Lab 2 : Netwerken en Serialisatie

8 maart 2013

Tim Verbelen, Steven Van Canneyt
(e-mail: {voornaam.achternaam}@intec.UGent.be)

1 Inleiding

Sinds de opkomst van het Internet is het gebruik van het netwerk bijna niet meer weg te denken bij software applicaties (al is het maar om updates te downloaden). In deze lab sessie introduceren we de basis bouwstenen om applicaties te laten communiceren over een computernetwerk. We breiden het event systeem van vorige lab sessie uit met een netwerk component, zodat verschillende event brokers met elkaar kunnen communiceren. Hiervoor bouwen we verder op de event gebaseerder noodoproep applicatie uit lab sessie 1.

2 Sockets

Communicatie tussen twee verschillende processen ("Interprocescommunicatie" of afgekort IPC) vergt dat deze processen ondubbelzinnig geïdentificeerd kunnen worden. Om een proces uniek te identificeren, hebben we natuurlijk een referentie nodig naar de computer (de host) waarop dit proces loopt. Dit gebeurt via het IP-adres van die host. Verder kunnen er natuurlijk verschillende processen op dezelfde host lopen. Daarom beschikt elke host over een reeks poorten (elk geïdentificeerd via een 16-bits geheel getal), en bindt een proces zich aan één of meerdere poorten. Wanneer een communicatie opgezet wordt tussen twee processen, volstaat het dus om per proces het IP-adres en een poortnummer op te geven.
De Java-API beschikt over de klasse `InetAddress` om IP-adressen voor te stellen en er enkele eenvoudige manipulaties op uit te voeren. Zowel IPv4 als IPv6-adressen worden hierbij ondersteund. Belangrijke methoden in deze klasse zijn:

- lokaal IP-adres opvragen (is steeds 127.0.0.1) (`InetAddress.getLocalHost()`)
- opzoeken van een IP-adres gegeven een computernaam (DNS-lookup) (`InetAddress.getByName(String hostname)`)
- opzoeken van een computernaam gegeven het IP-adress (reverse DNS-lookup) (`InetAddress.getByName(String IPaddress)`)

In praktijk stuurt een proces gegevens naar een poort via een socket. Deze socket handelt de communicatie over het netwerk af, en implementeert met name het transportprotocol. De meest gebruikte transportprotocollen zijn het UDP-protocol en het TCP-protocol.

2.1 UDP-communicatie

Het User Datagram Protocol is bedoeld om individuele pakketten ("datagrammen") af te leveren tussen twee processen. Het is een onbetrouwbaar protocol, omdat niet expliciet nagegaan wordt of een datagram wel degelijk afgeleverd werd. Daarnaast kunnen datagrammen ook aan de ontvanger afgeleverd worden in een andere volgorde dan waarin ze verstuurd werden. Het voordeel van dit protocol is vooral zijn eenvoud, waardoor kleine vertragingstijden kunnen gehaald worden. Dit protocol wordt dan ook vooral gebruikt in situaties waarin het afleveren van alle pakketten niet essentieel is, en waarin kleine netwerkvertragingen essentieel zijn. Voorbeelden zijn het afleveren van streaming video (live video) en skype.
Belangrijke klassen om UDP-communicatie te realiseren zijn:

- `DatagramSocket`: een object van deze klasse handelt het UPD-protocol af, en laat toe om datagrammen te versturen (`send()`) en te ontvangen (`receive()`)
- `DatagramPacket`: een object van deze klasse stelt een datagram voor. Merk op dat bij het versturen van een bericht het datagram uiteraard met de versturen boodschap opgevuld wordt. Bij het ontvangen van een datagram fungeert het datagram aan ontvangstzijde als buffer, waarin de gegevens uiteindelijk terechtkomen.

