합니다. 어트리뷰트 액세스의 로깅(logging), 스레드 안전성의 추가, 객체 생성 추적, 싱글톤 구현과 많은 다른 작업에 사용됐습니다.

metaclasses 에서 더 자세한 내용을 찾을 수 있습니다.

### method (메서드)

클래스 바디 안에서 정의되는 함수. 그 클래스의 인스턴스의 어트리뷰트로서 호출되면, 그 메서드는 첫 번째 인자(보통 `self` 라고 불린다) 로 인스턴스 객체를 받습니다. 함수 와 중첩된 스코프 를 보세요.

### method resolution order (메서드 결정 순서)

Method Resolution Order is the order in which base classes are searched for a member during lookup. See `python_2.3_mro` for details of the algorithm used by the Python interpreter since the 2.3 release.

### module (모듈)

파이썬 코드의 조직화 단위를 담당하는 객체. 모듈은 임의의 파이썬 객체들을 담는 이름 공간을 갖습니다. 모듈은 임포트링 절차에 의해 파이썬으로 로드됩니다.

패키지 도 보세요.

**module spec (모듈 스펙)**

모듈을 로드하는데 사용되는 임포트 관련 정보들을 담고 있는 이름 공간. `importlib.machinery.ModuleSpec` 의 인스턴스.

See also `module-specs`.

**MRO**

메서드 결정 순서를 보세요.

**mutable (가변)**

가변 객체는 값이 변할 수 있지만 `id()` 는 일정하게 유지합니다. 불변도 보세요.

**named tuple (네임드 튜플)**

“named tuple(네임드 튜플)”이라는 용어는 튜플에서 상속하고 이름 붙은 어트리뷰트를 사용하여 인덱스 할 수 있는 요소에 액세스 할 수 있는 모든 형이나 클래스에 적용됩니다. 형이나 클래스에는 다른 기능도 있을 수 있습니다.

`time.localtime()` 과 `os.stat()` 가 반환한 값을 포함하여, 여러 내장형이 네임드 튜플입니다. 또 다른 예는 `sys.float_info`입니다:

```
>>> sys.float_info[1]                # indexed access
1024
>>> sys.float_info.max_exp           # named field access
1024
>>> isinstance(sys.float_info, tuple) # kind of tuple
True
```

Some named tuples are built-in types (such as the above examples). Alternatively, a named tuple can be created from a regular class definition that inherits from `tuple` and that defines named fields. Such a class can be written by hand, or it can be created by inheriting `typing.NamedTuple`, or with the factory function `collections.namedtuple()`. The latter techniques also add some extra methods that may not be found in hand-written or built-in named tuples.

**namespace (이름 공간)**

변수가 저장되는 장소. 이름 공간은 디렉터리로 구현됩니다. 객체에 중첩된 이름 공간(메서드에서) 뿐만 아니라 지역, 전역, 내장 이름 공간이 있습니다. 이름 공간은 이름 충돌을 방지해서 모듈성을 지원합니다. 예를 들어, 함수 `builtins.open` 과 `os.open()` 은 그들의 이름 공간에 의해 구별됩니다. 또한, 이름 공간은 어떤 모듈이 함수를 구현하는지를 분명하게 만들어서 가독성과 유지 보수성에 도움을 줍니다. 예를 들어, `random.seed()` 또는 `itertools.islice()` 라고 쓰면 그 함수들이 각각 `random` 과 `itertools` 모듈에 의해 구현되었음이 명확해집니다.

**namespace package (이름 공간 패키지)**

오직 서브 패키지들의 컨테이너로만 기능하는 **PEP 420** 패키지. 이름 공간 패키지는 물리적인 실체가 없을 수도 있고, 특히 `__init__.py` 파일이 없으므로 정규 패키지와는 다릅니다.

모듈도 보세요.

**nested scope (중첩된 스코프)**

둘러싼 정의에서 변수를 참조하는 능력. 예를 들어, 다른 함수 내부에서 정의된 함수는 바깥 함수에 있는 변수들을 참조할 수 있습니다. 중첩된 스코프는 기본적으로는 참조만 가능할 뿐, 대입은 되지 않는다는 것에 주의해야 합니다. 지역 변수들은 가장 내부의 스코프에서 읽고 씁니다. 마찬가지로, 전역 변수들은 전역 이름 공간에서 읽고 씁니다. `nonlocal` 은 바깥 스코프에 쓰는 것을 허락합니다.

**new-style class (뉴스타일 클래스)**

Old name for the flavor of classes now used for all class objects. In earlier Python versions, only new-style classes could use Python’s newer, versatile features like `__slots__`, descriptors, properties, `__getattr__()`, class methods, and static methods.

**object (객체)**

상태(어트리뷰트나 값)를 갖고 동작(메서드)이 정의된 모든 데이터. 또한, 모든 뉴스타일 클래스의 최종적인 베이스 클래스입니다.

**optimized scope**

A scope where target local variable names are reliably known to the compiler when the code is compiled,

allowing optimization of read and write access to these names. The local namespaces for functions, generators, coroutines, comprehensions, and generator expressions are optimized in this fashion. Note: most interpreter optimizations are applied to all scopes, only those relying on a known set of local and nonlocal variable names are restricted to optimized scopes.

**package (패키지)**

A Python *module* which can contain submodules or recursively, subpackages. Technically, a package is a Python module with a `__path__` attribute.

정규 패키지 와 이름 공간 패키지 도 보세요.

**parameter (매개변수)**

함수 (또는 메서드) 정의에서 함수가 받을 수 있는 인자 (또는 어떤 경우 인자들) 를 지정하는 이름 붙은 엔티티. 다섯 종류의 매개변수가 있습니다:

- 위치-키워드 (*positional-or-keyword*): 위치 인자 나 키워드 인자 로 전달될 수 있는 인자를 지정합니다. 이것이 기본 형태의 매개변수입니다, 예를 들어 다음에서 *foo* 와 *bar*:

```
def func(foo, bar=None): ...
```

- 위치-전용 (*positional-only*): 위치로만 제공될 수 있는 인자를 지정합니다. 위치 전용 매개변수는 함수 정의의 매개변수 목록에 / 문자를 포함하고 그 뒤에 정의할 수 있습니다, 예를 들어 다음에서 *posonly1* 과 *posonly2*:

```
def func(posonly1, posonly2, /, positional_or_keyword): ...
```

- 키워드-전용 (*keyword-only*): 키워드로만 제공될 수 있는 인자를 지정합니다. 키워드-전용 매개변수는 함수 정의의 매개변수 목록에서 앞에 하나의 가변-위치 매개변수나 \*를 그대로 포함해서 정의할 수 있습니다. 예를 들어, 다음에서 *kw\_only1* 와 *kw\_only2*:

```
def func(arg, *, kw_only1, kw_only2): ...
```

- 가변-위치 (*var-positional*): (다른 매개변수들에 의해서 이미 받아들여진 위치 인자들에 더해) 제공될 수 있는 위치 인자들의 임의의 시퀀스를 지정합니다. 이런 매개변수는 매개변수 이름에 \* 를 앞에 붙여서 정의될 수 있습니다, 예를 들어 다음에서 *args*:

```
def func(*args, **kwargs): ...
```

- 가변-키워드 (*var-keyword*): (다른 매개변수들에 의해서 이미 받아들여진 키워드 인자들에 더해) 제공될 수 있는 임의의 개수 키워드 인자들을 지정합니다. 이런 매개변수는 매개변수 이름에 \*\*를 앞에 붙여서 정의될 수 있습니다, 예를 들어 위의 예에서 *kwargs*.

매개변수는 선택적 인자들을 위한 기본값뿐만 아니라 선택적이거나 필수 인자들을 지정할 수 있습니다.

인자 용어집 항목, 인자와 매개변수의 차이에 나오는 FAQ 질문, `inspect.Parameter` 클래스, `function` 절, **PEP 362**도 보세요.

**path entry (경로 엔트리)**

경로 기반 파인더 가 임포트 할 모듈들을 찾기 위해 참고하는 임포트 경로 상의 하나의 장소.

**path entry finder (경로 엔트리 파인더)**

`sys.path_hooks` 에 있는 콜러블 (즉, 경로 엔트리 혹) 이 돌려주는 파인더 인데, 주어진 경로 엔트리 로 모듈을 찾는 방법을 알고 있습니다.

