

משתני רפרנס - reference variables

רפרנסים לעומת פוינטרים

בשפת C, כשרצינו לקבל כתובת של משתנה (למשל כדי לשלוח לפונקציה שתוכל גם לשנות אותו), הגדרנו **פוינטר** למשתנה, למשל:

```
int num; int* pnum = &num;
```

כדי להשתמש בפוינטר, צריך להקדים לו כוכבית, למשל:

```
(*pnum) = 5;
```

ואם המשתנה הוא עצם או struct, צריך להשתמש בחץ, למשל:

```
Point location; Point* plocation = &location;
```

```
plocation->x = 5; // equivalent to (*plocation).x = 5;
```

בשפת C++ יש דרך נוספת לקבל כתובת של משתנה - להגדיר **רפרנס** (reference):

```
int& rnum = num;
```

זה מאד דומה, רק שהפעם, אפשר לגשת למשתנה בלי כוכבית, למשל:

```
rnum = 5;
```

ובלי חץ, למשל:

```
Point& rlocation = location; rlocation.x = 5;
```

חוץ מצורת הגישה, ישנם שני הבדלים עיקריים בין פוינטר לרפרנס:

- אפשר ליצור פוינטר בלי לאתחל אותו (או לאתחל ל-`nullptr`), אבל כשיוצרים רפרנס - חייבים לאתחל אותו מייד למשתנה. זה אמור לצמצם את הסיכוי לשגיאות - כשיש לנו רפרנס, אנחנו יכולים להיות בטוחים שיש שם עצם ממשי ולא `null`.
- אפשר לשנות פוינטר לאחר יצירתו, למשל להוסיף לו 1 (ואז הוא יצביע למקום אחר בזיכרון). אבל אי אפשר לשנות רפרנס לאחר יצירתו. גם זה אמור לצמצם את הסיכוי לשגיאות - רפרנס תמיד מצביע לאותו מקום בזיכרון ולא יכול "לנדוד" למקומות לא רצויים.

ראו הדגמה בתיקיה 1.

השוואה לג'אבה

בג'אבה, כל המשתנים שהם עצמים (לא פרימיטיביים), הם כמעט כמו רפרנסים. הם מכילים כתובת של משתנה, אפשר לגשת אליהם כמו שניגשים למשתנה עצמו - בלי כוכבית ובלי חץ, ואי-אפשר "להזיז" אותם.

אבל בניגוד לרפרנסים, אפשר לאתחל אותם עם `null`.

שימושים

השימוש העיקרי של רפרנס הוא כשרוצים לכתוב פונקציות שמשנות את הארגומנטים שלהם.

לדוגמה, פונקציה כגון `swap` - שמחליפה בין הערכים שהיא מקבלת - צריך לכתוב עם רפרנסים. בסי היינו כותבים את הפונקציה עם פוינטרים, אבל זה פחות נוח כי הפונקציה הקוראת צריכה להפוך את הפרמטרים לפוינטרים, והפונקציה `swap` עצמה צריכה לגשת אליהם בצורה שניגשים לפוינטרים. רפרנסים מאפשרים להשיג אותה מטרה בצורה יותר פשוטה וקריאה.

"ערך שמאלי" ו"ערך ימני" - `lvalue`, `rvalue`

אחד המושגים שמופיעים הרבה בתיעוד של C++ ובהודעות-השגיאה של קומפיילרים הם: `lvalue`, `rvalue`.

- `lvalue` - מציין דבר שיש לו כתובת בזיכרון, דבר שמתקיים גם אחרי שהביטוי מסתיים. למשל: משתנה, רפרנס, כוכבית-פוינטר. הוא נקרא `lvalue` כי יש לו `location` וכי אפשר לשים אותו בצד השמאלי (`left`) של סימן `=`.
- `rvalue` - מציין דבר שלא ממשיך להתקיים אחרי שהביטוי מסתיים. למשל: מספר, מחרוזת קבועה, ביטוי מתמטי (`x+y`), קריאה לפונקציה (`f(123)`). הוא נקרא `rvalue` כי הוא יכול להופיע רק בצד הימני (`right`) של סימן `=`.