Typisch onderneem je volgende stappen bij het versturen van een datagram:

1. Identificeer de bestemming van het datagram (via de klasse `InetAddress`)
2. Creëer een `DatagramSocket`
3. Creëer een datagram dat de te versturen boodschap bevat
4. Verstuur het datagram over de socket
5. Sluit de socket af als deze niet langer nodig is

En analoog voor het ontvangen van een datagram:

1. Creëer een `DatagramSocket`
2. Creëer een datagram dat als buffer voor de te ontvangen boodschap kan fungeren (en met andere woorden voldoende groot is)
3. Ontvang een datagram van de socket
4. Sluit de socket af als deze niet langer nodig is

De listing 1 toont voorbeeldcode van een UDP-client. Na het aanmaken van `DatagramSocket` op de poort 1300, wordt een datagram aangemaakt. Naast de inhoud van het bericht zelf, bevat het datagram ook het IP-adres van de bestemming (hier dezelfde computer, namelijk "localhost") en de bestemmingspoort (namelijk poort 1234). De bijhorende servercode wordt in listing 2 weergegeven. Het gaat om een server die de naam van de client ontvangt, en een begroeting terugstuurt. De client blijft namen doorsturen tot de tekst "stop" ingegeven wordt. De server loopt in een oneindige lus, en maakt als eerste stap een buffer aan waarin een boodschap kan terechtkomen. De oproep `receive()` blokkeert tot een datagram ontvangen wordt. Vervolgens wordt het bericht aangepast en terug in een datagram verpakt, dat uiteindelijk naar de originele zender verstuurd wordt. Bemerk dat de server verschillende datagrammen afzonderlijk behandelt, die in principe van verschillende bronnen afkomstig zouden kunnen zijn.
Deze code is beschikbaar voor download. Laat deze code lopen en verifieer dat ze correct werkt, ook als er meerder client-processen tegelijk verzoeken naar de server sturen.

2.2 TCP communicatie

In tegenstelling tot UDP is het TCP-protocol (Transmission Control Protocol) stroom-georiënteerd: eens een verbinding gemaakt tussen twee processen via een poort, zal de TCP-socket het mogelijk maken om gegevens tussen die processen uit te wisselen via een openstaande connectie. Elke socket is daarom voorzien van twee stroom-objecten, namelijk een `InputStream` en een `OutputStream` waarlangs respectievelijk gegevens verstuurd en ontvangen worden. Daarom moet de server (in tegenstelling tot een UDP-server) per bron een socket openhouden, zolang de communicatie loopt.
Aan clientzijde verloopt de communicatie vrij gelijkaardig aan het UDP-geval. Het enige verschil is dat niet via datagrammen maar via stromen gecommuniceerd wordt. Daarom zal na het aanmaken van de TCP-socket, via

```
Socket socket=new Socket(host,port);
```

typisch de `InputStream` en `OutputStream` van de socket opgevraagd worden, bijvoorbeeld via de constructie:

```
InputStream inputStream=socket.getInputStream();
OutputStream outputStream=socket.getOutputStream();
```

Versturen en ontvangen van berichten gebeurt dan via de klassieke bewerkingen op stromen.

```
package greeter;
public class Client {
  public static void main(String[] args) {
    InetAddress host = null;
    int serverPort = 1234;
    DatagramSocket socket = null;
    BufferedReader consoleInput = new BufferedReader(new InputStreamReader(
        System.in));
    String name = "";
    try {
      host = InetAddress.getLocalHost();
      socket = new DatagramSocket(1300);
      do {
        // read in a name
        System.out.println("Enter a name : ");
        consoleInput = new BufferedReader(new InputStreamReader(
            System.in));
        name = consoleInput.readLine();

        if (!(name.equals("stop"))) {
          // send the name
          byte[] messageBytes = name.getBytes();
          DatagramPacket request = new DatagramPacket(messageBytes,
              messageBytes.length, host, serverPort);
          socket.send(request);

          // receive reply
          byte[] buffer = new byte[50];
          DatagramPacket reply = new DatagramPacket(buffer,
              buffer.length);
          socket.receive(reply);

          // print the greeting
          System.out.println("Reply from server = "
              + (new String(reply.getData())));
        }
      } while (!(name.equals("stop")));
    } catch (UnknownHostException e) {
      System.err.println(e);
    } catch (SocketException e) {
      System.err.println(e);
    } catch (IOException e) {
      System.err.println(e);
    } finally {
      if (socket != null)
        socket.close();
    }
  }
}
```

