9 Müllabfuhr (garbage collection)

- Spezielle Literatur

jGuru: Fundamentals of RMI, Short Course.
http://developer.java.sun.com/developer/onlineTraining/rmi/RMI.html

Jones, R.; Lins, R.: Garbage Collection. John Wiley & Sons Ltd., 1996.

Plainfossé, D.; Shapiro, M.: A Survey of Distributed Garbage Collection Techniques. Int. Workshop on Memory Management, Kinross, Scotland (UK), Sept. 1995. http://www-sor.inria.fr/publi/SDGC_iwmm95.html

Tel, G.; Mattern, F.: The Derivation of Distributed Termination Detection Algorithms from Garbage Collection Schemes. ACM TOPLAS 15:1, January 1993, pp. 1-35. http://www.inf.ethz.ch/vs/publ/papers/distr_sim_dfg.pdf

Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9.2 Verteilte Müllabfuhr

Deutlich schwieriger wegen eventueller Prozessor- oder Verbindungsausfälle, die unbedingt behandelt werden müssen!

Z. B. mus ein Server Objekte, die nur von einem ausgefallenen Rechner aus referenziert werden, freigeben können.

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9.2.1 Präzisierung der Aufgabenstellung

1. Das zu betrachtende System besteht aus einer Menge O von Objekten (Instanzen).
2. Es gibt eine Menge $R \subseteq O$ von Wurzelobjekten.
3. Objekte können andere referenzieren; eine Referenz zu einem Objekt r wird als r-Referenz bezeichnet.
4. Referenzen können als Parameter von Methodenaufrufen oder -ergebnissen übermittelt (gesendet) werden.
5. Objekt r ist direkt erreichbar von q genau dann, wenn q eine r-Referenz enthält oder ein Methodenaufruf an q mit einer r-Referenz als Parameter “unterwegs” ist.
6. Ein Objekt heißt erreichbar, wenn von einem Wurzelobjekt eine Folge direkter Erreichbarkeiten zu ihm führt.
7. Objekte die eine r-Referenz enthalten, können sie jederzeit tilgen.
8. Ein erreichbares Objekt kann eine r-Referenz, die es besitzt, kopieren und an andere Objekte senden.

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

- Semiformale Beschreibung der einschlägigen elementaren Aktionen

- Copy Reference

  CR_p: { p ist erreichbar und hält eine r-Referenz }

  sende eine <copy r>-Nachricht an q;

- Receive Reference

  RC_p: { Eine <copy r>-Nachricht ist angekommen }

  übernehme die <copy r>-Nachricht;

  füge die r-Referenz zu den vorhanden Referenzen hinzu;

- Delete Reference

  DR_p: { p besitzt eine r-Referenz }

  tilge die r-Referenz;

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

- Aufgabe der Müllabfuhr-Algorithmen ist es, nicht-erreichbare Objekte ausfindig zu machen und den von ihnen belegten Speicherplatz freizugeben. Sie müssen folgende Kriterien erfüllen
  - G1 Sicherheit (Safety)

    Es werden nur nicht-erreichbare Objekte als Müll eingesammelt.
  - G2 Lebendigkeit (Liveness):

    Wenn ein Objekt nicht erreichbar ist, wird es schließlich als Müll eingesammelt.

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

- Semiformale Beschreibung des Müllabfuhrproblems

  CR_p: { p ist erreichbar und hält eine r-Referenz }
  sende eine <copy r>-Nachricht an q;

  RC_p: { Eine <copy r>-Nachricht ist angekommen }
  übernehme die <copy r>-Nachricht;
  füge die r-Referenz zu den vorhanden Referenzen hinzu;

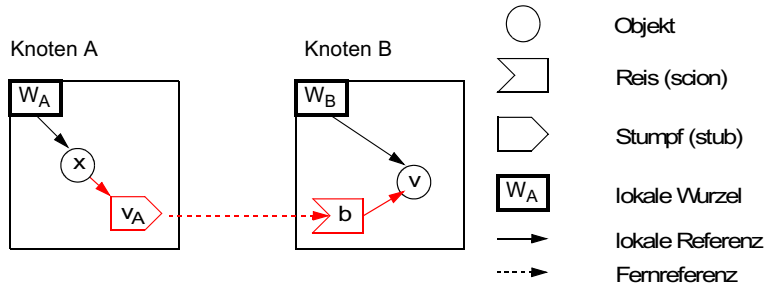
  DR_p: { p besitzt eine r-Referenz }
  tilge die r-Referenz;