לדוגמה, אם כותבים ביטויים כמו:

```
7 = a;
```

```
x+y = a;
```

```
f() = a;
```

(כאשר `f` היא פונקציה שמחזירה `int`) מקבלים הודעת שגיאה: "expression must be a modifiable lvalue".

טוב, זה די צפוי, אבל הודעת-שגיאה עם `lvalue` יכול להופיע גם במקרים פחות צפויים. למשל:

```
int& refToInt = 5;
```

```
int& refToInt = x+y;
```

```
int& refToInt = f();
```

גם כאן נקבל הודעת שגיאה האומרת לנו שאי-אפשר לאתחל רפרנס עם דבר שהוא לא `lvalue`. למה? כי רפרנס אמור להצביע לעצם שאפשר לשנות אותו - הוא לא יכול להצביע למספר או לביטוי זמני.

יש מקרה אחד שבו אפשר להציב `rvalue` בתוך רפרנס - כאשר מגדירים את הרפרנס כקבוע - `const`. למשל הביטויים הבאים חוקיים:

```
const int& refToInt = 5;
```

```
const int& refToInt = x+y;
```

```
const int& refToInt = f();
```

כיוון שהדבר שמצביעים אליו מוגדר כ"קבוע", הקומפיילר ממילא לא ייתן לנו לשנות אותו, ולכן הרפרנס יכול להצביע גם לדבר שאין לו כתובת בזיכרון.

במקרה זה, הקומפיילר מאריך את אורך-החיים של המשתנה הזמני, כך שיישאר בזיכרון (בד"כ על המחסנית) למשך כל אורך החיים של הרפרנס.

למה צריך את זה? - השימוש העיקרי של `const reference` הוא כשרוצים להעביר ארגומנטים לפונקציות. זה שימושי במיוחד כשהארגומנט הוא אובייקט גדול. יש כמה דרכים להעביר אותו לפונקציה:

- אם מעבירים אותו כערך - הוא **מועתק** למשתנה זמני שמועבר לפונקציה. זה יכול להיות מאד בזבזני כשהמשתנה גדול.
- אם מעבירים אותו כרפרנס - הוא לא מועתק, רק הכתובת שלו מועתקת, **אבל**, הפונקציה יכולה לשנות את ערכו, וזה עלול לגרום שגיאות לוגיות.
- אם מעבירים אותו כרפרנס-קבוע (`& const`), רק הכתובת שלו מועתקת, ובנוסף, הקומפיילר מוודא שאי-אפשר לשנות את ערכו. יתרון נוסף הוא, שאפשר להעביר לפונקציה `rvalue` - למשל ערך זמני המגיע מקריאה לפונקציה קודמת.

החזרת רפרנסים מתוך פונקציות

ב++C אפשר לא רק להעביר רפרנסים כפרמטרים לפונקציות, אלא גם להחזיר רפרנסים מתוך פונקציות. ראו הדגמה בתיקיה 2.

למה זה טוב?

1. שיטה של מחלקה יכולה להחזיר רפרנס לשדה של המחלקה, כדי לאפשר לקוראים לשנות את המחלקה. לדוגמה, במחלקה המייצגת מערך של מספרים, יכולה להיות שיטה בשם `"get"` המקבלת אינדקס ומחזירה את המספר הנמצא באינדקס זה. בג'אבה, כדי לשנות את המספר הזה, היינו צריכים שיטה אחרת בשם `"put"`. ב++C, אפשר לשנות את השיטה `"get"` כך שתחזיר `&int` במקום `int`, כך נוכל להשתמש באותה שיטה לקריאה ולכתיבה.
2. כשכותבים שיטה שמשנה מחלקה, מקובל להחזיר רפרנס למחלקה עצמה, כדי שיהיה אפשר לקרוא לכמה שיטות-עדכון בשרשרת. ראו דוגמה בתיקיה 2.

מקורות

- מצגות של אופיר פלא ומירי בן-ניסן.
- <https://eli.thegreenplace.net/2011/12/15/understanding-lvalues-and-rvalues-in-c-and-c>

סיכום: אראל סגל-הלוי.