Listing 1: Communicatie via UDP: Client-programma

```
package greeter;
import java.net.*;
import java.io.*;

public class Server {
   public static void main(String[] args) {
        DatagramSocket socket=null;
        int serverPort=1234;
        int bufferSize=100;

        try {
          socket=new DatagramSocket(serverPort);
          while(true) {
            byte[] buffer=new byte[bufferSize];
            DatagramPacket request=new DatagramPacket(buffer,buffer.length);
            socket.receive(request);
            String rMess="Hello, "+(new String(request.getData()));
            DatagramPacket reply =new DatagramPacket(rMess.getBytes(),rMess.length(),
                request.getAddress(),request.getPort());
            socket.send(reply);
          }
        } catch(SocketException e) {
          System.err.println(e);
        } catch(IOException e) {
          System.err.println(e);
        } finally {
          if(socket!=null) socket.close();
        }
     }

}
```

Listing 2: Communicatie via UDP: Server-programma

Aan serverzijde moet zoals gezegd per openstaande stroom een socket aangemaakt worden. Dit gebeurt via de constructie:

```
ServerSocket listen=new ServerSocket(serverPort);
while(true) {
      Socket client=listen.accept();
      // server code
}
```

De `ServerSocket` wacht op de gespecificeerde poort op inkomende verzoeken door het oproepen van de `accept()`-methode. Wanneer een dergelijk verzoek komt, creëert de `ServerSocket` een gewone `Socket`, waarlangs de communicatie dan kan verlopen. Merk op dat als je dit stramien volgt, slechts één client tegelijk met de server een verbinding kan maken: ofwel wacht de server op inkomende verbindingen (in de `accept()`-methode), ofwel handelt de server het verzoek af. Wil men een meer realistische server implementeren, dan zal het afhandelen van de verzoeken in een andere thread moeten gebeuren dan het wachten op nieuwe inkomende connecties.

2.3 Opgave 1: Begroeting

Schrijf een Client- en een Serverprogramma (klasses `greeter.Client` en `greeter.Server`), waarbij deze programma's via TCP met elkaar communiceren. De Client leest een persoonsnaam in van de console, en stuurt die naar de server. De server ontvangt die persoonsnaam, en stuurt een begroeting terug, namelijk die naam voorafgegaan door "Hello, ". De Client ontvangt de begroeting, en drukt deze af. De Client herhaalt dit proces tot de naam "stop" ingegeven wordt. Wanneer dit laatste gebeurt, stopt de Client, en sluit de Server de connectie naar die Client. De Server wacht vervolgens op nieuwe inkomende connecties.

3 Multithreading: een inleiding

In tegenstelling tot C en C++, beschikt Java over een ingebouwd mechanisme om parallellisme te realiseren. De basisklasse waarrond alles draait is de klasse `Thread`. De code die in de `run()`-methode van die klasse staat, wordt in een afzonderlijke draad (dus in parallel) uitgevoerd. Het volstaat dus een klasse af te leiden van de basisklasse `Thread`, en in de `run()`-methode de gewenste logica te voorzien. Om de draad aan te vatten, geeft men het commando `start()`.
Dit toepassend komen we dan tot onderstaand sjabloon:

```
class MyThread extends Thread {
      public void run(){
            // code die in parallel uitgevoerd moet worden
      }
}
```

Om de draad te starten, gebruiken we dan volgende constructie:

```
MyThread t=new MyThread();
t.start();
```

3.1 Opgave 2: Parallelle begroeting

In deze opgave maken we een meer realistische versie van de Begroeting uit opgave 1. Programmeer de klasse `parallelgreeter.Server` zodanig dat deze verschillende inkomende connecties in parallel kan behandelen. Daartoe splits je de code die specifiek de afhandeling van één Client op zich neemt, af in een afzonderlijke draad. Test dat je code inderdaad werkt wanneer meerdere Clients tegelijk actief zijn.

