



פיתוח מערכות תוכנה מבוססות Java  
הבטי תקשורת במערכות תוכנה

**אוהד ברזילי**

# על סדר היום

- תקשורת בין מחשבים
- תקשורת וחוטים
- מיקומה של התקשורת ביישום
- ארכיטקטורות תקשורת
  - Client – Server
  - Peer – to – Peer
  - RMI - תקשורת ללא תקשורת
  - Web/Application Servers

# פרוטוקול תקשורת

■ פרוטוקול תקשורת הוא מסמך המתאר תחלופת הודעות בין מחשבים

■ המסמך מתאר את:

■ מבנה ההודעות השונות

■ סדר הודעות חוקי

■ הודעות שגיאה אפשריות

■ המסמך אינו מתייחס לשפת התכנות ששימשה לכתיבת תוכניות המדברות בעזרת הפרוטוקול

# פרוטוקול תקשורת

ניתן לשלב בין פרוטוקולים ע"י שליחת הודעות בתוך הודעות (protocol stack) של המשלוח כל אחת מההודעות מטפלת בהיבט אחר

לדוגמא: במשלוח שורה ביישום chat ההודעה שנשלחת בפועל מכילה מידע גם על: איתור הכתובת, בקרת השגיאות, כרטיס הרשת ועוד....

קיימים מספר ארגונים בעולם (ארגוני תקינה) אשר מרכזים את תהליך כתיבת המסמכים האלה. לדוגמא:  
<http://www.ietf.org/rfc.html>

קיימים ארגונים מסחריים אשר אינם מפרסמים את הפרוטוקול שבו הם משתמשים. לדוגמא: <http://www.skype.com>

# Internet for dummies

- האינטרנט היא רשת מחשבים (= מחשבים + חוטים)
- לכל מחשב ניתנת כתובת (IP Address) המורכבת מ-4 מספרים בין 0 ל-255
- כל תוכנית הרצה במחשב מקבלת מספר שלוחה (port) בין 0 ל-65,535
- ניתן ליצור קשר עם מחשב המחובר לרשת ע"י ציון כתובתו ופניה אליו בהודעה המתאימה לפי הפרוטוקול
- בדרך כלל ע"י שימוש בתוכנית הממשת את הפרוטוקול

# תקשורת ב Java

■ תוכנית Java מתקשרת עם העולם החיצוני ע"י זרמים (streams)

■ עם המקלדת:

```
InputStreamReader in = new InputStreamReader(System.in);  
BufferedReader bin = new BufferedReader(in);  
String text = bin.readLine();
```

■ עם קובץ:

```
InputStreamReader in = new InputStreamReader(  
    new FileInputStream("foo.txt"));  
BufferedReader bin = new BufferedReader(in);  
String text = bin.readLine();
```

