Müllabfuhr (garbage collection):

9.1 Lokale Müllabfuhr

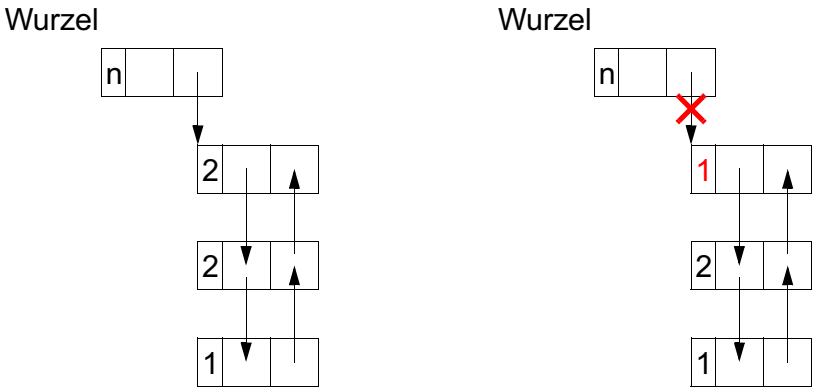
9.1.1 Referenzenzähler

- Idee:
  - Jedes Objekt enthält einen Zähler, d verweisen.
  - Objekte, deren Zähler den Wert 0 er
- Vorteile
  - Overhead wird über die gesamte Be längeren Zeiten, in denen die Anwer
  - Freigabe ist räumlich lokal, es müsse werden. Freigabe verträgt sich gut m
  - Kurzlebige Objekte werden sehr sch

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):

- Nachteile
  - Hoher Aufwand, um die Zähler auf dem Laufenden zu halten. Bei Modifikation einer Referenzvariablen müssen die Zähler des alten und des neuen Zielobjekts modifiziert werden.
  - Jedes Objekt muß Platz für Zähler enthalten.
  - Zyklische Datenstrukturen (z. B. doppelt verkettete Listen) müssen gesondert behandelt werden!



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):

9.1.2 Mark and sweep

- Idee

1. Phase: Alle erreichbaren Objekte markieren mit Hilfe einer Explosionswelle analog der Vorgehensweisen bei Wahlalgorithmen.

2. Phase: Freigabe aller nicht markierten Objekte. dabei eventuell Speicherkompression.

- Vorteile
  - Zyklen werden ganz natürlich mitbehandelt.
  - Referenzmanipulation erfordert keinen Overhead.
- Nachteile
  - Während der Durchführung muß die Anwendung blockiert werden. Es existieren verschiedene Verfahren diesen Nachteil durch Partitionierung oder durch Nebenläufigkeit zu mindern.
  - Mit zunehmender Nutzung des verfügbaren Speicherplatzes erhöhen sich Häufigkeiten und Dauer der Durchführung des “mark and sweep”-Algorithmus.
  - Nur sehr bedingt echtzeitfähig.

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.

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

9.2.1 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.

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

BP 1 Müllabfuhr (garbage collection):

- 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;

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

BP 1 Müllabfuhr (garbage collection):

- 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.

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

- 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;

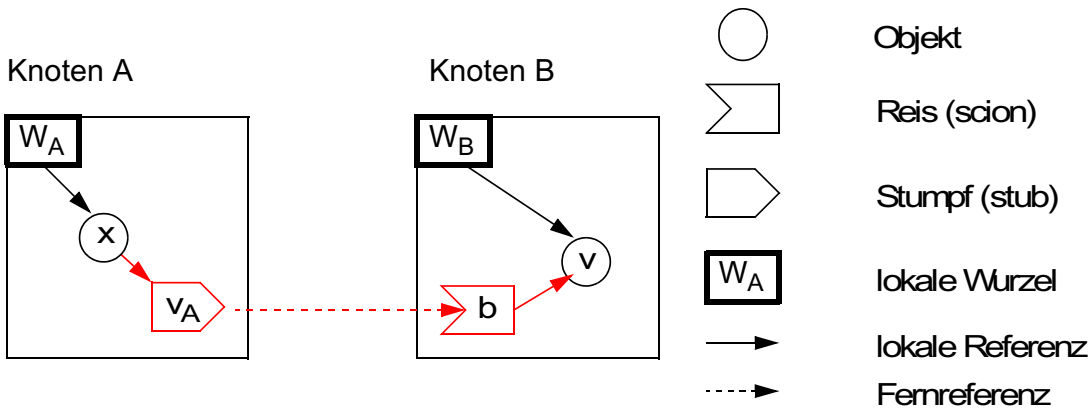
  DR_p: { p besitzt eine r-Referenz }
  tilge die r-Referenz;