4 Serialisatie

Het ingebouwde Java-serialisatiemechanisme maakt het gemakkelijk mogelijk een reeks objecten, samen met hun relaties naar een binair formaat om te zetten. Deze gedaante kan dan hetzij naar bestand geschreven worden, hetzij over het netwerk verstuurd worden. De conversie tussen een object en zijn binaire, seriële vorm wordt mogelijk gemaakt door de klassen `ObjectInputStream` en `ObjectOutputStream`. Schrijven naar en lezen uit een dergelijke stroom laat toe om een object als geheel te reconstrueren uit zijn seriële vorm, resp. een object naar een seriële gedaante om te zetten.

4.1 Opgave 3

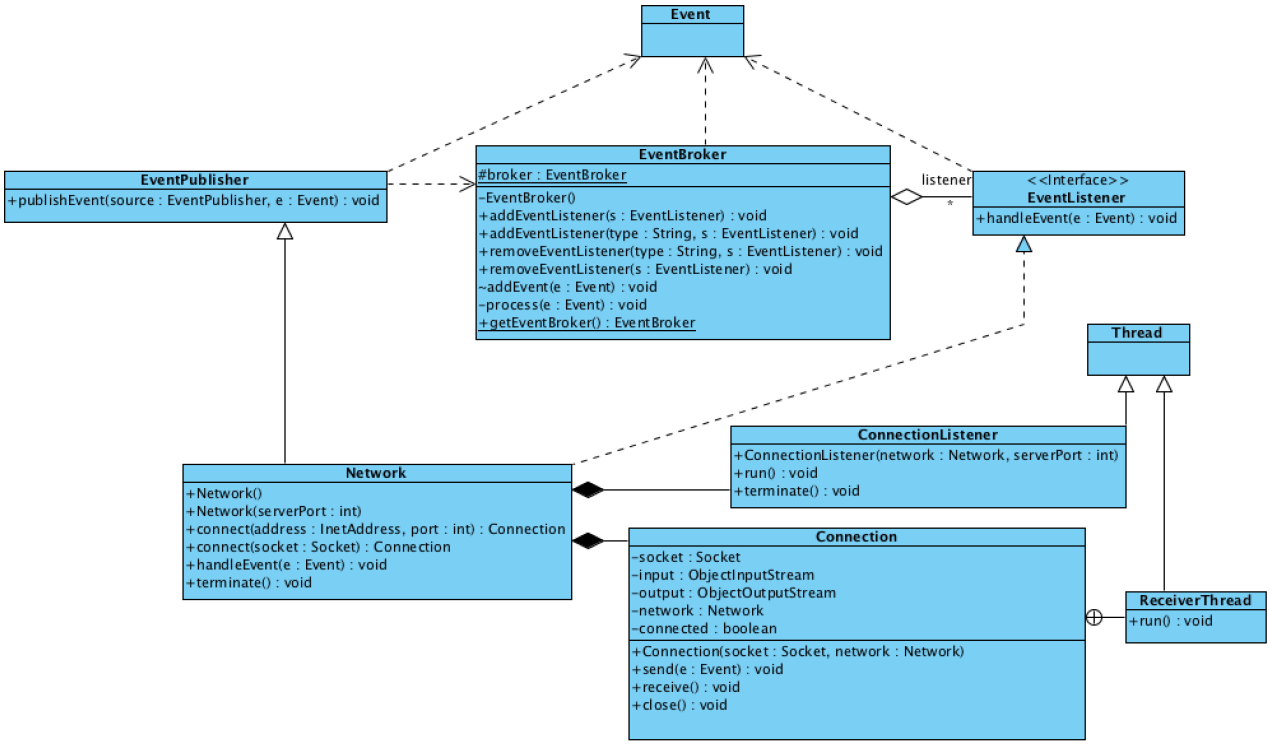
In deze opgave maken we een client-servertoepassing, waarbij de client gegeven de naam van een persoon, het telefoonnummer van die persoon kan vinden. Aan de server worden immers een reeks personen met hun telefoonnummer bijgehouden. Wanneer de server een `Person`-object ontvangt, vult de server de ontbrekende velden (in casu het telefoonnummer) aan. Om deze oefening aan te vatten is startcode beschikbaar als uitgangspunt.