경로 엔트리 파인더들이 구현하는 메서드들은 `importlib.abc.PathEntryFinder` 에 나옵니다.

**path entry hook (경로 엔트리 혹)**

A callable on the `sys.path_hooks` list which returns a *path entry finder* if it knows how to find modules on a specific *path entry*.

**path based finder (경로 기반 파인더)**

기본 메타 경로 파인더들 중 하나인데, 임포트 경로 에서 모듈을 찾습니다.

**path-like object (경로류 객체)**

파일 시스템 경로를 나타내는 객체. 경로류 객체는 경로를 나타내는 `str` 나 `bytes` 객체이거나 `os.PathLike` 프로토콜을 구현하는 객체입니다. `os.PathLike` 프로토콜을 지원하는 객체는 `os.fspath()` 함수를 호출해서 `str` 나 `bytes` 파일 시스템 경로로 변환될 수 있습니다; 대신 `os.fsdecode()` 와 `os.fsencode()` 는 각각 `str` 나 `bytes` 결과를 보장하는데 사용될 수 있습니다. **PEP 519**로 도입되었습니다.

**PEP**

파이썬 개선 제안. PEP는 파이썬 커뮤니티에 정보를 제공하거나 파이썬 또는 그 프로세스 또는 환경에 대한 새로운 기능을 설명하는 설계 문서입니다. PEP는 제안된 기능에 대한 간결한 기술 사양 및 근거를 제공해야 합니다.

PEP는 주요 새로운 기능을 제안하고 문제에 대한 커뮤니티 입력을 수집하며 파이썬에 들어간 설계 결정을 문서로 만들기 위한 기본 메커니즘입니다. PEP 작성자는 커뮤니티 내에서 합의를 구축하고 반대 의견을 문서화 할 책임이 있습니다.

**PEP 1** 참조하세요.

**portion (포션)**

**PEP 420** 에서 정의한 것처럼, 이름 공간 패키지에 이바지하는 하나의 디렉터리에 들어있는 파일들의 집합 (zip 파일에 저장되는 것도 가능합니다).

**positional argument (위치 인자)**

인자를 보세요.

**provisional API (잠정 API)**

잠정 API는 표준 라이브러리의 과거 호환성 보장으로부터 신중히 제외된 것입니다. 인터페이스의 큰 변화가 예상되지는 않지만, 잠정적이라고 표시되는 한, 코어 개발자들이 필요하다고 생각한다면 과거 호환성이 유지되지 않는 변경이 일어날 수 있습니다. 그런 변경은 불필요한 방식으로 일어나지는 않을 것입니다 — API를 포함하기 전에 놓친 중대하고 근본적인 결함이 발견된 경우에만 일어날 것입니다.

잠정 API에서조차도, 과거 호환성이 유지되지 않는 변경은 “최후의 수단”으로 여겨집니다 - 모든 식별된 문제들에 대해 과거 호환성을 유지하는 해법을 찾으려는 모든 시도가 선행됩니다.

이 절차는 표준 라이브러리가 오랜 시간 동안 잘못된 설계 오류에 발목 잡히지 않고 발전할 수 있도록 만듭니다. 더 자세한 내용은 **PEP 411**을 보면 됩니다.

**provisional package (잠정 패키지)**

잠정 API를 보세요.

**Python 3000 (파이썬 3000)**

파이썬 3.x 배포 라인의 별명 (버전 3의 배포가 먼 미래의 이야기던 시절에 만들어진 이름이다.) 이것을 “Py3k” 로 줄여 쓰기도 합니다.

**Pythonic (파이썬다운)**

다른 언어들에서 일반적인 개념들을 사용해서 코드를 구현하는 대신, 파이썬 언어에서 가장 자주 사용되는 이디엄들을 가까이 따르는 아이디어나 코드 조각. 예를 들어, 파이썬에서 자주 쓰는 이디엄은 `for` 문을 사용해서 이터러블의 모든 요소로 루핑하는 것입니다. 다른 많은 언어에는 이런 종류의 구성물이 없으므로, 파이썬에 익숙하지 않은 사람들은 대신에 숫자 카운터를 사용하기도 합니다:

```
for i in range(len(food)):
    print(food[i])
```

더 깔끔한, 파이썬다운 방법은 이렇습니다:

```
for piece in food:
    print(piece)
```

**qualified name (정규화된 이름)**

모듈의 전역 스코프에서 모듈에 정의된 클래스, 함수, 메서드에 이르는 “경로”를 보여주는 점으로 구분된 이름. **PEP 3155** 에서 정의됩니다. 최상위 함수와 클래스의 경우에, 정규화된 이름은 객체의 이름과 같습니다:

```
>>> class C:
...     class D:
...         def meth(self):
...             pass
...
>>> C.__qualname__
'C'
>>> C.D.__qualname__
'C.D'
>>> C.D.meth.__qualname__
'C.D.meth'
```

모듈을 가리키는데 사용될 때, 완전히 정규화된 이름 (*fully qualified name*)은 모든 부모 패키지들을 포함해서 모듈로 가는 점으로 분리된 이름을 의미합니다, 예를 들어, `email.mime.text`:

```
>>> import email.mime.text
>>> email.mime.text.__name__
'email.mime.text'
```

### reference count (참조 횟수)

The number of references to an object. When the reference count of an object drops to zero, it is deallocated. Some objects are *immortal* and have reference counts that are never modified, and therefore the objects are never deallocated. Reference counting is generally not visible to Python code, but it is a key element of the *CPython* implementation. Programmers can call the `sys.getrefcount()` function to return the reference count for a particular object.

### regular package (정규 패키지)

`__init__.py` 파일을 포함하는 디렉터리와 같은 전통적인 패키지.

이름 공간 패키지 도 보세요.

### REPL

An acronym for the “read-eval-print loop”, another name for the *interactive* interpreter shell.

### `__slots__`

클래스 내부의 선언인데, 인스턴스 어트리뷰트들을 위한 공간을 미리 선언하고 인스턴스 디렉터리를 제거함으로써 메모리를 절감하는 효과를 줍니다. 인기 있기는 하지만, 이 테크닉은 올바르게 사용하기가 좀 까다로운 편이라서, 메모리에 민감한 응용 프로그램에서 많은 수의 인스턴스가 있는 특별한 경우로 한정하는 것이 좋습니다.

### sequence (시퀀스)

An *iterable* which supports efficient element access using integer indices via the `__getitem__()` special method and defines a `__len__()` method that returns the length of the sequence. Some built-in sequence types are `list`, `str`, `tuple`, and `bytes`. Note that `dict` also supports `__getitem__()` and `__len__()`, but is considered a mapping rather than a sequence because the lookups use arbitrary *hashable* keys rather than integers.

The `collections.abc.Sequence` abstract base class defines a much richer interface that goes beyond just `__getitem__()` and `__len__()`, adding `count()`, `index()`, `__contains__()`, and `__reversed__()`. Types that implement this expanded interface can be registered explicitly using `register()`. For more documentation on sequence methods generally, see *Common Sequence Operations*.

### set comprehension (집합 컴프리헨션)

이터러블에 있는 요소 전체나 일부를 처리하고 결과를 담은 집합을 반환하는 간결한 방법. `results = {c for c in 'abracadabra' if c not in 'abc'}`는 문자열의 집합 {'r', 'd'}를 생성합니다. comprehensions을 참조하십시오.

### single dispatch (싱글 디스패치)

구현이 하나의 인자의 형에 기초해서 결정되는 제네릭 함수 디스패치의 한 형태.

### slice (슬라이스)

보통 시퀀스의 일부를 포함하는 객체. 슬라이스는 서브 스크립트 표기법을 사용해서 만듭니다.

`variable_name[1:3:5]` 처럼, [] 안에서 여러 개의 숫자를 콜론으로 분리합니다. 대괄호 (서브 스크립트) 표기법은 내부적으로 `slice` 객체를 사용합니다.

**soft deprecated**

A soft deprecated API should not be used in new code, but it is safe for already existing code to use it. The API remains documented and tested, but will not be enhanced further.

Soft deprecation, unlike normal deprecation, does not plan on removing the API and will not emit warnings.

See [PEP 387: Soft Deprecation](#).