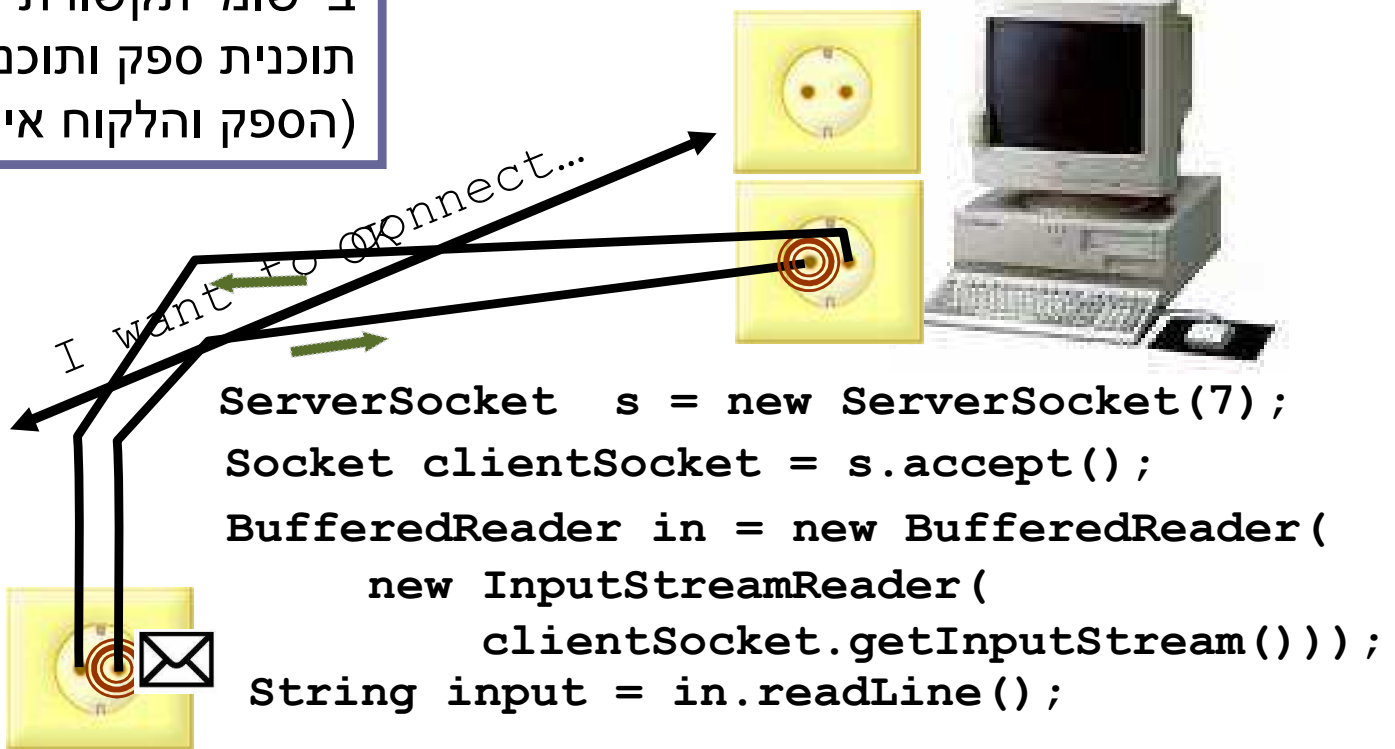
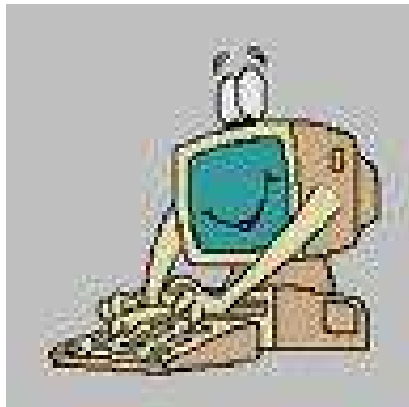
■ ננסה להשתמש באותה גישה בדיוק כדי לתקשר עם **תוכנית מחשב אחרת** (אולי במחשב אחר). לשם כך משתמש במחלקה **Socket** (שקע)

■ ב Java קיים חוסר סימטריה בין **יוזם ההודעה הראשונה** (לקוח - Client) ובין הצד השני (שרת - Server)

# דוגמא: איך נשלח מחרוזת בין שני מחשבים?

ביישומי תקשורת יש לכתוב שתי תוכניות:  
תוכנית ספק ותוכנית לקוח.  
(הספק והלקוח אינם מריצים את אותה התוכנית)

[www.soft1.co.il](http://www.soft1.co.il) (132.67.250.239)



```
Socket s = new Socket("www.soft1.co.il", 7);
PrintWriter out = new PrintWriter(s.getOutputStream(), true);
out.println("hello there!");
```