5 Netwerk events

In deze sectie breiden we de eventbroker uit Labsessie 1 uit, zodat `Event`s over het netwerk kunnen verstuurd worden. Het is hierbij de bedoeling dat de `EventBroker` logisch één entiteit vormt, hoewel deze fysiek op verschillende processen aanwezig is. Op die manier wordt de ontwikkelaar van toepassingen die van deze verdeelde `EventBroker` gebruik maken, afgeschermd van de netwerkaspecten.
Het ontwerp van dit systeem wordt in onderstaande figuur weergegeven.

- de klasse `Network`: elke `EventBroker` beschikt over een instantie van deze klasse. Een proces dat `Event`s genereert, zal deze aan het `Network` doorgeven, dat ze vervolgens over het netwerk verstuurt. In het voorgesteld ontwerp, zal de klasse `Network` dan ook de interface `EventListener` implementeren, en zich bij de `EventBroker` registreren. Op die manier wordt het netwerk van alle lokale `Event`s op de hoogte gebracht, en wordt het versturen van de `Events` in de `handleEvent()`-methode verzorgd. Een proces dat `Event`s ontvangt via het netwerk, zal deze aan de `EventBroker` doorgeven, en fungeert dus als bron van `Event`s. De klasse `Network` implementeert dus de interface `EventListener` en erft tevens over van de klasse `EventPublisher`. Het versturen van de `Event`s zelf wordt overgelaten aan een instantie van de klasse `Connection`.
- de klasse `Connection`: deze abstractie staat in voor het versturen en ontvangen van `Event`s, en aggregeert daartoe een object van het type `Socket`, waarmee zowel een `ObjectInputStream` als een `ObjectOutputStream` geassocieerd zijn. De constructor van deze klasse neemt een `Socket` als argument. Deze `Socket` kan gegenereerd worden door de `accept()`-methode uitgevoerd op een `ServerSocket` of door expliciete constructie via IP-adres en poort. De methode `send()` verstuurt een `Event` over het netwerk, terwijl de `receive()`-methode `Event`s ontvangt. Omdat we niet wensen dat bij het oproepen van de `receive()`-methode de toepassing blokkeert, start deze methode een afzonderlijke thread, namelijk een instantie van de klasse `ReceiverThread`. De `ReceiverThread` wacht continu op een binnenkomend `Event` en geeft dit door aan de `EventBroker` door een callback naar de methode `publishEvent()` van de klasse `Network`.
- de klasse `ConnectionListener`: bij communicatie tussen twee processen, zal één van beide (typisch de server) wachten op inkomende verzoeken van het andere proces. Dit wachten wordt in een object van de klasse `ConnectionListener` gerealiseerd. Omdat we niet wensen dat de toepassing blokkeert, wordt deze geïmplementeerd als afzonderlijke thread.

De klassen `Network` en `ConnectionListener` beschikken over een methode `terminate()` die de actieve afdraden afsuit.