**special method (특수 메서드)**

파이썬이 형에 어떤 연산을, 덧셈 같은, 실행할 때 묵시적으로 호출되는 메서드. 이런 메서드는 두 개의 밑줄로 시작하고 끝나는 이름을 갖고 있습니다. 특수 메서드는 `specialnames` 에 문서로 만들어져 있습니다.

**statement (문장)**

문장은 스위트 (코드의 “블록(block)”) 를 구성하는 부분입니다. 문장은 표현식 이거나 키워드를 사용하는 여러 가지 구조물 중의 하나입니다. 가령 `if`, `while`, `for`.

**static type checker**

An external tool that reads Python code and analyzes it, looking for issues such as incorrect types. See also [type hints](#) and the `typing` module.

**strong reference**

In Python’s C API, a strong reference is a reference to an object which is owned by the code holding the reference. The strong reference is taken by calling `Py_INCREF()` when the reference is created and released with `Py_DECREF()` when the reference is deleted.

The `Py_NewRef()` function can be used to create a strong reference to an object. Usually, the `Py_DECREF()` function must be called on the strong reference before exiting the scope of the strong reference, to avoid leaking one reference.

See also [borrowed reference](#).

**text encoding (텍스트 인코딩)**

A string in Python is a sequence of Unicode code points (in range `U+0000-U+10FFFF`). To store or transfer a string, it needs to be serialized as a sequence of bytes.

Serializing a string into a sequence of bytes is known as “encoding”, and recreating the string from the sequence of bytes is known as “decoding”.

There are a variety of different text serialization codecs, which are collectively referred to as “text encodings”.

**text file (텍스트 파일)**

`str` 객체를 읽고 쓸 수 있는 파일 객체. 종종, 텍스트 파일은 실제로는 바이트 지향 데이터스트림을 액세스하고 텍스트 인코딩을 자동 처리합니다. 텍스트 파일의 예로는 텍스트 모드 (`'r'` 또는 `'w'`) 로 열린 파일, `sys.stdin`, `sys.stdout`, `io.StringIO` 의 인스턴스를 들 수 있습니다.

바이트열류 객체를 읽고 쓸 수 있는 파일 객체에 대해서는 바이너리 파일도 참조하세요.

**triple-quoted string (삼중 따옴표 된 문자열)**

따옴표 (”) 나 작은따옴표 (') 세 개로 둘러싸인 문자열. 그냥 따옴표 하나로 둘러싸인 문자열에 없는 기능을 제공하지는 않지만, 여러 가지 이유에서 쓸모가 있습니다. 이스케이프 되지 않은 작은따옴표나 큰따옴표를 문자열 안에 포함할 수 있도록 하고, 연결 문자를 쓰지 않고도 여러 줄에 걸쳐 쓸 수 있는데, 독스트링을 쓸 때 특히 쓸모 있습니다.

**type (형)**

The type of a Python object determines what kind of object it is; every object has a type. An object’s type is accessible as its `__class__` attribute or can be retrieved with `type(obj)`.

**type alias (형 에일리어스)**

형을 식별자에 대입하여 만들어지는 형의 동의어.

형 에일리어스는 형 힌트를 단순화하는 데 유용합니다. 예를 들면:

```
def remove_gray_shades(
    colors: list[tuple[int, int, int]]) -> list[tuple[int, int, int]]:
    pass
```

는 다음과 같이 더 읽기 쉽게 만들 수 있습니다:

```
Color = tuple[int, int, int]

def remove_gray_shades(colors: list[Color]) -> list[Color]:
    pass
```

이 기능을 설명하는 `typing`과 **PEP 484**를 참조하세요.

### type hint (형 힌트)

변수, 클래스 어트리뷰트 및 함수 매개변수 나 반환 값의 기대되는 형을 지정하는 어노테이션.

Type hints are optional and are not enforced by Python but they are useful to *static type checkers*. They can also aid IDEs with code completion and refactoring.

지역 변수를 제외하고, 전역 변수, 클래스 어트리뷰트 및 함수의 형 힌트는 `typing.get_type_hints()`를 사용하여 액세스할 수 있습니다.

이 기능을 설명하는 `typing`과 **PEP 484**를 참조하세요.

### universal newlines (유니버설 줄 넘김)

다음과 같은 것들을 모두 줄의 끝으로 인식하는, 텍스트 스트림을 해석하는 태도: 유닉스 개행 문자 관례 `'\n'`, 윈도우즈 관례 `'\r\n'`, 예전의 매킨토시 관례 `'\r'`. 추가적인 사용에 관해서는 `bytes.splitlines()` 뿐만 아니라 **PEP 278**와 **PEP 3116**도 보세요.

### variable annotation (변수 어노테이션)

변수 또는 클래스 어트리뷰트의 어노테이션.

변수 또는 클래스 어트리뷰트에 어노테이션을 달 때 대입은 선택 사항입니다:

```
class C:
    field: 'annotation'
```

변수 어노테이션은 일반적으로 형 힌트로 사용됩니다: 예를 들어, 이 변수는 `int` 값을 가질 것으로 기대됩니다:

```
count: int = 0
```

변수 어노테이션 문법은 섹션 `annassign`에서 설명합니다.

See *function annotation*, **PEP 484** and **PEP 526**, which describe this functionality. Also see `annotations-howto` for best practices on working with annotations.

### virtual environment (가상 환경)

파이썬 사용자와 응용 프로그램이, 같은 시스템에서 실행되는 다른 파이썬 응용 프로그램들의 동작에 영향을 주지 않으면서, 파이썬 배포 패키지들을 설치하거나 업그레이드하는 것을 가능하게 하는, 협력적으로 격리된 실행 환경.

`venv`도 보세요.

### virtual machine (가상 기계)

소프트웨어만으로 정의된 컴퓨터. 파이썬의 가상 기계는 바이트 코드 컴파일러가 출력하는 바이트 코드를 실행합니다.

### Zen of Python (파이썬 젠)

파이썬 디자인 원리와 철학들의 목록인데, 언어를 이해하고 사용하는 데 도움이 됩니다. 이 목록은 대화형 프롬프트에서 `"import this"`를 입력하면 보입니다.

---

## 이 설명서에 관하여

---

이 설명서는 `reStructuredText` 소스에서 만들어진 것으로, 파이썬 설명서를 위해 특별히 제작된 문서 처리기인 `Sphinx` 를 사용했습니다.

설명서와 이를 위한 툴체인 개발은 파이썬 자체와 마찬가지로 전적으로 자원봉사자의 노력입니다. 기여하고 싶다면, 참여 방법에 대한 정보는 `reporting-bugs` 페이지를 참고하십시오. 새로운 자원봉사자는 언제나 환영합니다!

다음 분들에게 많은 감사를 드립니다:

- Fred L. Drake, Jr., 원래 파이썬 설명서 도구 집합의 작성자이자 많은 콘텐츠의 작가;
- the `Docutils` project for creating `reStructuredText` and the `Docutils` suite;
- Fredrik Lundh for his `Alternative Python Reference` project from which `Sphinx` got many good ideas.

### B.1 파이썬 설명서의 공헌자들

많은 사람이 파이썬 언어, 파이썬 표준 라이브러리 및 파이썬 설명서에 기여했습니다. 기여자의 부분적인 목록은 파이썬 소스 배포판의 `Misc/ACKS` 를 참조하십시오.

파이썬이 이런 멋진 설명서를 갖게 된 것은 파이썬 커뮤니티의 입력과 기여 때문입니다 - 감사합니다!



## 역사와 라이선스

## C.1 소프트웨어의 역사

파이썬은 ABC라는 언어의 후계자로서 네덜란드의 Stichting Mathematisch Centrum (CWI, <https://www.cwi.nl/> 참조)의 Guido van Rossum에 의해 1990년대 초반에 만들어졌습니다. 파이썬에는 다른 사람들의 많은 공헌이 포함되어었지만, Guido는 파이썬의 주요 저자로 남아 있습니다.

1995년, Guido는 Virginia의 Reston에 있는 Corporation for National Research Initiatives(CNRI, <https://www.cnri.reston.va.us/> 참조)에서 파이썬 작업을 계속했고, 이곳에서 여러 버전의 소프트웨어를 출시했습니다.