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

9.2.2 Beispiel: Lokale (indirekte) Referenzenzählung

- Die Problematik der Referenzenzählung in verteilten Systemen

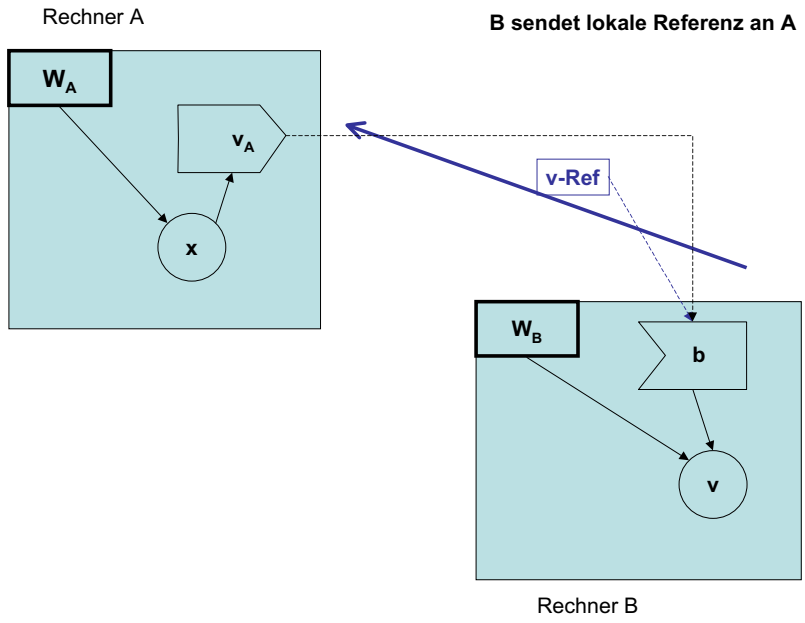
Darstellung von Fernreferenzen



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):

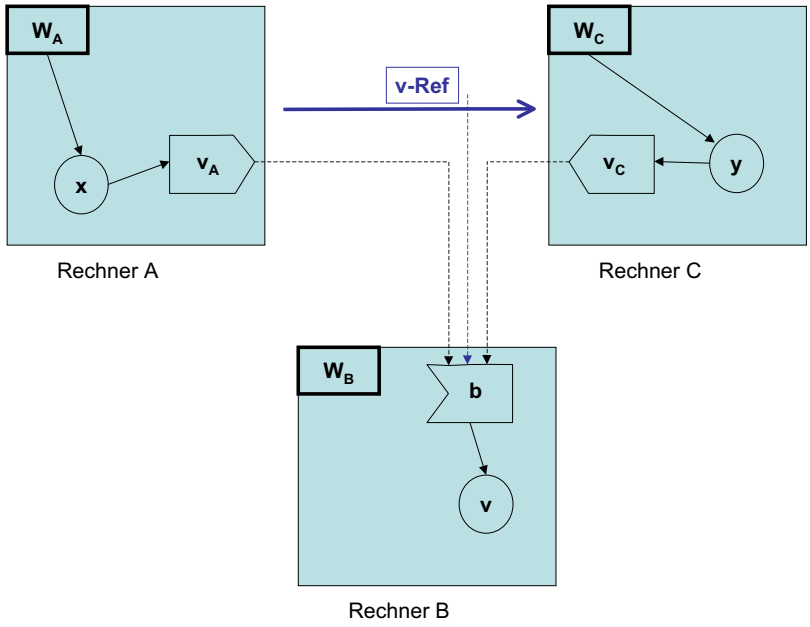
- Die grundlegenden Aktionen
  1. Erzeugung von Fernreferenzen