אוהד ברזילי

פיתוח מערכות תוכנה מבוססות Java

# EchoClient

```
package examples.sockets;
```

```
import java.io.*;
```

```
import java.net.*;
```

```
public class EchoClient {
```

```
    public static void main(String[] args) throws IOException {
```

```
        Socket echoSocket = null;
```

```
        PrintWriter out = null;
```

```
        BufferedReader in = null;
```

```
        try {
```

```
            String hostName = args[0];
```

```
            echoSocket = new Socket(hostName, 7);
```

```
            out = new PrintWriter(echoSocket.getOutputStream(), true);
```

```
            in = new BufferedReader(  
                new InputStreamReader(echoSocket.getInputStream()));
```

```
        } catch (UnknownHostException e) {
```

```
            System.err.println("unkown host");
```

```
            System.exit(1);
```

```
        } catch (IOException e) {
```

```
            System.err.println("Couldn't get I/O for "  
                                + "the connection to host");
```

```
            System.exit(1);
```

```
        } catch (ArrayIndexOutOfBoundsException aiobe) {
```

```
            System.err.println("wrong usage: enter hostname");
```

```
            System.exit(1);
```

```
    }
```



```
// establish an input stream to read from the standard input
BufferedReader input =
    new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
```

```
String userInput;
```

```
while ((userInput = input.readLine()) != null) {
    // writer line to output stream
    out.println(userInput);
    out.flush();

    // print received echo result
    System.out.println("echo: " + in.readLine());
}
```

Buisness Logic

```
// close streams and socket
out.close();
in.close();
input.close();
echoSocket.close();
```

```
}
}
```

```
class EchoServer {
```

```
    public static void main(String[] args) {
```

```
        ServerSocket serverSocket = null;
```

```
        try {
```

```
            serverSocket = new ServerSocket(7);
```

```
        } catch (IOException ioe) {
```

```
            System.err.println("Couldn't listen on port 7");
```

```
            System.exit(1);
```

```
        }
```

```
        Socket clientSocket = null;
```

```
        try {
```

```
            clientSocket = serverSocket.accept();
```

```
        } catch (IOException ioe) {
```

```
            System.out.println("Accept failed: 7");
```

```
            System.exit(-1);
```

```
        }
```

```
        try {
```

```
            PrintWriter out =
```

```
                new PrintWriter(clientSocket.getOutputStream(), true);
```

```
            BufferedReader in = new BufferedReader(
```

```
                new InputStreamReader(clientSocket.getInputStream()));
```

```
            String input = in.readLine();
```

```
            out.println(input);
```

```
            out.close();
```

```
            in.close();
```

```
            clientSocket.close();
```

```
            serverSocket.close();
```

```
        } catch (IOException ioe) {
```

```
            System.err.println("Couldn't communicate with client");
```

```
        }
```

```
    }
```

```
}
```

