國立屏東大學 資訊工程學系 C++程式設計入門教材

14. 淺談記憶體管理

本章將就C++的記憶體管理，進行一個簡要的介紹：

在程式中的資料，C++提供四種不同的記憶體管理方法：

- 自動儲存(automatic storage)
- 靜態儲存(static storage)
- 動態儲存(dynamic storage)
- 緒儲存(thread storage)

14.1 自動儲存

通常，在函式內所宣告的變數就是用“ 自動儲存 ”的方式，其宣告後會由編譯器負責為它配置一塊適合的記憶體空間，其空間的大小由其宣告的資料型態決定。在下面的程式碼中，變數a, b與temp皆屬之，所配置給它們的記憶體空間只有在foo函式的{ … }範圍內存在，一但函式執行結束並返回時，這些空間就會被回收。換言之，變數能夠作用的範圍就侷限在其宣告所在的函式裡。

```
int foo(int a, int b)
{
   int temp;
   temp = 2*a+3*b;
   return temp;
}
```

由於此類變數在程式執行時，其在記憶體裡的空間配置與回收都是“ 自動 ”完成的，所以又被稱為「自動變數(Automatic Variable)」。更具體來說，當一個程式經編譯後執行時，會得到一塊由作業系統所配置的空間(以Linux系統為例，每個執行中的程式可被配置到4GB的虛擬空間)，而在程式中的自動變數將會使用程式所配置到的記憶體空間裡的Stack區段，依後進先出(Last-In First Out，LIFO)的順序加以管理 — 依變數宣告的順序配置Stack區段的空間，並以相反的順序從Stack中移除。自動變數的生命週期限於其所位於的程式區塊中，例如上述程式foo函式由{開始至}結束的範圍就稱為一個程式區塊(block)。我們也可以在程式中視需要建立巢狀的程式區塊，例如：

```
int main()
{
   int i,j;
   scanf(" %d", &i);
   scanf(" %d", &j);
   {
      int x;
```

```
      x=2*i;
      if(j>x)
         j=x;
   }
}
```

在這個例子中main()函式因為某些原因，暫時地需要一個變數x以進行相關的計算，因此，我們將需要x的地方標記為一個程式區塊，這樣一來，在這個區塊之外，就不存在x這個變數。若沒有了區塊，變數x將持續存在於記憶體內，直到main()函式結束為止。

14.2 靜態儲存

用static的方式修飾變數的宣告，還是由編譯器配置其所需的記憶體空間，但是是放在不同於自動變數所在的Stack區段，且其生命週期橫跨整個程式的範圍，例如：

```
static int counter = 0;
```

14.3 動態儲存

動態儲存是以new來配置記憶體空間，並以delete來將空間刪除(事實上，記憶體空間不會被刪除的，只會被釋放並回收)，往往是搭配指標使用。

14.3.1 指標與動態記憶體管理

通常，我們都是用類似下面的程式碼的方式，在使用指標：

```
int *p;
int x;

p=&x;
```

在<nowiki>C++</nowiki>中，提供一個新的方式：

```
int *p;

p = new int;

或是

int *p = new int;
```

用這種方式，直接取得在記憶體中的一塊位置，而不需要另外宣告一個整數。同樣的，當你不再需要這塊位置時，可以delete將其刪除(意即，還給系統)。

```
int *p = new int;

delete p;
```

14.3.2 動態陣列

我們可以透過new與delete來動態地建立與刪除(或者說回收)陣列。請參考下面的例子：

```
int *p = new int [10]; // 動態配置產生一塊存放10個整數的陣列空間，並讓p指向它。

p[0]=3;
p[1]=2;

delete [] p;            // 不再使用時將其刪除
```

14.3.3 動態結構體

我們也可以透過new與delete來動態地建立與刪除(或者說回收)結構體。請參考下面的例子：

```
typedef struct
{
   int x, y;
} Point;

Point *p = new Point;
```

但是要注意的是，透過指向結構體的指標來存取其內部的資料欄位時，必須要使用->，而不是使用.；或是使用間接存取的方式，先取得指標所指向的結構體，然後就可以使用 . 來存取，例如：

```
p->x=5;    // 透過指標，使用 -> 存取欄位
(*p).y=6; // 先間接取得"值"以後，再存取欄位
```