2000년 5월, Guido와 파이썬 핵심 개발팀은 BeOpen.com으로 옮겨서 BeOpen PythonLabs 팀을 구성했습니다. 같은 해 10월, PythonLabs 팀은 Digital Creations(현재 Zope Corporation; <https://www.zope.org/> 참조)로 옮겼습니다. 2001년, 파이썬 소프트웨어 재단(PSF, <https://www.python.org/psf/> 참조)이 설립되었습니다. 이 단체는 파이썬 관련 지적 재산을 소유하도록 특별히 설립된 비영리 조직입니다. Zope Corporation은 PSF의 후원 회원입니다.

모든 파이썬 배포판은 공개 소스입니다 (공개 소스 정의에 대해서는 <https://opensource.org/>를 참조하십시오). 역사적으로, 대부분 (하지만 전부는 아닙니다) 파이썬 배포판은 GPL과 호환됩니다; 아래의 표는 다양한 배포판을 요약한 것입니다.

| 배포판         | 파생된 곳     | 해         | 소유자        | GPL 호환? |
|-------------|-----------|-----------|------------|---------|
| 0.9.0 ~ 1.2 | n/a       | 1991-1995 | CWI        | yes     |
| 1.3 ~ 1.5.2 | 1.2       | 1995-1999 | CNRI       | yes     |
| 1.6         | 1.5.2     | 2000      | CNRI       | no      |
| 2.0         | 1.6       | 2000      | BeOpen.com | no      |
| 1.6.1       | 1.6       | 2001      | CNRI       | no      |
| 2.1         | 2.0+1.6.1 | 2001      | PSF        | no      |
| 2.0.1       | 2.0+1.6.1 | 2001      | PSF        | yes     |
| 2.1.1       | 2.1+2.0.1 | 2001      | PSF        | yes     |
| 2.1.2       | 2.1.1     | 2002      | PSF        | yes     |
| 2.1.3       | 2.1.2     | 2002      | PSF        | yes     |
| 2.2 이상      | 2.1.1     | 2001-현재   | PSF        | yes     |

GPL과 호환된다는 것은 우리가 GPL로 파이썬을 배포한다는 것을 의미하지는 않습니다. 모든 파이썬 라이선스는 GPL과 달리 여러분의 변경을 공개 소스로 만들지 않고 수정된 버전을 배포할 수 있게 합니다. GPL 호환 라이선스는 파이썬과 GPL 하에 발표된 다른 소프트웨어를 결합할 수 있게 합니다; 다른 것들은 그렇지 않습니다.

Guido의 지도하에 이 배포를 가능하게 만든 많은 외부 자원봉사자들에게 감사드립니다.

## C.2 파이썬에 액세스하거나 사용하기 위한 이용 약관

파이썬 소프트웨어와 설명서는 *PSF License Agreement*에 따라 라이선스가 부여됩니다.

파이썬 3.8.6부터, 설명서의 예제, 조리법 및 기타 코드는 PSF License Agreement와 *Zero-Clause BSD license*에 따라 이중 라이선스가 부여됩니다.

파이썬에 통합된 일부 소프트웨어에는 다른 라이선스가 적용됩니다. 라이선스는 해당 라이선스에 해당하는 코드와 함께 나열됩니다. 이러한 라이선스의 불완전한 목록은 포함된 소프트웨어에 대한 라이선스 및 승인을 참조하십시오.

### C.2.1 PSF LICENSE AGREEMENT FOR PYTHON 3.13.0

1. This LICENSE AGREEMENT is between the Python Software Foundation ("PSF"), and the Individual or Organization ("Licensee") accessing and otherwise using Python 3.13.0 software in source or binary form and its associated documentation.
2. Subject to the terms and conditions of this License Agreement, PSF hereby grants Licensee a nonexclusive, royalty-free, world-wide license to reproduce, analyze, test, perform and/or display publicly, prepare derivative works, distribute, and otherwise use Python 3.13.0 alone or in any derivative version, provided, however, that PSF's License Agreement and PSF's notice of copyright, i.e., "Copyright © 2001-2024 Python Software Foundation; All Rights Reserved" are retained in Python 3.13.0 alone or in any derivative version prepared by Licensee.
3. In the event Licensee prepares a derivative work that is based on or incorporates Python 3.13.0 or any part thereof, and wants to make the derivative work available to others as provided herein, then Licensee hereby agrees to include in any such work a brief summary of the changes made to Python 3.13.0.
4. PSF is making Python 3.13.0 available to Licensee on an "AS IS" basis. PSF MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED. BY WAY OF EXAMPLE, BUT NOT LIMITATION, PSF MAKES NO AND DISCLAIMS ANY REPRESENTATION OR WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE OR THAT THE USE OF PYTHON 3.13.0 WILL NOT INFRINGE ANY THIRD PARTY RIGHTS.
5. PSF SHALL NOT BE LIABLE TO LICENSEE OR ANY OTHER USERS OF PYTHON 3.13.0 FOR ANY INCIDENTAL, SPECIAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR LOSS AS A RESULT OF MODIFYING, DISTRIBUTING, OR OTHERWISE USING PYTHON 3.13.0, OR ANY DERIVATIVE THEREOF, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY THEREOF.
6. This License Agreement will automatically terminate upon a material breach of its terms and conditions.
7. Nothing in this License Agreement shall be deemed to create any relationship of agency, partnership, or joint venture between PSF and Licensee. This License Agreement does not grant permission to use PSF trademarks or trade name in a trademark sense to endorse or promote products or services of Licensee, or any

third party.

8. By copying, installing or otherwise using Python 3.13.0, Licensee agrees to be bound by the terms and conditions of this License Agreement.

## C.2.2 BEOPEN.COM LICENSE AGREEMENT FOR PYTHON 2.0

### BEOPEN PYTHON OPEN SOURCE LICENSE AGREEMENT VERSION 1

1. This LICENSE AGREEMENT is between BeOpen.com ("BeOpen"), having an office at 160 Saratoga Avenue, Santa Clara, CA 95051, and the Individual or Organization ("Licensee") accessing and otherwise using this software in source or binary form and its associated documentation ("the Software").
2. Subject to the terms and conditions of this BeOpen Python License Agreement, BeOpen hereby grants Licensee a non-exclusive, royalty-free, world-wide license to reproduce, analyze, test, perform and/or display publicly, prepare derivative works, distribute, and otherwise use the Software alone or in any derivative version, provided, however, that the BeOpen Python License is retained in the Software, alone or in any derivative version prepared by Licensee.
3. BeOpen is making the Software available to Licensee on an "AS IS" basis. BEOPEN MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED. BY WAY OF EXAMPLE, BUT NOT LIMITATION, BEOPEN MAKES NO AND DISCLAIMS ANY REPRESENTATION OR WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE OR THAT THE USE OF THE SOFTWARE WILL NOT INFRINGE ANY THIRD PARTY RIGHTS.
4. BEOPEN SHALL NOT BE LIABLE TO LICENSEE OR ANY OTHER USERS OF THE SOFTWARE FOR ANY INCIDENTAL, SPECIAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR LOSS AS A RESULT OF USING, MODIFYING OR DISTRIBUTING THE SOFTWARE, OR ANY DERIVATIVE THEREOF, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY THEREOF.
5. This License Agreement will automatically terminate upon a material breach of its terms and conditions.
6. This License Agreement shall be governed by and interpreted in all respects by the law of the State of California, excluding conflict of law provisions. Nothing in this License Agreement shall be deemed to create any relationship of agency, partnership, or joint venture between BeOpen and Licensee. This License Agreement does not grant permission to use BeOpen trademarks or trade names in a trademark sense to endorse or promote products or services of Licensee, or any third party. As an exception, the "BeOpen Python" logos available at <http://www.pythonlabs.com/logos.html> may be used according to the permissions granted on that web page.
7. By copying, installing or otherwise using the software, Licensee agrees to be bound by the terms and conditions of this License Agreement.

## C.2.3 CNRI LICENSE AGREEMENT FOR PYTHON 1.6.1

1. This LICENSE AGREEMENT is between the Corporation for National Research Initiatives, having an office at 1895 Preston White Drive, Reston, VA 20191 ("CNRI"), and the Individual or Organization ("Licensee") accessing and otherwise using Python 1.6.1 software in source or binary form and its associated documentation.
2. Subject to the terms and conditions of this License Agreement, CNRI hereby

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

grants Licensee a nonexclusive, royalty-free, world-wide license to reproduce, analyze, test, perform and/or display publicly, prepare derivative works, distribute, and otherwise use Python 1.6.1 alone or in any derivative version, provided, however, that CNRI's License Agreement and CNRI's notice of copyright, i.e., "Copyright © 1995-2001 Corporation for National Research Initiatives; All Rights Reserved" are retained in Python 1.6.1 alone or in any derivative version prepared by Licensee. Alternately, in lieu of CNRI's License Agreement, Licensee may substitute the following text (omitting the quotes): "Python 1.6.1 is made available subject to the terms and conditions in CNRI's License Agreement. This Agreement together with Python 1.6.1 may be located on the internet using the following unique, persistent identifier (known as a handle): 1895.22/1013. This Agreement may also be obtained from a proxy server on the internet using the following URL: <http://hdl.handle.net/1895.22/1013>."