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9.2.2 Beispiel: Lokale (indirekte) Referenzenzählung

- Die Problematik der Referenzenzählung in verteilten Systemen

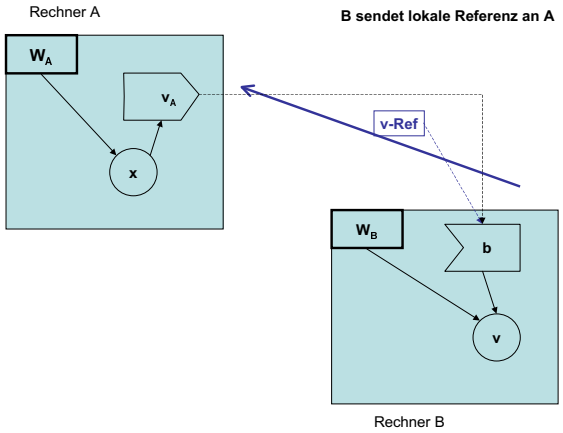
Darstellung von Fernreferenzen



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

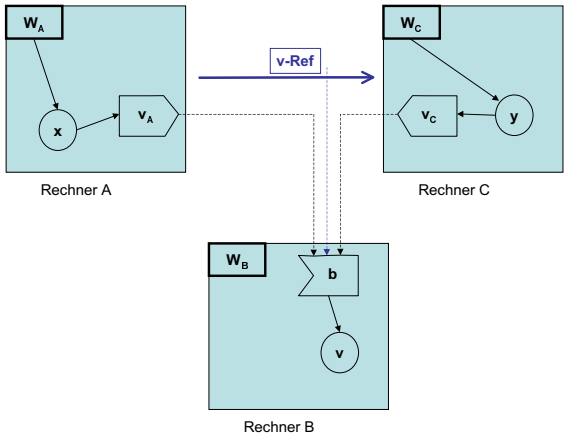
- Die grundlegenden Aktionen

  1. Erzeugung von Fernreferenzen



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

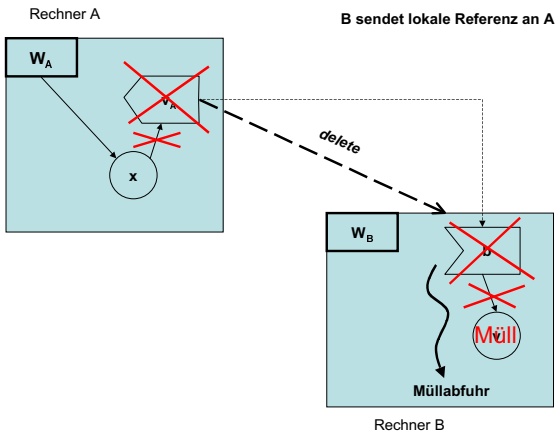
2. Verdopplung von Fernreferenzen



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

Müllabfuhr (garbage collection):

3. Tilgung von Fernreferenzen

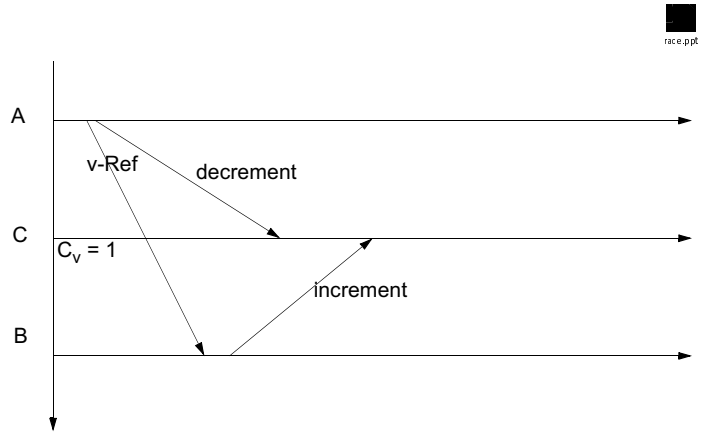


Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

Müllabfuhr (garbage collection):

Für Referenzenzählung zusätzlich “increment”- und “decrement”-Nachrichten notwendig.

Einfache Realisierungen führen zu Wettlaufproblemen.



Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

Müllabfuhr (garbage collection):

Mögliche Lösung: Lokale Referenzenzählung (Ichisugi and Yonezawa, 1989)

Jedes Objekt o verfüge über Referenzenzähler LRCp(o), die die von einem Objekt auf Prozessor p auf o verweisenden Referenzen zählen.

CR_p: { p besitzt eine o-Referenz }
sende <cop o> an q; $LRC_p(o)$++;

RC_p: { Eine von q gesendete <cop o>-Nachricht hat p erreicht }
empfange <cop o>; übernehme o-Referenz;
if ($LRC_p(o)$ == 0) { $LRC_p(o)$ = 1; $FIRST_p(o)$ = q; }
else { sende <dec o> an q; LRCp(o)++; }

DR_p: { p besitzt eine o-Referenz }
tilge die o-Referenz; $LRC_p(o)$--;

RD_p: { Eine <dec o>-Nachricht ist angekommen }
empfange <dec o>; $LRC_p(o)$--;

DZ_p: { $LRC_p(o)$ wurde gerade von 1 auf 0 reduziert }
if ($FIRST_p(o)$!= null;) sende <dec o> an FIRSTp(o);
else Speicherplatz von o freigeben

Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

Müllabfuhr (garbage collection):

9.2.3 Bezug zum Terminierungsproblem

- Semiformale Beschreibung des Terminierungsproblems

S_p: { $state_p$ == active }
sende eine <M>-Nachricht;

R_p: { Eine Basisnachricht ist angekommen }
empfange Nachricht <M>; $state_p$ = active;

I_p: { $state_p$ == active }
$state_p$ = passive

System wird ergänzt um ein Objekt A_p pro Prozeß p und ein Wurzelobjekt Z.

System wird so modifiziert, daß

1. A_p genau dann eine Z-Referenz besitzt, wenn p aktiv ist und
2. jede Basis-Nachricht als Parameter eine Z-Referenz mit sich trägt.

In dem so ergänzten System ist offensichtlich Terminierung äquivalent dazu, daß Z nicht mehr erreichbar ist.

Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, F. Hofmann
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

Das führt zu folgender geänderten Übergangsbeschreibung:

S_p: { $state_p$ == active }
sende eine <M, <cop Z>>-Nachricht;

R_p: { Eine Basisnachricht ist M angekommen }
empfange Nachricht <M, <cop Z>>; $state_p$ = active;
füge die Z-Referenz zu den vorhanden Referenzen hinzu;

I_p: { $state_p$ == active }
$state_p$ = passive;
tilge alle Z-Referenzen;

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

9.2.4 Anwendung des Beispielalgorithmus zur Müllabfuhr auf dieses System

Offensichtlich muß zur Anwendung des Müllabfuhralgorithmus

- CR_p mit S_p kombiniert werden,
- RC_p mit R_p und
- DR_p mit I_p.

Außerdem ist es zweckmäßig, um nicht mehr als eine Z-Referenz pro Objekt führen zu müssen, eine zweite Z-Referenz durch einen zusätzlichen Übergang unmittelbar nach ihrer Entstehung wieder zu tilgen.

(1) "A_p besitzt eine Z-Referenz" ist äquivalent zu "$state_p$ == active"

(2) Da es nur Z-Referenzen gibt und jede Basisnachricht eine solche mit sich tragen muß, ist eine explizite Übertragung nicht erforderlich.

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

S_p: { $state_p$ == active }
sende eine Nachricht <M> an q; LRC_p++;

R_p: { Eine Basisnachricht <M> von q ist angekommen }
empfange Nachricht <M>;
if (LRC_p == 0) {
LRC_p = 1; $FIRST_p$ = q; $state_p$ = active;
} else {
sende <dec> an q;
if ($state_p$ == passive) { $state_p$ = active; LRC_p++; }
}

I_p: { $state_p$ == active }
$state_p$ = passive;
LRC_p--;
if (LRC_p == 0) sende <dec> an $FIRST_p$;

RD_p: { Eine <dec>-Nachricht ist angekommen }
empfange <dec>; LRC_p--;
if (LRC_p == 0) sende <dec> an $FIRST_p$;

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig

Anfänglich sei genau ein Prozeß aktiv und besitze eine Z-Referenz.

Entsprechend besitzt LRC für den Startprozeß S den Anfangswert 1, für alle anderen den Anfagswert 0.

Terminierung liegt vor, wenn LRC_S == 0 ist.

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage zu Lehrzwecken außerhalb der Universität Erlangen-Nürnberg ist ohne Genehmigung des Autors unzulässig