當不再使用該結構體時，也可以使用delete來刪除指標所指向的結構體:

```
delete p;
```

或是

```
struct point
{
   int x, y;
};

point *p = new point;
p->x=5;
(*p).y=6;

delete p;
```

14.3.4 動態結構體陣列

下面的程式範例，宣告並動態配置了結構體的陣列：

```
#include <iostream>
using namespace std;

struct point
{
  int x, y;
};

int main()
{
  point *pdata = new point [10];

  for(int i=0;i<10;i++)
  {
    pdata[i].x=pdata[i].y=i;
  }

  cout << "pdata[0].x = " << pdata[0].x << endl;
  cout << "pdata[0].x = (*pdata).x = " << (*pdata).x << endl;
  cout << "pdata[2].x = " << pdata[2].x << endl;

//  pdata++;
  cout << "(pdata+2)->x = " << (pdata+2)->x << endl;
  cout << "(*(point *)(pdata+3)).x = " << (*(point *)(pdata+3)).x << endl;
  cout << "(*pdata).x = " << (*pdata).x << endl;
```

```
  delete [] pdata;
  return 0;
}
```

再看看下面這個二維結構體陣列的例子：

```
#include <iostream>
using namespace std;

#define ROW 3
#define COL 2

struct point
{
  int x, y;
};

int main()
{
 // 宣告並動態配置一個二維的point陣列
  // declare a two dimensional array of points
  // , i.e., point[ROW][COL].
  // by using an array of pointers to arrays.
  // It has been newed in a loop.

  point **p2d = new point *[ROW];

  for(int i=0;i<ROW;i++)
  {
    p2d[i]=new point [COL];
    for(int j=0;j<COL;j++)
    {
      p2d[i][j].x = p2d[i][j].y = (i+1)*(j+1);
    }
  }

  cout << "p2d[i][j]=" << endl;
  cout << "i\\j|\t0  |\t1  |" << endl;
  cout << "---+-------+-------+" << endl;
  for(int i=0;i<ROW;i++)
  {
    cout << " " << i << " | ";
    for(int j=0;j<COL;j++)
      cout << "(" << p2d[i][j].x << "," << p2d[i][j].y << ") | ";
    cout << endl;
  }
```

```
  cout << endl;
  cout << "p2d[0][0].x = (*p2d)[0].x = " << (*p2d)[0].x << endl;
  cout << "p2d[0][1].x = (*p2d)[1].x = " << (*p2d)[1].x << endl;
  cout << "p2d[2][0].x = (*(p2d+2))[0].x = " << (*(p2d+2))[0].x << endl;

  cout << endl;
  cout << "p2d[2][0].x = (*(p2d+2))->x = " << (*(p2d+2))->x  << endl;
  cout << "p2d[2][1].x = ((*(p2d+2))+1)->x = " << ((*(p2d+2))+1)->x << endl;

  for(int i=0;i<ROW;i++)
    delete [] p2d[i];
  delete [] p2d;

  return 0;
}
```

其執行結果如下：

```
[11:57 user@ws ch13]$ ./a.out
p2d[i][j]=
ij|    0  |    1  |
---+-------+-------+
 0 | (1,1) | (2,2) |
 1 | (2,2) | (4,4) |
 2 | (3,3) | (6,6) |

p2d[0][0].x = (*p2d)[0].x = 1
p2d[0][1].x = (*p2d)[1].x = 2
p2d[2][0].x = (*(p2d+2))[0].x = 3

p2d[2][0].x = (*(p2d+2))->x = 3
p2d[2][1].x = ((*(p2d+2))+1)->x = 6
[11:57 user@ws ch13]$
```

14.3.5 動態字串

你也可以使用new及delete來動態地建立與回收字串所需的記憶體空間，請參考下面這個程式:

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include <cstring>

char * getUserName(void);

int main()
{
  char *name;
```

```
  name=getUserName();
  cout << "Hello, " << name << "!\n";
  delete [] name;

  return 0;
}

char * getUserName()
{
  char temp[80];
  cout << "Enter your name: ";
  cin.getline(temp, 80);
//  cin >> temp;

  char *pName = new char[ strlen(temp) + 1];
  strcpy(pName, temp);

  return pName;
}
```

14.4 緒儲存

緒儲存主要是應用在多執行緒(multithreading)程式設計中，我們在此暫不加以說明。