

Υπερφόρτωση τελεστών

#6

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων (Άρτα)

Γκόγκος Χρήστος

Τελεστές

- Υπάρχουν πολλοί διαθέσιμοι τελεστές (+, -, *, /, ==, !=, <<, >>) που λειτουργούν με τους ενσωματωμένους τύπους (π.χ. `int`, `double`).
- Μπορούμε να φανταστούμε ότι οι τελεστές αυτοί υλοποιούνται με κλήσεις συναρτήσεων που γίνονται αυτόματα από τη C++:
 - Για παράδειγμα, η εντολή:

```
int x = 1 + 2;
```
 - Μπορεί να αντικατασταθεί αυτόματα από μια κλήση συνάρτησης όπως η ακόλουθη:

```
int x = operator+(1,2);
```
 - Με το ακόλουθο πρωτότυπο:

```
int operator+(int p1, int p2); /* επιστρέφει το άθροισμα των  
                                p1 και p2 */
```

Τελεστές

- Ένα ακόμα παράδειγμα:

```
double var = 1.1;  
double x = 4.3 * 2.1 - var;
```

- Θα μπορούσε να αντικατασταθεί αυτόματα από τις εξής κλήσεις συναρτήσεων:

```
double x = operator-(operator*(4.3, 2.1), var);
```

- Με τα ακόλουθα πρωτότυπα:

```
double operator*(double p1, double p2);  
double operator-(double p1, double p2);
```

- Η C++ υποστηρίζει την υπερφόρτωση τελεστών που επιτρέπει σε γνώριμους τελεστές, όπως το +, να χρησιμοποιούνται με τύπους ορισμένους από τον χρήστη (όπως είναι τα αντικείμενα).

Παράδειγμα κίνητρο

- Παράδειγμα 1

- Παρατηρήστε τη χρήση των αριθμητικών τελεστών στο ακόλουθο παράδειγμα:

```
int x = 3, y = 6, z;  
float a=3.4, b = 2.1, c;  
z = x + y;  
c = a / b;
```

- Έστω ότι επιθυμούμε να πραγματοποιούμε πράξεις με αντικείμενα Fraction με τον ίδιο γνώριμο τρόπο:

```
1/2 + 3/4;  
2/3 - 1/3;
```

- Θα μπορούσαμε να το πετύχουμε αυτό χρησιμοποιώντας την κλάση Fraction ως εξής;

```
Fraction f1(1,2), f2(3,4), f3;  
f3 = f1 + f2; /* θα το δεχθεί ο μεταγλωττιστής; */
```

- Θα πρέπει να είναι σαφές ότι το παραπάνω δεν έχει νόημα για τον μεταγλωττιστή απευθείας. Το Fraction είναι ένας τύπος που έχει οριστεί από τον χρήστη. Πώς θα μπορούσε να γνωρίζει ο υπολογιστής περί κοινών παρονομαστών κ.λπ.;
 - Ωστόσο, θα ήταν καλό να μπορούσαμε να χρησιμοποιούμε τα αντικείμενα Fraction με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούμε και τους άλλους αριθμητικούς τύπους (όπως το int και το double).

Παράδειγμα κίνητρο

- Παράδειγμα 2:

- Θεωρείστε την έξοδο του ακόλουθου κώδικα που γνωρίζουμε ότι είναι έγκυρη:

```
int x = 5;  
cout << x;
```

- Τι θα συμβεί όμως στην ακόλουθη περίπτωση;

```
Fraction f(3,4);  
cout << "The fraction f = " << f << endl;
```

- Πάλι, θα πρέπει να είναι σαφές ότι ο μεταγλωττιστής δεν θα μπορούσε να γνωρίζει πως το αντικείμενο Fraction θα έπρεπε να εμφανίζεται στην οθόνη.
- Μπορούμε να χρησιμοποιούμε υπερφόρτωση τελεστών για να παρέχουμε μια συνάρτηση που υλοποιεί την επιθυμητή συμπεριφορά για μια λειτουργία όπως η παραπάνω.