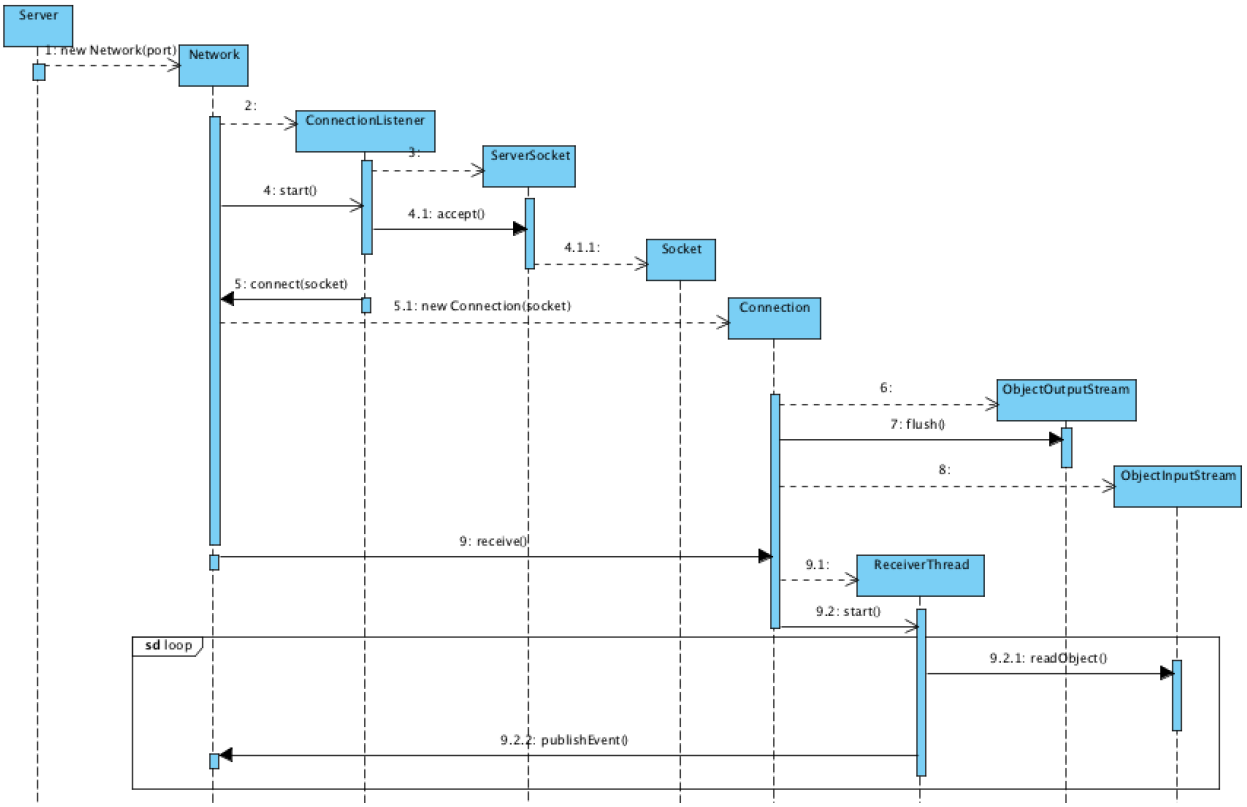


Figuur 1: Ontwerp van een verdeelde eventbroker.

Aan serverzijde worden volgende stappen genomen:

- aanmaken van een `Network`-instantie, met opgave van de poort waarop gewacht wordt
- aanmaken van een `ConnectionListener`-object, dat op de afgesproken poort wacht op inkomende verzoeken
- wanneer een inkomende verbinding gedetecteerd wordt, wordt een `Connection`-object aangemaakt, waarbij de `Socket` gebruikt wordt die door de `accept()`-methode toegeleverd werd.

Deze logica wordt verder verduidelijkt in Figuur 2.

