

Εξαιρέσεις

#18

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (Άρτα)

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Γκόγκος Χρήστος

Χειρισμός εξαιρέσεων στη C++

- Εξαίρεση (exception): ένα λάθος ή μια προβληματική κατάσταση
 - π.χ. διαίρεση με το μηδέν, πρόσβαση σε NULL δείκτη, ...
- Χειρισμός εξαιρέσεων (exception handling): αφορά την αντιμετώπιση του λάθους ή της προβληματικής κατάστασης.
 - Η C++ έχει ενσωματωμένους μηχανισμούς για χειρισμό εξαιρέσεων.
 - Αν δεν χρησιμοποιηθεί ο ενσωματωμένος στη γλώσσα μηχανισμός χειρισμού εξαιρέσεων, τα λάθη και οι προβληματικές καταστάσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν με προσθήκη ελέγχων (ifs) μέσα στον κώδικα.

<https://github.com/chgogos/oop/blob/master/variou/COP3330/lect18/sample1.cpp>

<https://github.com/chgogos/oop/blob/master/variou/COP3330/lect18/sample2.cpp>

Γιατί να χρησιμοποιήσει κανείς χειρισμό εξαιρέσεων;

- Ο έλεγχος λαθών με χρήση εντολών `if` αναμειγνύει το χειρισμό λαθών με τον κώδικα που επιτελεί το κύριο έργο του προγράμματος.
- Πολλά από τα πιθανά λάθη συμβαίνουν πολύ σπάνια.
 - Ο κώδικας χειρισμού αυτών των σπάνιων περιπτώσεων δεν θα πρέπει να αναμειγνύεται με την κύρια λογική του προγράμματος καθώς η κατανόηση και η αποσφαλμάτωση του κώδικα καθίστανται δύσκολες.
- Με το χειρισμό εξαιρέσεων ο κώδικας που χειρίζεται τις εξαιρέσεις τοποθετείται ξεχωριστά από την κύρια λογική του προγράμματος και έτσι βελτιώνεται η αναγνωσιμότητα του κώδικα.
- Ο χειρισμός εξαιρέσεων, συχνά βελτιώνει και την ανοχή σε σφάλματα (fault tolerance) του προγράμματος καθώς αποτελεί ένα συστηματικότερο τρόπο για το χειρισμό λαθών.

Πότε πρέπει να χρησιμοποιείται ο χειρισμός εξαιρέσεων;

- Ο χειρισμός εξαιρέσεων δεν αποτελεί πάντα τον πλέον κατάλληλο τρόπο για το χειρισμό λαθών.
 - Π.χ. ο παραδοσιακός τρόπος (με χρήση ifs) είναι καλύτερος για έλεγχο εισόδου.
- Πότε ο χειρισμός εξαιρέσεων αποτελεί καλύτερη λύση;
 - Χειρισμός προβλημάτων που συμβαίνουν σπάνια.
 - Χειρισμός προβλημάτων που ο χειρισμός τους δεν αφορά ένα μόνο μπλοκ κώδικα.
 - Όταν πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια ομοιόμορφη τεχνική χειρισμού λαθών από πολλούς προγραμματιστές που ο καθένας εργάζεται στο δικό του τμήμα κώδικα.

Ο χειρισμός εξαιρέσεων στη C++

- Τα μπλοκς try-throw-catch

```
try
{
... κώδικας που πρέπει να ελεγχθεί για εξαιρέσεις
... πιθανές προκλήσεις εξαιρέσεων (throw exceptions)
}
catch (type1 catch_parameter_1)
{... κώδικας χειρισμού εξαίρεσης τύπου type1}
catch (type2 catch_parameter_2)
{... κώδικας χειρισμού εξαίρεσης τύπου type2}
```

Το μπλοκ try

- Συντακτικό:

```
try  
{  
... η κύρια λογική, πιθανά προκαλεί εξαιρέσεις (throw exceptions)  
}
```

- Περιέχει τον κώδικα που πρόκειται να εκτελεστεί όταν η εκτέλεση θα πραγματοποιηθεί χωρίς προβλήματα
 - Ωστόσο, ο κώδικας μπορεί να προκαλέσει εξαιρέσεις, άρα θα πρέπει να πραγματοποιηθεί «δοκιμαστική» λειτουργία (try).
 - Αν κάτι μη συνηθισμένο συμβεί, αυτό υποδηλώνεται με την πρόκληση μιας εξαίρεσης (throw exception).