Υπερφόρτωση τελεστών (σύνταξη)

- Η υπερφόρτωση ενός τελεστή είναι απλά μια συνάρτηση. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να έχει τύπο επιστροφής, όνομα και λίστα παραμέτρων.
- Το όνομα της συνάρτησης υπερφόρτωσης ενός τελεστή είναι η σύνθεση της λέξης **operator** και του συμβόλου του τελεστή, για παράδειγμα:
operator+, operator++, operator<<, operator==, κ.λπ.
- Άρα, η δήλωση της υπερφόρτωσης ενός τελεστή είναι παρόμοια με μια συνάρτηση με τη λέξη operator να αποτελεί τμήμα του ονόματος της συνάρτησης:
τύποςΕπιστροφής operatorΣύμβολοΤελεστή(λίστα παραμέτρων);
- Παράδειγμα:
 - Η κλάση string έχει υπερφορτωμένο τον τελεστή << έτσι ώστε να μπορεί να παράγει έξοδο λεκτικών χρησιμοποιώντας το cout. Ο μεταγλωττιστής θα καλεί αυτόματα τη συνάρτηση operator<<() όταν χρησιμοποιούμε τον τελεστή << ή θα μπορούμε να καλούμε τη συνάρτηση ρητά.
- Δείτε το example1.cpp

Λεπτομέρειες σχετικά με την υπερφόρτωση τελεστών (1/2)

- Η υπερφόρτωση τελεστών έχει τους ακόλουθους περιορισμούς:
 - Η υπερφόρτωση ενός τελεστή δεν αλλάζει την προτεραιότητά του.
 - $a + b * c$ θα είναι πάντα ισοδύναμο με $a + (b * c)$
 - Η υπερφόρτωση ενός τελεστή δεν αλλάζει την προσεταιριστικότητά του.
 - $a + b + c$ θα είναι πάντα ισοδύναμο με $(a + b) + c$
 - Η υπερφόρτωση ενός τελεστή δεν μπορεί να αλλάξει την πληθικότητα του (δηλαδή, τον αριθμό των τελεστών του)
 - Η συνάρτηση που πραγματοποιεί το $a+b$ θα έχει πάντα 2 παραμέτρους, δεν γίνεται να γίνει η πράξη $a+b+c$ στη συνάρτηση.
 - Δεν είναι δυνατόν να κατασκευαστούν νέοι τελεστές, μόνο νέες εκδόσεις των ήδη υπαρχόντων.
 - Η λειτουργία των τελεστών για τους ενσωματωμένους τύπους δεν αλλάζει.

Λεπτομέρειες σχετικά με την υπερφόρτωση τελεστών (2/2)

- Ορισμένοι τελεστές μπορούν να γραφούν ως συναρτήσεις μέλη μιας κλάσης.
- Ορισμένοι τελεστές μπορούν να γραφούν ως απλές συναρτήσεις, εκτός κλάσης.
 - Συχνά χρησιμοποιείται η δεσμευμένη λέξη friend σε αυτές τις περιπτώσεις.
- Ορισμένοι τελεστές μπορούν να γραφούν και με τους δύο τρόπους και είναι επιλογή του προγραμματιστή.
- Ένας δυαδικός τελεστής έχει δύο ορίσματα (π.χ. $f1+f2$).
 - Αν γραφεί ως απλή συνάρτηση (που δεν είναι συνάρτηση μέλος της κλάσης), και οι δύο τελεστέοι θα πρέπει να στέλνονται ως παράμετροι, άρα θα πρόκειται για μια συνάρτηση με δύο παραμέτρους.
 - Αν γραφεί ως συνάρτηση μέλος της κλάσης, ο πρώτος τελεστέος θα είναι το καλών αντικείμενο, και ο άλλος τελεστέος θα στέλνεται ως παράμετρος, άρα θα πρόκειται για συνάρτηση με μια παράμετρο.
- Ένας μοναδιαίος τελεστής έχει ένα τελεστέο (π.χ. $f++$).
 - Αν γραφεί ως απλή συνάρτηση (που δεν είναι συνάρτηση μέλος της κλάσης), ο τελεστέος θα στέλνεται ως παράμετρος.
 - Αν γραφεί ως συνάρτηση μέλος της κλάσης, η συνάρτηση δεν θα δέχεται παράμετρο καθώς θα επενεργεί στο καλών αντικείμενο.