# EchoServer

## Buisness Logic

אוהד ברזילי

פיתוח מערכות תוכנה מבוססות Java

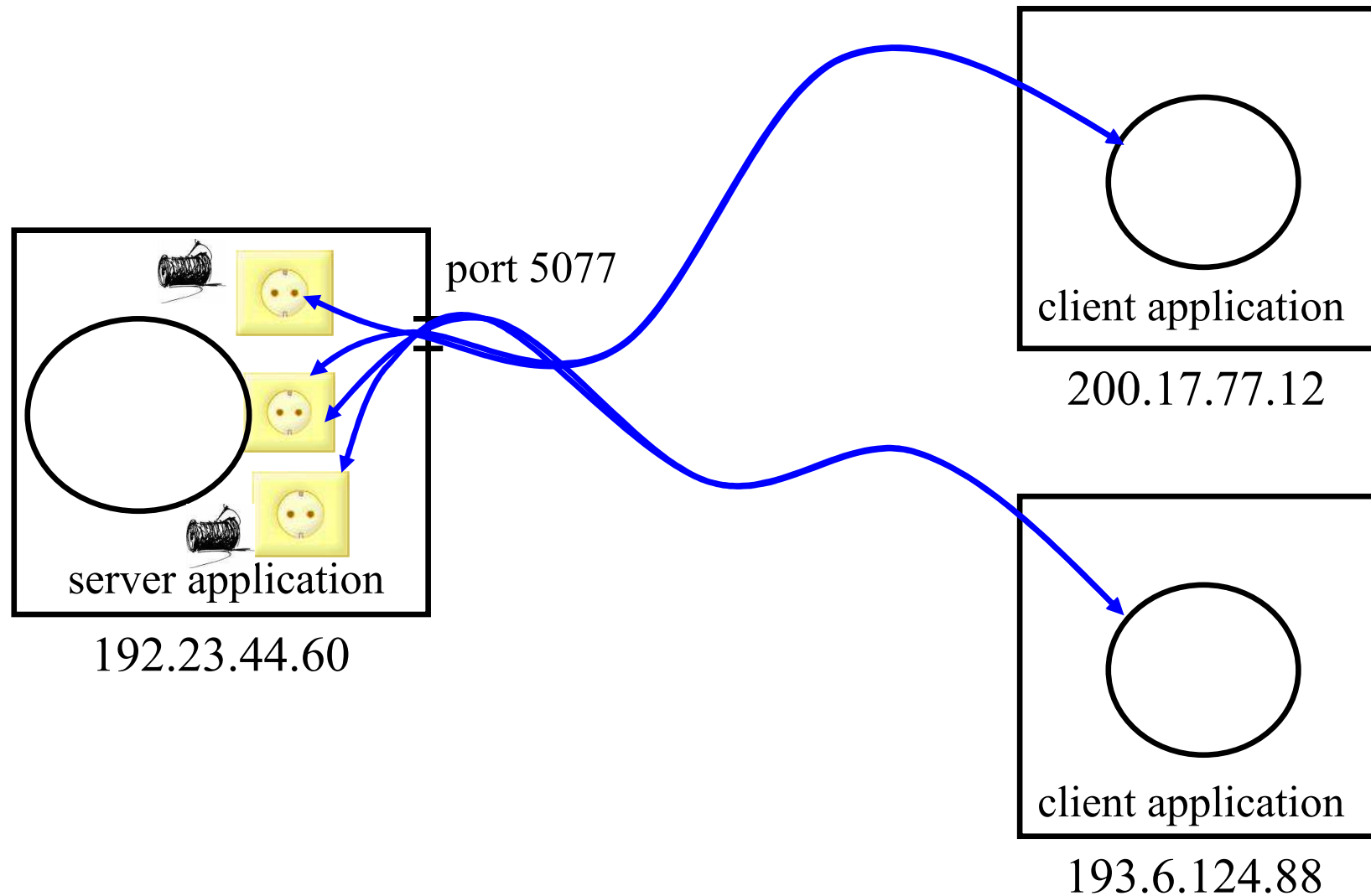
# שיפור המימוש

- שרת שלא יפול אחרי ההודעה הראשונה
- שרת שלא יפול אחרי הלקוח הראשון
- שרת שיודע לטפל בכמה לקוחות במקביל (כמעט שרת chat)
  
- בעיה: בעת הפעולות `accept` (המתנה ללקוח חדש),  
`readLine` (קריאת שורה מזרם) או `print` (הדפסה לזרם) –  
התוכנית נתקעת (blocked) ולא ניתן לבצע דברים אחרים  
"במקביל"
  
- כדי ליצור מקביליות יש להשתמש במנגנונים נוספים/חלופיים:
  - חוטים (threads)
  - שימוש בספריית תקשורת א-סינכרונית: `java.nio`

# שרת echo מרובה חוטים

- אז איך נכתוב שרת echo מרובה לקוחות?
- השרת יבצע לולאה של המתנה ללקוחות, עבור כל לקוח חדש ייצור חוט חדש שיטפל בו
- כל החוטים יריצו את אותו השרות – לולאה שממתינה להודעה מהלקוח (כל חוט והלקוח שלו) ועונה לו
- מה חסר כדי להפוך את השרת לשרת chat?

# Multiple clients



```

package examples.sockets;

import java.net.*;
import java.io.*;

class MultiClientEchoServer {

    public static void main(String[] args) {
        ServerSocket serverSocket = null;
        try {
            serverSocket = new ServerSocket(7);
        } catch (IOException ioe) {
            System.err.println("Couldn't listen on port 7");
            System.exit(-1);
        }

        while(true) {
            try {
                Socket clientSocket = serverSocket.accept();
                EchoClientHandler handler =
                    new EchoClientHandler(clientSocket);
                (new Thread(handler)).start();
            } catch (IOException ioe) {}
        }
    }
}