Η εντολή throw

- Σύνταξη εντολής throw:
 - `throw exception_for_value_to_be_thrown;`
- Σημασία:
 - Υποδηλώνει ότι συνέβη μια εξαίρεση.
 - Αν μια εντολή throw εκτελεστεί, το μπλοκ try αυτόματα τερματίζει.
 - Το πρόγραμμα προσπαθεί να ταιριάξει την εξαίρεση με κάποιο από τα catch μπλοκς που ακολουθούν το try μπλοκ (που περιέχουν τον κώδικα χειρισμού της κάθε εξαίρεσης).
 - Το ταιρίασμα γίνεται με βάση τον τύπο της τιμής που γίνεται throw.
 - Αν βρεθεί κάποιο ταιρίασμα, εκτελείται ο κώδικας στο catch μπλοκ του.
 - Μόνο ένα catch μπλοκ μπορεί να ταιριάξει το πολύ.
 - Το πρόγραμμα συνεχίζει την εκτέλεσή του με τον κώδικα μετά το τελευταίο catch μπλοκ.
- Τόσο η τιμή της εξαίρεσης όσο και η ροή ελέγχου μεταβιβάζονται (γίνονται throw) στο catch μπλοκ που αποτελεί το χειριστή της εξαίρεσης.

Το catch μπλοκς

- Ένα ή περισσότερα catch μπλοκς ακολουθούν το try μπλοκ.
- Κάθε catch μπλοκ έχει έναν τύπο παραμέτρου.
- Κάθε catch μπλοκ είναι ένας χειριστής εξαιρέσεων (που χειρίζεται εξαιρέσεις ενός τύπου).
- `catch (type catch_block_parameter)`
`{ ... κώδικας χειρισμού εξαίρεσης }`
- Η `catch_block_parameter` συλλαμβάνει (catches) την τιμή της εξαίρεσης που προκαλείται και η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον κώδικα χειρισμού της εξαίρεσης.
- Η εξαίρεση που προκαλείται ταιριάζει με μια από τις παραμέτρους των catch μπλοκς.
 - Αν αυτό δεν συμβεί τότε έχουμε την κατάσταση στην οποία δεν γίνεται catch μια εξαίρεση (un-caught exception).

Σύνοψη του `try-throw-catch`

- Σε κανονικές συνθήκες (δηλαδή στο συνηθέστερο σενάριο) εκτελείται το `try` μπλοκ και στη συνέχεια ο κώδικας μετά το τελευταίο `catch` μπλοκ.
- Αν το `try` μπλοκ προκαλέσει μια εξαίρεση (δηλαδή εκτελεστεί μια εντολή `throw`) τότε:
 - Το `try` μπλοκ σταματά αμέσως μετά την εντολή `throw`.
 - Ο κώδικας στο `catch` μπλοκ ξεκινά να εκτελείται με τη `throw` τιμή να περνά ως παράμετρος του κατάλληλου `catch` μπλοκ.
 - Όταν ολοκληρώσει την εκτέλεση του το `catch` μπλοκ, εκτελείται ο κώδικας μετά το `catch` μπλοκ.
- Αν προκληθεί μια εξαίρεση (γίνει `throw`) αλλά δεν ταιριάζει με κάποιο από τα διαθέσιμα `catch` μπλοκς τότε η συνάρτηση τερματίζει.
<https://github.com/chgogos/oop/blob/master/variuous/COP3330/lect18/sample3.cpp>
<https://github.com/chgogos/oop/blob/master/variuous/COP3330/lect18/sample4.cpp>

Πολλαπλά `throws` και `catches`

- Κάθε `catch` μπλοκ χειρίζεται έναν τύπο εξαίρεσης.
- Μπορεί να χρειαστούμε πολλά `catch` μπλοκς.
- Όταν η τιμή που γίνεται `throw` δεν είναι σημαντική για το χειρισμό της εξαίρεσης, τότε το όνομα της παραμέτρου στο `catch` μπλοκ μπορεί να παραληφθεί.
 - Π.χ. `catch(int) {...}`
- Το `catch(...)` συλλαμβάνει οποιαδήποτε εξαίρεση, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ο προκαθορισμός χειριστής εξαιρέσεων.
- Το `catch(...)` τοποθετείται ως τελευταίο `catch` μπλοκ.

<https://github.com/chgogos/oop/blob/master/variuous/COP3330/lect18/sample5.cpp>

Κλάσεις εξαιρέσεων

- Συχνά ορίζονται κλάσεις με σκοπό το χειρισμό εξαιρέσεων.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε για κάθε κλάση εξαίρεσης να υπάρχει διαφορετική κλάση.
- Οι κλάσεις εξαιρέσεων είναι κανονικές κλάσεις που απλά χρησιμοποιούνται με σκοπό το χειρισμό εξαιρέσεων.