Υπερφόρτωση αριθμητικών τελεστών (1/3)

- Επίδειξη της πρόσθεσης κλασμάτων υπεφορτώνοντας τον τελεστή +.

- Επιθυμούμε να επιτύχουμε το:

```
Fraction f1, f2(1,2), f3(3,4);  
f1 = f2 + f3;
```

- Η δεύτερη σειρά του παραπάνω κώδικα μεταφράζεται σε:

```
f1 = f2.operator+(f3); // υπερφόρτωση συνάρτησης μέλους
```

ή

```
f1 = operator+(f2,f3); // υπερφόρτωση απλής συνάρτησης
```

Υπερφόρτωση αριθμητικών τελεστών (2/3)

- Υπερφόρτωση του + **με συνάρτηση μέλος**. Θα πρέπει να προσθέσουμε την ακόλουθη συνάρτηση στη δήλωση της κλάσης Fraction:

```
Fraction operator+(const Fraction& f) const;
```

- Η δήλωση (υλοποίηση) της συνάρτησης μέλους θα είναι:

```
Fraction Fraction::operator+(const Fraction& f) const {  
    Fraction r;  
    r.numerator = (numerator * f.denominator)  
                  + (f.numerator * denominator);  
    r.denominator = (denominator * f.denominator);  
    return r;  
}
```

Υπερφόρτωση αριθμητικών τελεστών (3/3)

- Υπερφόρτωση του + **με απλή συνάρτηση**. Θα πρέπει να ορίσουμε της συνάρτηση ως φίλη της κλάσης Fraction έτσι ώστε να επιτραπεί η πρόσβαση στα ιδιωτικά μέλη της κλάσης:

```
friend Fraction operator+(const Fraction &f1, const Fraction &f2);
```

- Η δήλωση (υλοποίηση) της συνάρτησης:

```
Fraction operator+(const Fraction &f1, const Fraction &f2) {  
    Fraction r;  
    r.numerator = (f1.numerator * f2.denominator) + (f2.numerator * f1.denominator);  
    r.denominator = f1.denominator * f2.denominator;  
    return r;  
}
```

https://github.com/chgogos/oop/tree/master/various/COP3330/lect6/fraction_alone_overload

Υπερφόρτωση συγκριτικών τελεστών

- Οι συγκριτικοί τελεστές, επίσης, μπορούν να υπερφορτωθούν είτε μέσω απλών συναρτήσεων είτε μέσω συναρτήσεων μελών.

- Η συνάρτηση Equals είχε γραφεί ως εξής:

```
friend bool Equals(const Fraction &x, const Fraction &y);
```

- Η συνάρτηση αυτή μπορεί να γραφεί υπερφορτώνοντας τον τελεστή ==

```
friend bool operator==(const Fraction &f1, const Fraction &f2);
```

- Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κλήσεις των συναρτήσεων για κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις:

```
Fraction f1, f2;  
if (Equals(f1,f2)) cout << "Equals";
```

vs.

```
Fraction f1, f2;  
if (f1==f2) cout << "Equals";
```

Υπερφόρτωση συγκριτικών τελεστών

- Για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλοι οι συγκριτικοί τελεστές, θα χρειαστεί να υπερφορτώσουμε και τους 6:
 - `operator==`
 - `operator!=`
 - `operator<`
 - `operator>`
 - `operator<=`
 - `operator>=`
- Εναλλακτικά μπορούν να υπερφορτωθούν μόνο οι `operator==` και `operator<` και να συμπληρωθεί:

```
#include <utility>
using namespace std::rel_ops;
```

Υπερφόρτωση τελεστών stream (1/4)