3. In the event Licensee prepares a derivative work that is based on or incorporates Python 1.6.1 or any part thereof, and wants to make the derivative work available to others as provided herein, then Licensee hereby agrees to include in any such work a brief summary of the changes made to Python 1.6.1.
4. CNRI is making Python 1.6.1 available to Licensee on an "AS IS" basis. CNRI MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED. BY WAY OF EXAMPLE, BUT NOT LIMITATION, CNRI MAKES NO AND DISCLAIMS ANY REPRESENTATION OR WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE OR THAT THE USE OF PYTHON 1.6.1 WILL NOT INFRINGE ANY THIRD PARTY RIGHTS.
5. CNRI SHALL NOT BE LIABLE TO LICENSEE OR ANY OTHER USERS OF PYTHON 1.6.1 FOR ANY INCIDENTAL, SPECIAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR LOSS AS A RESULT OF MODIFYING, DISTRIBUTING, OR OTHERWISE USING PYTHON 1.6.1, OR ANY DERIVATIVE THEREOF, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY THEREOF.
6. This License Agreement will automatically terminate upon a material breach of its terms and conditions.
7. This License Agreement shall be governed by the federal intellectual property law of the United States, including without limitation the federal copyright law, and, to the extent such U.S. federal law does not apply, by the law of the Commonwealth of Virginia, excluding Virginia's conflict of law provisions. Notwithstanding the foregoing, with regard to derivative works based on Python 1.6.1 that incorporate non-separable material that was previously distributed under the GNU General Public License (GPL), the law of the Commonwealth of Virginia shall govern this License Agreement only as to issues arising under or with respect to Paragraphs 4, 5, and 7 of this License Agreement. Nothing in this License Agreement shall be deemed to create any relationship of agency, partnership, or joint venture between CNRI and Licensee. This License Agreement does not grant permission to use CNRI trademarks or trade name in a trademark sense to endorse or promote products or services of Licensee, or any third party.
8. By clicking on the "ACCEPT" button where indicated, or by copying, installing or otherwise using Python 1.6.1, Licensee agrees to be bound by the terms and conditions of this License Agreement.

## C.2.4 CWI LICENSE AGREEMENT FOR PYTHON 0.9.0 THROUGH 1.2

Copyright © 1991 - 1995, Stichting Mathematisch Centrum Amsterdam, The Netherlands. All rights reserved.

Permission to use, copy, modify, and distribute this software and its documentation for any purpose and without fee is hereby granted, provided that the above copyright notice appear in all copies and that both that copyright notice and this permission notice appear in supporting documentation, and that the name of Stichting Mathematisch Centrum or CWI not be used in advertising or publicity pertaining to distribution of the software without specific, written prior permission.

STICHTING MATHEMATISCH CENTRUM DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO THIS SOFTWARE, INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS, IN NO EVENT SHALL STICHTING MATHEMATISCH CENTRUM BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

## C.2.5 ZERO-CLAUSE BSD LICENSE FOR CODE IN THE PYTHON 3.13.0 DOCUMENTATION

Permission to use, copy, modify, and/or distribute this software for any purpose with or without fee is hereby granted.

THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS" AND THE AUTHOR DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO THIS SOFTWARE INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, DIRECT, INDIRECT, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

## C.3 포함된 소프트웨어에 대한 라이선스 및 승인

이 섹션은 파이썬 배포판에 포함된 제삼자 소프트웨어에 대한 불완전하지만 늘어나고 있는 라이선스와 승인의 목록입니다.

### C.3.1 메르센 트위스터

The `_random` C extension underlying the `random` module includes code based on a download from <http://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/~m-mat/MT/MT2002/emt19937ar.html>. The following are the verbatim comments from the original code:

```
A C-program for MT19937, with initialization improved 2002/1/26.
Coded by Takuji Nishimura and Makoto Matsumoto.

Before using, initialize the state by using init_genrand(seed)
or init_by_array(init_key, key_length).

Copyright (C) 1997 - 2002, Makoto Matsumoto and Takuji Nishimura,
All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
3. The names of its contributors may not be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT OWNER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

Any feedback is very welcome.

<http://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/~m-mat/MT/emt.html>

email: m-mat @ math.sci.hiroshima-u.ac.jp (remove space)

### C.3.2 소켓

The `socket` module uses the functions, `getaddrinfo()`, and `getnameinfo()`, which are coded in separate source files from the WIDE Project, <https://www.wide.ad.jp/>.

Copyright (C) 1995, 1996, 1997, and 1998 WIDE Project.  
All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
3. Neither the name of the project nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE PROJECT AND CONTRIBUTORS ``AS IS'' AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE PROJECT OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

### C.3.3 비동기 소켓 서비스

The `test.support.asyncchat` and `test.support.asyncore` modules contain the following notice:

Copyright 1996 by Sam Rushing

All Rights Reserved

Permission to use, copy, modify, and distribute this software and its documentation for any purpose and without fee is hereby granted, provided that the above copyright notice appear in all copies and that both that copyright notice and this permission notice appear in supporting documentation, and that the name of Sam Rushing not be used in advertising or publicity pertaining to distribution of the software without specific, written prior permission.

SAM RUSHING DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO THIS SOFTWARE, INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS, IN NO EVENT SHALL SAM RUSHING BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

### C.3.4 쿠키 관리

`http.cookies` 모듈은 다음과 같은 주의 사항을 포함합니다:

Copyright 2000 by Timothy O'Malley <timo@alum.mit.edu>

All Rights Reserved

Permission to use, copy, modify, and distribute this software and its documentation for any purpose and without fee is hereby granted, provided that the above copyright notice appear in all copies and that both that copyright notice and this permission notice appear in supporting documentation, and that the name of Timothy O'Malley not be used in advertising or publicity pertaining to distribution of the software without specific, written prior permission.

Timothy O'Malley DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO THIS SOFTWARE, INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS, IN NO EVENT SHALL Timothy O'Malley BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

### C.3.5 실행 추적

trace 모듈은 다음과 같은 주의 사항을 포함합니다:

```
portions copyright 2001, Autonomous Zones Industries, Inc., all rights...
err... reserved and offered to the public under the terms of the
Python 2.2 license.
Author: Zooko O'Whielacronx
http://zooko.com/
mailto:zooko@zooko.com

Copyright 2000, Mojam Media, Inc., all rights reserved.
Author: Skip Montanaro

Copyright 1999, Bioreason, Inc., all rights reserved.
Author: Andrew Dalke

Copyright 1995-1997, Automatrix, Inc., all rights reserved.
Author: Skip Montanaro

Copyright 1991-1995, Stichting Mathematisch Centrum, all rights reserved.