```

```

class EchoClientHandler implements Runnable {
    private Socket clientSocket;

    public EchoClientHandler(Socket clientSocket) {
        this.clientSocket = clientSocket;
    }

    public void run() {
        try {
            PrintWriter out =
                new PrintWriter(clientSocket.getOutputStream(), true);

            BufferedReader in = new BufferedReader(
                new InputStreamReader(clientSocket.getInputStream()));

            String input = null;

            while ((input = in.readLine()) != null) { // read from the client
                out.println(input);                // write to client
            }

            out.close();
            in.close();
            clientSocket.close();
        } catch (IOException ioe) {
            System.err.println("couldn't communicate with client");
            System.exit(-1);
        }
    }
}

```

# למה לא Sockets? (1)

- **בעיה:** שימוש בפרוטוקול לא סטנדרטי –
- התקשורת אמנם עוברת מעל פרוטוקולים סטנדרטים כגון IP, TCP, Ethernet ואולי אחרים (מאחורי הקלעים)
- אולם היישום עצמו מגדיר פרוטוקול משלו (שלוחה מספר 7, תוכן ההודעה הוא מחרוזת...)
- כדי להשתמש בתוכנית שלנו לקוחות (אנושיים) יצטרכו להריץ בעצמם את תוכנית הג'אווה: EchoClient



## למה לא Sockets? (2)

- הטכנולוגיה תופסת חלק נכבד מהקוד, בעוד הלוגיקה העסקית (מה שהתוכנית באמת עושה) זניחה
- הדבר בולט בישומים פשוטים
- התקשורת והמקביליות הן היבטים (aspects) של היישום ולא נרצה לערב אותן עם הלוגיקה העסקית

# למה לא Sockets? (3)

- למרות העושר שמספקת Java, ביישומים רבים זה אינו מוקד הפיתוח (פרט לשיקולי ביצועים)
- אנו מעוניינים לכתוב את היישום ללא תלות בפרוטוקול התקשורת שמעליו אנו עובדים
- לפעמים אנו מעוניינים לתאר את האינטראקציה בין שני עצמים באותה צורה בין אם הם נמצאים על אותה מכונה ובין אם הם מתקשרים דרך האינטרנט
- נזכיר כי אחד מיסודות התכנות מונחה העצמים הוא העברת הודעות (message passing), כאשר הכוונה להפעלה של מתודות על עצמים