<https://github.com/chgogos/oop/blob/master/variuous/COP3330/lect18/sample6.cpp>

Οι ενσωματωμένες κλάσεις εξαιρέσεων του προτύπου της C++

- Στην C++ υπάρχει η standard βιβλιοθήκη που περιλαμβάνει ορισμένες προκαθορισμένες κλάσεις εξαιρέσεων.
- Η βασική κλάση είναι η `exception` και βρίσκεται στο αρχείο επικεφαλίδας `exception`:
 - `#include <exception>`
`using std::exception;`
- Ο προγραμματιστής μπορεί να ορίσει δικές του κλάσεις εξαιρέσεων που να κληρονομούν από την κλάση `std::exception`.

<https://github.com/chgogos/oop/blob/master/variuous/COP3330/lect18/sample7.cpp>

Παράγωγες κλάσεις εξαιρέσεων της `std::exception`

- Ορισμένες παράγωγες κλάσεις της `std::exception` είναι:
 - `bad_alloc` → προκαλείται από το `new` όταν δημιουργείται πρόβλημα κατά τη δέσμευση μνήμης.
 - `bad_cast` → προκαλείται σε περίπτωση αποτυχίας του `dynamic_cast`.
 - `logic_error` → σφάλμα σχετιζόμενο με την εσωτερική λογική του κώδικα.
 - `out_of_range` → σφάλμα εκτός περιοχής.
 - `invalid_argument` → μη έγκυρο όρισμα.
 - `runtime_error` → σφάλμα κατά το χρόνο εκτέλεσης.
 - `domain_error` → σφάλμα που υποδηλώνει ότι χρησιμοποιήθηκε μια τιμή εκτός του εύρους αποδεκτών τιμών.
- `#include <stdexcept>`

Πρόκληση μιας εξαίρεσης μέσα από μια συνάρτηση

- Μέχρι τώρα, οι εξαιρέσεις προκαλούνται (γίνονται `throw`) και συλλαμβάνονται (γίνονται `catch`) στο ίδιο επίπεδο κώδικα.
- Στην πράξη, τα προγράμματα χωρίζονται σε τμήματα με τη χρήση συναρτήσεων.
- Οι συναρτήσεις μπορεί να χρειάζεται να προκαλέσουν εξαιρέσεις που θα συλλαμβάνονται σε άλλες συναρτήσεις.

<https://github.com/chgogos/oop/blob/master/variou/COP3330/lect18/sample8.cpp>

noexcept και throw()

- Στη δήλωση μιας συνάρτησης μπορεί να προσδιοριστεί ότι ο συγκεκριμένος κώδικας δεν προκαλεί εξαιρέσεις. Αυτό γίνεται με τη δεσμευμένη λέξη `noexcept`.
- Αν μια συνάρτηση έχει δηλωθεί ως `noexcept` και προκαλεί εξαίρεση ή καλεί άλλη συνάρτηση που μπορεί να προκαλέσει εξαίρεση τότε δημιουργείται σφάλμα και καλείται η `std::terminate`.
- Το `noexcept` είναι ισοδύναμο με το `noexcept(true)` και με το `throw()`.
- Το `noexcept(false)` σηματοδοτεί ότι ο κώδικας μπορεί να προκαλέσει εξαιρέσεις και η προκαθορισμένη συμπεριφορά του είναι να μεταδώσει την εξαίρεση ένα επίπεδο παραπάνω (`propagate`), δηλαδή στη συνάρτηση που κάλεσε τον κώδικα που προκάλεσε την εξαίρεση.

<https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect18/sample9.cpp>

Κόστος εξαιρέσεων

- Οι εξαιρέσεις όταν συμβαίνουν είναι κατά πολύ περισσότερο χρονοβόρες σε σχέση με τους απλούς ελέγχους `if`.
- Συνεπώς, ή χρήση τους συνίσταται όταν η συνάρτηση από μόνη της δεν μπορεί να χειριστεί το συμβάν ή δεν είναι σχεδιαστικά σωστό να το κάνει καθώς η συγκεκριμένη αρμοδιότητα μπορεί να ανήκει σε κάποια άλλη κλάση.

Ερωτήσεις σύνοψης

- Τι είναι και πως λειτουργούν τα `try-throw-catch` μπλοκς;
- Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα των εξαιρέσεων;
- Τι μπορεί να γίνει `throw` σε έναν κώδικα;
- Ποιος είναι ο ρόλος του `catch(...)`, σε ποια θέση τοποθετείται και γιατί;
- Τι είναι η κλάση `std::exception`;
- Τι συμβαίνει αν μια εξαίρεση δεν συλλαμβάνεται (γίνεται `catch`);
- Ποιος είναι ο ρόλος της δεσμευμένης λέξης `noexcept`;
- Ποιος είναι ο ρόλος της εξαίρεσης `logic_error` ποιος της εξαίρεσης `runtime_error`;

Αναφορές

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