Permission to use, copy, modify, and distribute this Python software and
its associated documentation for any purpose without fee is hereby
granted, provided that the above copyright notice appears in all copies,
and that both that copyright notice and this permission notice appear in
supporting documentation, and that the name of neither Automatrix,
Bioreason or Mojam Media be used in advertising or publicity pertaining to
distribution of the software without specific, written prior permission.
```

### C.3.6 UUencode 및 UUdecode 함수

The uu codec contains the following notice:

```
Copyright 1994 by Lance Ellinghouse
Cathedral City, California Republic, United States of America.
    All Rights Reserved
Permission to use, copy, modify, and distribute this software and its
documentation for any purpose and without fee is hereby granted,
provided that the above copyright notice appear in all copies and that
both that copyright notice and this permission notice appear in
supporting documentation, and that the name of Lance Ellinghouse
not be used in advertising or publicity pertaining to distribution
of the software without specific, written prior permission.
LANCE ELLINGHOUSE DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO
THIS SOFTWARE, INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND
FITNESS, IN NO EVENT SHALL LANCE ELLINGHOUSE CENTRUM BE LIABLE
FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES
WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN
ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT
OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

Modified by Jack Jansen, CWI, July 1995:

- Use binascii module to do the actual line-by-line conversion between ascii and binary. This results in a 1000-fold speedup. The C version is still 5 times faster, though.
- Arguments more compliant with Python standard

### C.3.7 XML 원격 프로시저 호출

xmllrpc.client 모듈은 다음과 같은 주의 사항을 포함합니다:

The XML-RPC client interface is

Copyright (c) 1999-2002 by Secret Labs AB

Copyright (c) 1999-2002 by Fredrik Lundh

By obtaining, using, and/or copying this software and/or its associated documentation, you agree that you have read, understood, and will comply with the following terms and conditions:

Permission to use, copy, modify, and distribute this software and its associated documentation for any purpose and without fee is hereby granted, provided that the above copyright notice appears in all copies, and that both that copyright notice and this permission notice appear in supporting documentation, and that the name of Secret Labs AB or the author not be used in advertising or publicity pertaining to distribution of the software without specific, written prior permission.

SECRET LABS AB AND THE AUTHOR DISCLAIMS ALL WARRANTIES WITH REGARD TO THIS SOFTWARE, INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS. IN NO EVENT SHALL SECRET LABS AB OR THE AUTHOR BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

### C.3.8 test\_epoll

The test.test\_epoll module contains the following notice:

Copyright (c) 2001-2006 Twisted Matrix Laboratories.

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy of this software and associated documentation files (the "Software"), to deal in the Software without restriction, including without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in all copies or substantial portions of the Software.

THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```
MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND
NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE
LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION
OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION
WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.
```

### C.3.9 Select queue

select 모듈은 `queue` 인터페이스에 대해 다음과 같은 주의 사항을 포함합니다:

```
Copyright (c) 2000 Doug White, 2006 James Knight, 2007 Christian Heimes
All rights reserved.
```

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

```
THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHOR AND CONTRIBUTORS ``AS IS'' AND
ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE
IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE
ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR OR CONTRIBUTORS BE LIABLE
FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL
DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS
OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION)
HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT
LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY
OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF
SUCH DAMAGE.
```

### C.3.10 SipHash24

파일 `Python/pyhash.c` 에는 Dan Bernstein의 SipHash24 알고리즘의 Marek Majkowski의 구현이 포함되어 있습니다. 여기에는 다음과 같은 내용이 포함되어 있습니다:

```
<MIT License>
Copyright (c) 2013 Marek Majkowski <marek@popcount.org>

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy
of this software and associated documentation files (the "Software"), to deal
in the Software without restriction, including without limitation the rights
to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell
copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is
furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in
all copies or substantial portions of the Software.
</MIT License>

Original location:
  https://github.com/majek/csiphash/
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```
Solution inspired by code from:
  Samuel Neves (supercop/crypto_auth/siphash24/little)
  djb (supercop/crypto_auth/siphash24/little2)
  Jean-Philippe Aumasson (https://131002.net/siphash/siphash24.c)
```

### C.3.11 strtod 와 dtoa

The file `Python/dtoa.c`, which supplies C functions `dtoa` and `strtod` for conversion of C doubles to and from strings, is derived from the file of the same name by David M. Gay, currently available from <https://web.archive.org/web/20220517033456/http://www.netlib.org/fp/dtoa.c>. The original file, as retrieved on March 16, 2009, contains the following copyright and licensing notice:

```

/*****
 *
 * The author of this software is David M. Gay.
 *
 * Copyright (c) 1991, 2000, 2001 by Lucent Technologies.
 *
 * Permission to use, copy, modify, and distribute this software for any
 * purpose without fee is hereby granted, provided that this entire notice
 * is included in all copies of any software which is or includes a copy
 * or modification of this software and in all copies of the supporting
 * documentation for such software.
 *
 * THIS SOFTWARE IS BEING PROVIDED "AS IS", WITHOUT ANY EXPRESS OR IMPLIED
 * WARRANTY. IN PARTICULAR, NEITHER THE AUTHOR NOR LUCENT MAKES ANY
 * REPRESENTATION OR WARRANTY OF ANY KIND CONCERNING THE MERCHANTABILITY
 * OF THIS SOFTWARE OR ITS FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE.
 *
 *****/
```

### C.3.12 OpenSSL

The modules `hashlib`, `posix` and `ssl` use the OpenSSL library for added performance if made available by the operating system. Additionally, the Windows and macOS installers for Python may include a copy of the OpenSSL libraries, so we include a copy of the OpenSSL license here. For the OpenSSL 3.0 release, and later releases derived from that, the Apache License v2 applies:

```

                Apache License
                Version 2.0, January 2004
                https://www.apache.org/licenses/

TERMS AND CONDITIONS FOR USE, REPRODUCTION, AND DISTRIBUTION

1. Definitions.

"License" shall mean the terms and conditions for use, reproduction,
and distribution as defined by Sections 1 through 9 of this document.

"Licenser" shall mean the copyright owner or entity authorized by
the copyright owner that is granting the License.

"Legal Entity" shall mean the union of the acting entity and all
other entities that control, are controlled by, or are under common
control with that entity. For the purposes of this definition,
"control" means (i) the power, direct or indirect, to cause the
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

direction or management of such entity, whether by contract or otherwise, or (ii) ownership of fifty percent (50%) or more of the outstanding shares, or (iii) beneficial ownership of such entity.

"You" (or "Your") shall mean an individual or Legal Entity exercising permissions granted by this License.

"Source" form shall mean the preferred form for making modifications, including but not limited to software source code, documentation source, and configuration files.

"Object" form shall mean any form resulting from mechanical transformation or translation of a Source form, including but not limited to compiled object code, generated documentation, and conversions to other media types.

"Work" shall mean the work of authorship, whether in Source or Object form, made available under the License, as indicated by a copyright notice that is included in or attached to the work (an example is provided in the Appendix below).

"Derivative Works" shall mean any work, whether in Source or Object form, that is based on (or derived from) the Work and for which the editorial revisions, annotations, elaborations, or other modifications represent, as a whole, an original work of authorship. For the purposes of this License, Derivative Works shall not include works that remain separable from, or merely link (or bind by name) to the interfaces of, the Work and Derivative Works thereof.

"Contribution" shall mean any work of authorship, including the original version of the Work and any modifications or additions to that Work or Derivative Works thereof, that is intentionally submitted to Licensor for inclusion in the Work by the copyright owner or by an individual or Legal Entity authorized to submit on behalf of the copyright owner. For the purposes of this definition, "submitted" means any form of electronic, verbal, or written communication sent to the Licensor or its representatives, including but not limited to communication on electronic mailing lists, source code control systems, and issue tracking systems that are managed by, or on behalf of, the Licensor for the purpose of discussing and improving the Work, but excluding communication that is conspicuously marked or otherwise designated in writing by the copyright owner as "Not a Contribution."

"Contributor" shall mean Licensor and any individual or Legal Entity on behalf of whom a Contribution has been received by Licensor and subsequently incorporated within the Work.

2. Grant of Copyright License. Subject to the terms and conditions of this License, each Contributor hereby grants to You a perpetual, worldwide, non-exclusive, no-charge, royalty-free, irrevocable copyright license to reproduce, prepare Derivative Works of, publicly display, publicly perform, sublicense, and distribute the Work and such Derivative Works in Source or Object form.
3. Grant of Patent License. Subject to the terms and conditions of this License, each Contributor hereby grants to You a perpetual,

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

worldwide, non-exclusive, no-charge, royalty-free, irrevocable (except as stated in this section) patent license to make, have made, use, offer to sell, sell, import, and otherwise transfer the Work, where such license applies only to those patent claims licensable by such Contributor that are necessarily infringed by their Contribution(s) alone or by combination of their Contribution(s) with the Work to which such Contribution(s) was submitted. If You institute patent litigation against any entity (including a cross-claim or counterclaim in a lawsuit) alleging that the Work or a Contribution incorporated within the Work constitutes direct or contributory patent infringement, then any patent licenses granted to You under this License for that Work shall terminate as of the date such litigation is filed.