- Ο τελεστής << (stream insertion=εισαγωγή ροής) και ο τελεστής >> (stream extraction=εξαγωγή ροής) δεν λειτουργούν αυτόματα για αντικείμενα νέων κλάσεων.
- Θα πρέπει να προστεθούν οι συναρτήσεις που πραγματοποιούν υπερφόρτωση των συγκεκριμένων τελεστών εφόσον επιθυμούμε αυτή τη λειτουργικότητα για τις κλάσεις που αναπτύσσουμε.
- Για παράδειγμα:
 - Στην κλάση string ο τελεστής << είναι υπερφορτωμένος ως εξής:
`ostream& operator<<(ostream &os, const string& s);`
 - Ωστόσο, τίθενται ορισμένα ερωτήματα:
 - Γιατί η πρώτη παράμετρος είναι ostream&;
 - Γιατί η πρώτη παράμετρος δεν είναι const;
 - Γιατί η συνάρτηση επιστρέφει ένα ostream&, δεν θα έπρεπε να είναι void;
 - Η υπερφορτωμένη συνάρτηση είναι απλή συνάρτηση, θα μπορούσε να είναι συνάρτηση μέλος;

Υπερφόρτωση τελεστών stream (2/4)

- Γιατί η πρώτη παράμετρος είναι ostream&?
 - Το cout είναι ένα αντικείμενο τύπου ostream. Καθώς η κλήση έχει τη μορφή cout << str, η πρώτη παράμετρος στην υπερφόρτωση είναι η cout και η δεύτερη η str.
- Γιατί η πρώτη παράμετρος δεν είναι const;
 - Το cout αναπαριστά την έξοδο στην οθόνη του Η/Υ. Αλλάζοντας την έξοδο στην οθόνη σημαίνει ότι η cout θα πρέπει να μπορεί να αλλάξει, άρα δεν μπορεί να είναι const.
- Γιατί η συνάρτηση επιστρέφει ένα ostream&, δεν θα έπρεπε να είναι void;
 - Αυτό συμβαίνει έτσι ώστε να μπορούν να υποστηριχθούν διαδοχικές κλήσεις (cascading calls). Για παράδειγμα:
 - cout << s1 << s2 << s3; ➔ operator<<(cout, s1) << s2 << s3; ➔ cout << s2 << s3; ➔ operator<<(cout, c2) << s3; ➔ cout << s3; ➔ operator<<(cout, s3) ➔ cout; ➔ ;

Υπερφόρτωση τελεστών stream (3/4)

- Η υπερφορτωμένη συνάρτηση είναι απλή συνάρτηση, θα μπορούσε να είναι συνάρτηση μέλος;
 - Όχι, διότι η πρώτη παράμετρος είναι τύπου ostream, το καλόν αντικείμενο θα έπρεπε να είναι ostream (συνεπώς η υπερφορτωμένη συνάρτηση θα έπρεπε να ήταν συνάρτηση μέλος της κλάσης ostream). Καθώς η κλάση ostream δεν έχει αναπτυχθεί από εμάς αλλά αποτελεί τμήμα της τυπικής βιβλιοθήκης της γλώσσας, αυτό δεν μπορεί να γίνει.

Υπερφόρτωση τελεστών stream (4/4)

- Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα prototypes για την υπερφόρτωση των τελεστών εισαγωγής και εξαγωγής στην κλάση Fraction.

```
friend ostream& operator<<(ostream& os, const Fraction& f);  
friend istream& operator>>(istream& is, Fraction& f);
```

- Και μια πιθανή υλοποίησή τους:

```
ostream &operator<<(ostream &os, const Fraction &f) {  
    os << f.numerator << '/' << f.denominator;  
    return os;  
}  
istream &operator>>(istream &is, Fraction &f) {  
    char slash;  
    is >> f.numerator >> slash >> f.denominator;  
    return is;  
}
```

- Εκτελέστε το main2.cpp.

Ερωτήσεις σύνοψης

- Τι είναι η υπερφόρτωση τελεστών;
- Πως μπορεί να γίνει η υπερφόρτωση του τελεστή << σε μια κλάση που αναπτύσσουμε;
- Αναφέρατε τρεις περιορισμούς της υπερφόρτωσης τελεστών.
- Αναφέρατε δύο πιθανούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να γίνει η υπερφόρτωση του τελεστή +.

Αναφορές

- <http://www.cs.fsu.edu/~xyuan/cop3330/>