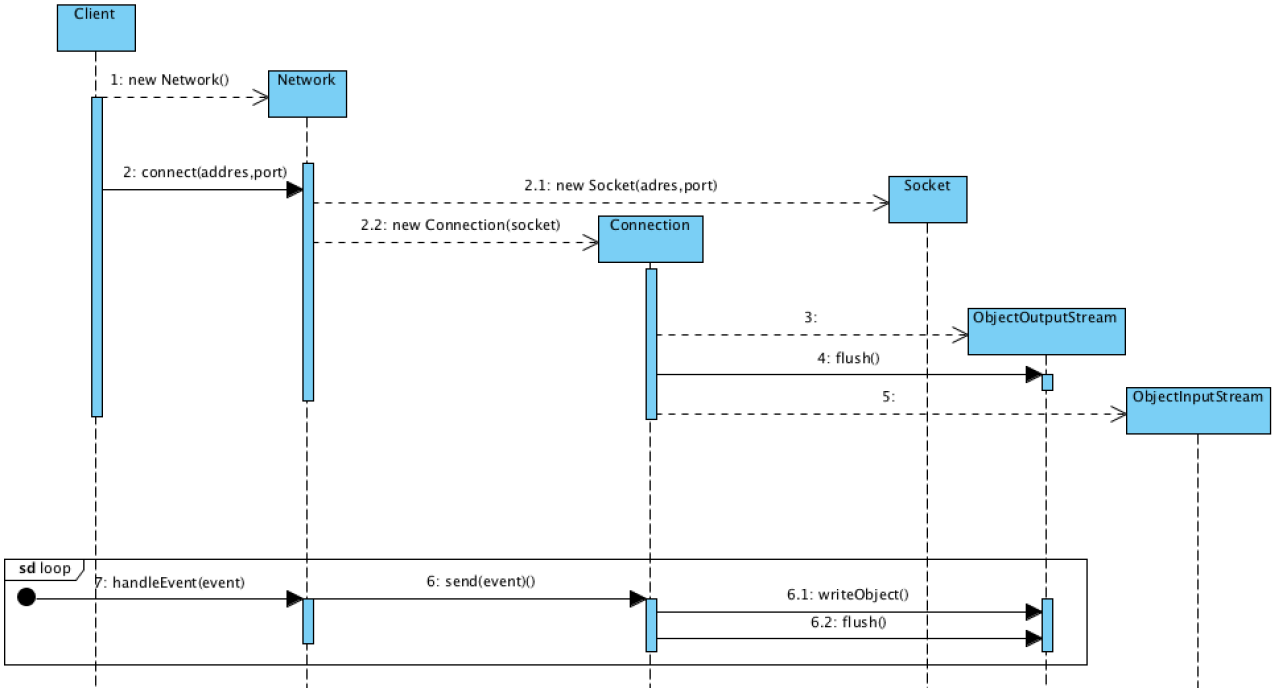


Figuur 2: Verdeelde eventbroker: serverlogica.

Aan clientzijde liggen de zaken eenvoudiger, namelijk:

- aanmaken van een `Network`-instantie
- aanmaken van een `Connection`-object, gebruik makend van een nieuwe `Socket` (met IP-adres en poortnummer van de server)

Deze logica wordt verder verduidelijkt in Figuur 3.



Figuur 3: Verdeelde eventbroker: clientlogica.

Bij het creëren van de `ObjectInputStream` en `ObjectOutputStream` van een gegeven `Socket` MOET je onderstaande volgorde van bewerkingen volgen (anders bestaat het risico op blokkeren):

- creëren van de `ObjectOutputStream`
- flushen van deze stroom
- creëren van de `ObjectInputStream`

Opmerking: indien opgaven 4 en 5 niet afraken binnen het tijdsbestek van de labsessie, werk je die best thuis verder af. In volgende labsessies bouwen immers verder op de verdeelde `EventBroker`. Mocht je hierbij problemen ondervinden of hulp wensen, contacteer dan zeker de begeleiders van de labsessie per e-mail.

5.1 Opgave 4

Bouw een genetwerkte `EventBroker` in overeenstemming met het hierboven beschreven ontwerp.

5.2 Opgave 5

Bouw gebruik makend van de verdeelde eventbroker een verdeelde versie van de alarmtoepassing uit Labsessie 1. Implementeer de `network` package met daarin de klasses `Network`, `Connection` en `ConnectionListener` zoals hierboven uitgelegd. Test het programma met behulp van bijgeleverde testcode, bestaande uit een client en server. Hierbij genereert de client alarmen, meer bepaald zijn er twee alarmcentrales actief, namelijk de centrale “112” en de centrale “101”. Achtereenvolgens worden volgende alarmen gegenereerd:

- type: crash, locatie: Plateaustraat
- type:assault, locatie: Veldstraat
- type:fire, locatie: Zwijnaardse Steenweg
- type:assault, locatie: Overpoortstraat

Aan serverzijde worden als luisteraars geregistreerd:

- `Hospital` UZ
- `Hospital` AZ
- `PoliceDepartment`
- `FireDepartment`

6 Tot slot

Dien je code in via Indianio, waarbij dezelfde codeerconventies gelden als voor labsessie 1. De ingediende zip-file bevat aangevulde *.java bestanden, waarvoor telkens een startversie tevens op Indianio beschikbaar is. Zorg dat je dezelfde package- en klassenamen gebruikt als in de startcode.