4. Redistribution. You may reproduce and distribute copies of the Work or Derivative Works thereof in any medium, with or without modifications, and in Source or Object form, provided that You meet the following conditions:
  - (a) You must give any other recipients of the Work or Derivative Works a copy of this License; and
  - (b) You must cause any modified files to carry prominent notices stating that You changed the files; and
  - (c) You must retain, in the Source form of any Derivative Works that You distribute, all copyright, patent, trademark, and attribution notices from the Source form of the Work, excluding those notices that do not pertain to any part of the Derivative Works; and
  - (d) If the Work includes a "NOTICE" text file as part of its distribution, then any Derivative Works that You distribute must include a readable copy of the attribution notices contained within such NOTICE file, excluding those notices that do not pertain to any part of the Derivative Works, in at least one of the following places: within a NOTICE text file distributed as part of the Derivative Works; within the Source form or documentation, if provided along with the Derivative Works; or, within a display generated by the Derivative Works, if and wherever such third-party notices normally appear. The contents of the NOTICE file are for informational purposes only and do not modify the License. You may add Your own attribution notices within Derivative Works that You distribute, alongside or as an addendum to the NOTICE text from the Work, provided that such additional attribution notices cannot be construed as modifying the License.

You may add Your own copyright statement to Your modifications and may provide additional or different license terms and conditions for use, reproduction, or distribution of Your modifications, or for any such Derivative Works as a whole, provided Your use, reproduction, and distribution of the Work otherwise complies with the conditions stated in this License.

5. Submission of Contributions. Unless You explicitly state otherwise,

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

any Contribution intentionally submitted for inclusion in the Work by You to the Licensor shall be under the terms and conditions of this License, without any additional terms or conditions. Notwithstanding the above, nothing herein shall supersede or modify the terms of any separate license agreement you may have executed with Licensor regarding such Contributions.

6. Trademarks. This License does not grant permission to use the trade names, trademarks, service marks, or product names of the Licensor, except as required for reasonable and customary use in describing the origin of the Work and reproducing the content of the NOTICE file.
7. Disclaimer of Warranty. Unless required by applicable law or agreed to in writing, Licensor provides the Work (and each Contributor provides its Contributions) on an "AS IS" BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied, including, without limitation, any warranties or conditions of TITLE, NON-INFRINGEMENT, MERCHANTABILITY, or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. You are solely responsible for determining the appropriateness of using or redistributing the Work and assume any risks associated with Your exercise of permissions under this License.
8. Limitation of Liability. In no event and under no legal theory, whether in tort (including negligence), contract, or otherwise, unless required by applicable law (such as deliberate and grossly negligent acts) or agreed to in writing, shall any Contributor be liable to You for damages, including any direct, indirect, special, incidental, or consequential damages of any character arising as a result of this License or out of the use or inability to use the Work (including but not limited to damages for loss of goodwill, work stoppage, computer failure or malfunction, or any and all other commercial damages or losses), even if such Contributor has been advised of the possibility of such damages.
9. Accepting Warranty or Additional Liability. While redistributing the Work or Derivative Works thereof, You may choose to offer, and charge a fee for, acceptance of support, warranty, indemnity, or other liability obligations and/or rights consistent with this License. However, in accepting such obligations, You may act only on Your own behalf and on Your sole responsibility, not on behalf of any other Contributor, and only if You agree to indemnify, defend, and hold each Contributor harmless for any liability incurred by, or claims asserted against, such Contributor by reason of your accepting any such warranty or additional liability.

END OF TERMS AND CONDITIONS

### C.3.13 expat

The pyexpat extension is built using an included copy of the expat sources unless the build is configured --with-system-expat:

```
Copyright (c) 1998, 1999, 2000 Thai Open Source Software Center Ltd
and Clark Cooper
```

```
Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```
a copy of this software and associated documentation files (the
"Software"), to deal in the Software without restriction, including
without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish,
distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to
permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to
the following conditions:
```

```
The above copyright notice and this permission notice shall be included
in all copies or substantial portions of the Software.
```

```
THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND,
EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF
MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT.
IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY
CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT,
TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE
SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.
```

### C.3.14 libffi

The `_ctypes` C extension underlying the `ctypes` module is built using an included copy of the libffi sources unless the build is configured `--with-system-libffi`:

```
Copyright (c) 1996-2008 Red Hat, Inc and others.
```

```
Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining
a copy of this software and associated documentation files (the
`Software'), to deal in the Software without restriction, including
without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish,
distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to
permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to
the following conditions:
```

```
The above copyright notice and this permission notice shall be included
in all copies or substantial portions of the Software.
```

```
THE SOFTWARE IS PROVIDED `AS IS', WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND,
EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF
MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND
NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT
HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY,
WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM,
OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER
DEALINGS IN THE SOFTWARE.
```

### C.3.15 zlib

zlib 확장은 시스템에서 발견된 zlib 버전이 너무 오래되어서 빌드에 사용될 수 없으면, 포함된 zlib 소스 사본을 사용하여 빌드됩니다:

```
Copyright (C) 1995-2011 Jean-loup Gailly and Mark Adler
```

```
This software is provided 'as-is', without any express or implied
warranty. In no event will the authors be held liable for any damages
arising from the use of this software.
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

Permission is granted to anyone to use this software for any purpose, including commercial applications, and to alter it and redistribute it freely, subject to the following restrictions:

1. The origin of this software must not be misrepresented; you must not claim that you wrote the original software. If you use this software in a product, an acknowledgment in the product documentation would be appreciated but is not required.
2. Altered source versions must be plainly marked as such, and must not be misrepresented as being the original software.
3. This notice may not be removed or altered from any source distribution.

Jean-loup Gailly  
jloup@gzip.org

Mark Adler  
madler@alumni.caltech.edu

### C.3.16 cfuhash

tracemalloc 에 의해 사용되는 해시 테이블의 구현은 cfuhash 프로젝트를 기반으로 합니다:

Copyright (c) 2005 Don Owens  
All rights reserved.

This code is released under the BSD license:

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

- \* Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
- \* Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
- \* Neither the name of the author nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT OWNER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

### C.3.17 libmpdec

The `_decimal` C extension underlying the `decimal` module is built using an included copy of the `libmpdec` library unless the build is configured `--with-system-libmpdec`:

```
Copyright (c) 2008-2020 Stefan Kraah. All rights reserved.
```

```
Redistribution and use in source and binary forms, with or without
modification, are permitted provided that the following conditions
are met:
```

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

```
THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHOR AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND
ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE
IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE
ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR OR CONTRIBUTORS BE LIABLE
FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL
DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS
OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION)
HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT
LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY
OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF
SUCH DAMAGE.
```

### C.3.18 W3C C14N 테스트 스위트

The C14N 2.0 test suite in the `test` package (`Lib/test/xmltestdata/c14n-20/`) was retrieved from the W3C website at <https://www.w3.org/TR/xml-c14n2-testcases/> and is distributed under the 3-clause BSD license:

```
Copyright (c) 2013 W3C(R) (MIT, ERCIM, Keio, Beihang),
All Rights Reserved.
```

```
Redistribution and use in source and binary forms, with or without
modification, are permitted provided that the following conditions
are met:
```

- \* Redistributions of works must retain the original copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
- \* Redistributions in binary form must reproduce the original copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
- \* Neither the name of the W3C nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this work without specific prior written permission.