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

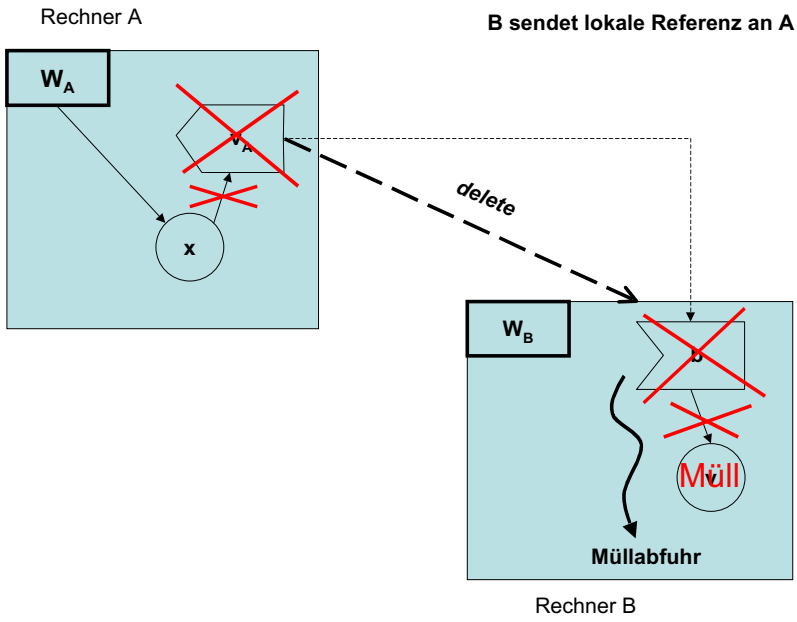
Müllabfuhr (garbage collection):

2. Verdopplung 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

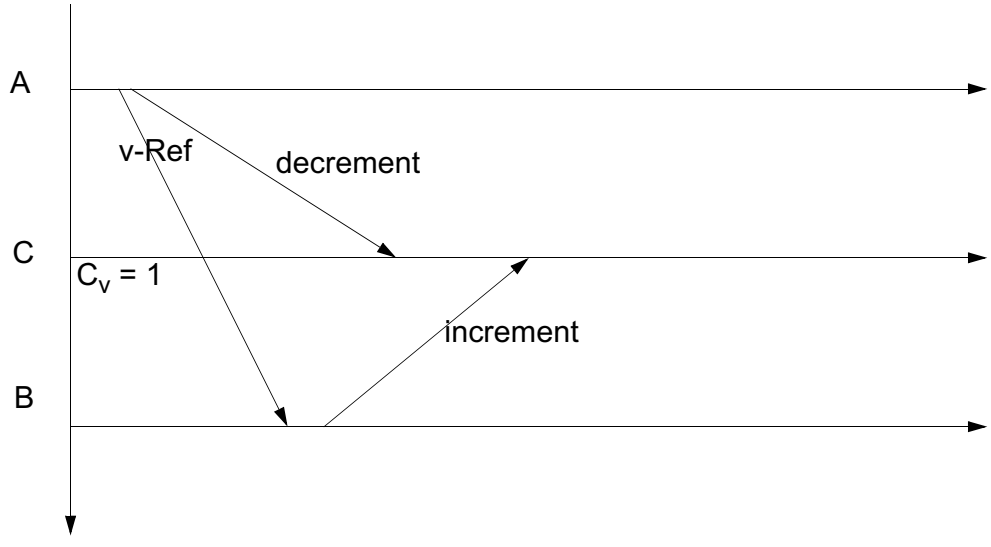
3. Tilgung von Fernreferenzen



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

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;

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

9.2.4 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.

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):

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 $FIRST_p$;

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):

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.

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