```
THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS
"AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT
LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR
A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT
OWNER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL,
SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT
LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE,
```

(다음 페이지에 계속)

(이전 페이지에서 계속)

```
DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY
THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT
(INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE
OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.
```

### C.3.19 mimalloc

MIT License:

```
Copyright (c) 2018-2021 Microsoft Corporation, Daan Leijen
```

```
Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy
of this software and associated documentation files (the "Software"), to deal
in the Software without restriction, including without limitation the rights
to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell
copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is
furnished to do so, subject to the following conditions:
```

```
The above copyright notice and this permission notice shall be included in all
copies or substantial portions of the Software.
```

```
THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR
IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY,
FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE
AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER
LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM,
OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE
SOFTWARE.
```

### C.3.20 asyncio

Parts of the `asyncio` module are incorporated from `uvloop 0.16`, which is distributed under the MIT license:

```
Copyright (c) 2015-2021 MagicStack Inc. http://magic.io
```

```
Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining
a copy of this software and associated documentation files (the
"Software"), to deal in the Software without restriction, including
without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish,
distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to
permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to
the following conditions:
```

```
The above copyright notice and this permission notice shall be
included in all copies or substantial portions of the Software.
```

```
THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND,
EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF
MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND
NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE
LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION
OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION
WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.
```

### C.3.21 Global Unbounded Sequences (GUS)

The file `Python/qsbr.c` is adapted from FreeBSD's "Global Unbounded Sequences" safe memory reclamation scheme in `subr_smr.c`. The file is distributed under the 2-Clause BSD License:

```
Copyright (c) 2019,2020 Jeffrey Roberson <jeff@FreeBSD.org>
```

```
Redistribution and use in source and binary forms, with or without  
modification, are permitted provided that the following conditions  
are met:
```

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice unmodified, this list of conditions, and the following disclaimer.
2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

```
THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHOR ``AS IS'' AND ANY EXPRESS OR  
IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES  
OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED.  
IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT,  
INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT  
NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE,  
DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY  
THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT  
(INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF  
THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.
```



## APPENDIX D

---

### 저작권

---

파이썬과 이 설명서는:

Copyright © 2001-2024 Python Software Foundation. All rights reserved.

Copyright © 2000 BeOpen.com. All rights reserved.

Copyright © 1995-2000 Corporation for National Research Initiatives. All rights reserved.

Copyright © 1991-1995 Stichting Mathematisch Centrum. All rights reserved.

---

전체 라이선스 및 사용 권한 정보는 [역사와 라이선스](#) 에서 제공합니다.



## 알파벳 이외

..., 67  
 >>>, 67  
 \_\_future\_\_, 72  
 \_\_slots\_\_, 80

## A

abstract base class (추상 베이스 클래스), 67  
 annotation (어노테이션), 67  
 argument (인자), 67  
 asynchronous context manager (비동기 컨텍스트 관리자), 68  
 asynchronous generator (비동기 제너레이터), 68  
 asynchronous generator iterator (비동기 제너레이터 이터레이터), 68  
 asynchronous iterable (비동기 이터러블), 68  
 asynchronous iterator (비동기 이터레이터), 68  
 attribute (어트리뷰트), 68  
 awaitable (어웨이터블), 68

## B

BDFL, 68  
 binary file (바이너리 파일), 68  
 borrowed reference, 69  
 built-in function  
   repr, 50  
 bytecode (바이트 코드), 69  
 bytes-like object (바이트열류 객체), 69

## C

callable, 69  
 callback (콜백), 69  
 C-contiguous, 70  
 class (클래스), 69  
 class variable (클래스 변수), 69  
 closure variable, 69  
 complex number (복소수), 70  
 context manager (컨텍스트 관리자), 70  
 context variable (컨텍스트 변수), 70  
 contiguous (연속), 70  
 coroutine (코루틴), 70  
 coroutine function (코루틴 함수), 70

CPython, 70

## D

deallocation, object, 48  
 decorator (데코레이터), 70  
 descriptor (디스크립터), 71  
 dictionary (딕셔너리), 71  
 dictionary comprehension (딕셔너리 컴프리헨션), 71  
 dictionary view (딕셔너리 뷰), 71  
 docstring (독스트링), 71  
 duck-typing (덕 타이핑), 71

## E

EAFP, 71  
 expression (표현식), 71  
 extension module (확장 모듈), 71

## F

f-string (*f*-문자열), 71  
 file object (파일 객체), 71  
 file-like object (파일류 객체), 72  
 filesystem encoding and error handler, 72  
 finalization, of objects, 48  
 finder (파인더), 72  
 floor division (정수 나눗셈), 72  
 Fortran contiguous, 70  
 free threading, 72  
 free variable, 72  
 function (함수), 72  
 function annotation (함수 어노테이션), 72

## G

garbage collection (가비지 수거), 73  
 generator (제너레이터), 73  
 generator expression (제너레이터 표현식), 73  
 generator iterator (제너레이터 이터레이터), 73  
 generic function (제네릭 함수), 73  
 generic type (제네릭 형), 73  
 GIL, 73  
 global interpreter lock (전역 인터프리터 록), 73

## H

hash-based pyc (해시 기반 pyc), 74  
hashable (해시 가능), 74

## I

IDLE, 74  
immortal, 74  
immutable (불변), 74  
import path (임포트 경로), 74  
importer (임포터), 74  
importing (임포팅), 74  
interactive (대화형), 74  
interpreted (인터프리터드), 74  
interpreter shutdown (인터프리터 종료), 74  
iterable (이터러블), 74  
iterator (이터레이터), 75

## K

key function (키 함수), 75  
keyword argument (키워드 인자), 75

## L

lambda (람다), 75  
LBYL, 75  
list (리스트), 75  
list comprehension (리스트 컴프리헨션), 75  
loader (로더), 76  
locale encoding, 76

## M

magic  
    method (메서드), 76  
magic method (매직 메서드), 76  
mapping (매핑), 76  
meta path finder (메타 경로 파인더), 76  
metaclass (메타클래스), 76  
method (메서드), 76  
    magic, 76  
    special, 81  
method resolution order (메서드 결정 순서), 76  
module (모듈), 76  
module spec (모듈 스펙), 77  
MRO, 77  
mutable (가변), 77

## N

named tuple (네임드 튜플), 77  
namespace (이름 공간), 77  
namespace package (이름 공간 패키지), 77  
nested scope (중첩된 스코프), 77  
new-style class (뉴스타일 클래스), 77

## O

object  
    deallocation, 48  
    finalization, 48  
object (객체), 77

optimized scope, 77

## P

package (패키지), 78  
parameter (매개변수), 78  
path based finder (경로 기반 파인더), 78  
path entry (경로 엔트리), 78  
path entry finder (경로 엔트리 파인더), 78  
path entry hook (경로 엔트리 훅), 78  
path-like object (경로류 객체), 79  
PEP, 79  
Philbrick, Geoff, 15  
portion (포션), 79  
positional argument (위치 인자), 79  
provisional API (잠정 API), 79  
provisional package (잠정 패키지), 79  
PyArg\_ParseTuple (C function), 13  
PyArg\_ParseTupleAndKeywords (C function), 15  
PyErr\_Fetch (C function), 49  
PyErr\_Restore (C function), 49  
PyInit\_modulename (C function), 56  
PyObject\_CallObject (C function), 12  
Python 3000 (파이썬 3000), 79  
Python 향상 제안  
    PEP 1, 79  
    PEP 238, 72  
    PEP 278, 82  
    PEP 302, 76  
    PEP 343, 70  
    PEP 362, 68, 78  
    PEP 411, 79  
    PEP 420, 77, 79  
    PEP 442, 50  
    PEP 443, 73  
    PEP 483, 73  
    PEP 484, 67, 72, 73, 82  
    PEP 489, 11, 56  
    PEP 492, 68, 70  
    PEP 498, 71  
    PEP 519, 79  
    PEP 525, 68  
    PEP 526, 67, 82  
    PEP 585, 73  
    PEP 683, 74  
    PEP 703, 72, 73  
    PEP 3116, 82  
    PEP 3155, 79

PYTHON\_GIL, 73  
Pythonic (파이썬다운), 79  
PYTHONPATH, 56

## Q

qualified name (정규화된 이름), 79

## R

reference count (참조 횟수), 80  
regular package (정규 패키지), 80  
REPL, 80

repr  
 built-in function, 50

## S

sequence (시퀀스), 80  
 set comprehension (집합 컴프리헨션), 80  
 single dispatch (싱글 디스패치), 80  
 slice (슬라이스), 80  
 soft deprecated, 81  
 special  
     method (메서드), 81  
 special method (특수 메서드), 81  
 statement (문장), 81  
 static type checker, 81  
 string  
     object representation, 50  
 strong reference, 81

## T

text encoding (텍스트 인코딩), 81  
 text file (텍스트 파일), 81  
 triple-quoted string (삼중 따옴표 된 문자열),  
     81  
 type (형), 81  
 type alias (형 에일리어스), 81  
 type hint (형 힌트), 82

## U

universal newlines (유니버설 줄 넘김), 82

## V

variable annotation (변수 어노테이션), 82  
 virtual environment (가상 환경), 82  
 virtual machine (가상 기계), 82

## Y

환경 변수  
     PYTHON\_GIL, 73  
     PYTHONPATH, 56

## Z

Zen of Python (파이썬 젠), 82