# Variants of Networking Architectures

# סוגים של לקוחות

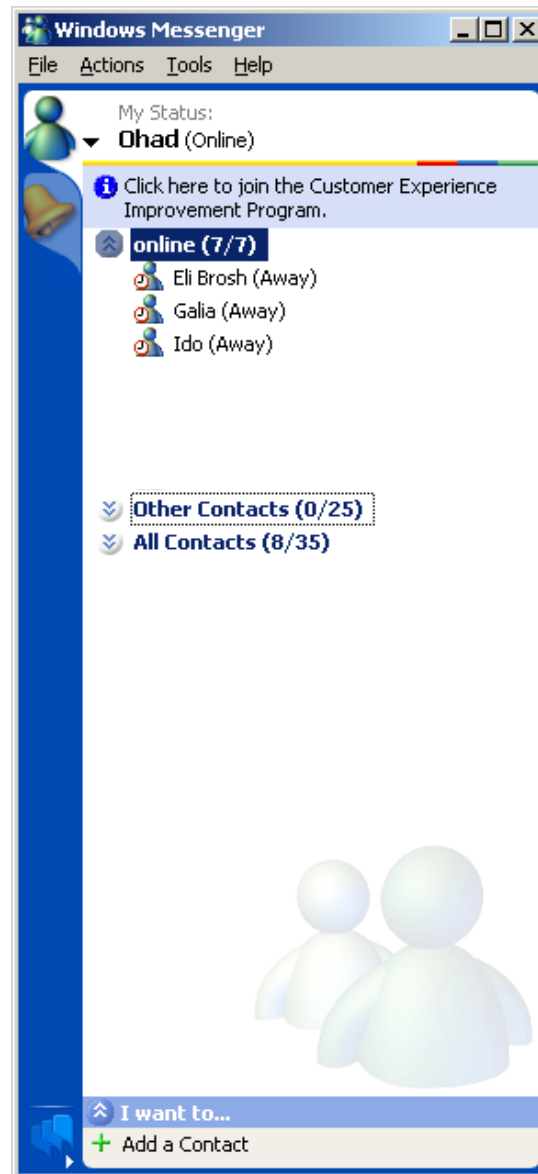
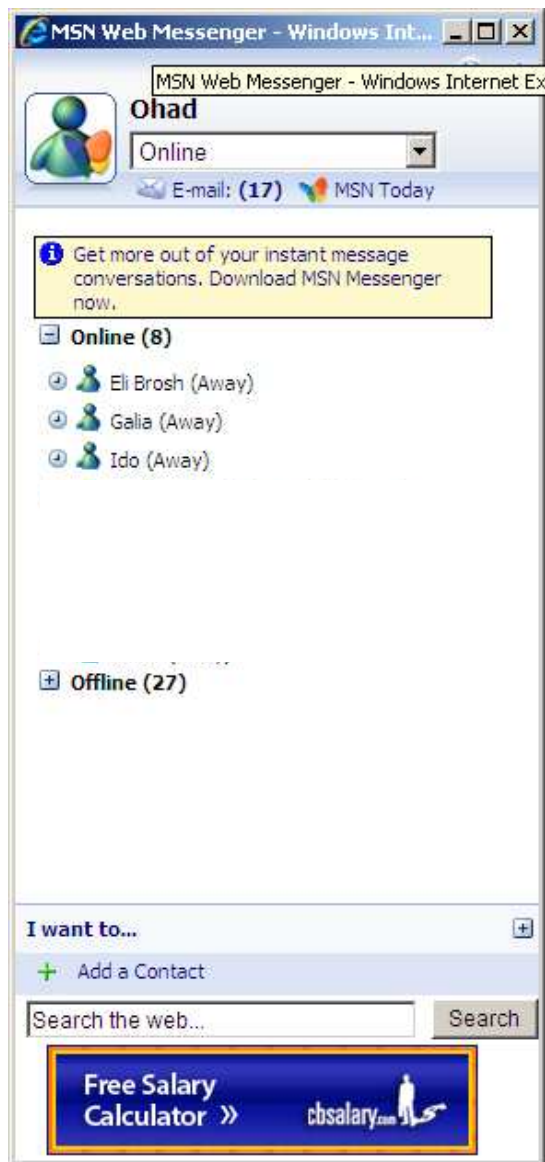


■ בבניית יישום שרת-לקוח על המתכנתת להחליט איזו לוגיקה תשב בשרת ואיזו בלקוח

■ על מה משפיעה החלטה זו?

■ מה הקשר בין החלטה זו ומודל ה-MVC?

# הדפדפן הוא הלקוח



גם ביישומים שאינם  
כוללים גלישה  
באינטרנט

מצאו את ההבדלים  
בין לקוחות של  
MSN Messenger

# הדפדפן הוא הלקוח

## יתרונות הגישה:

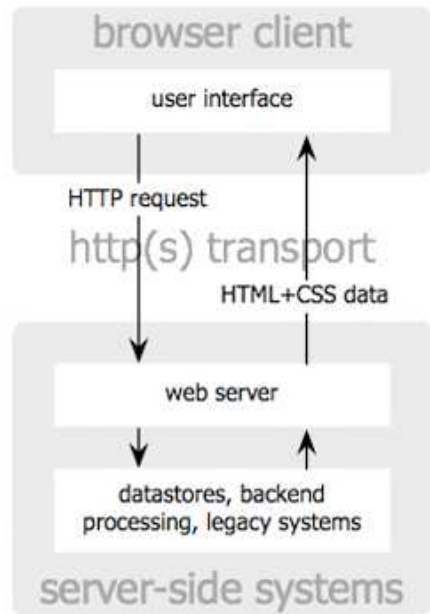
- סטנדרטי
- זמינות
- אין צורך בהתקנה או הרשאות

## חסרונות:

- הדפדפן מיועד לעבודה מעל HTTP
- חווית משתמש (פרוטוקול STATELESS, GUI)
- קידוד ב HTML, CSS, JavaScript

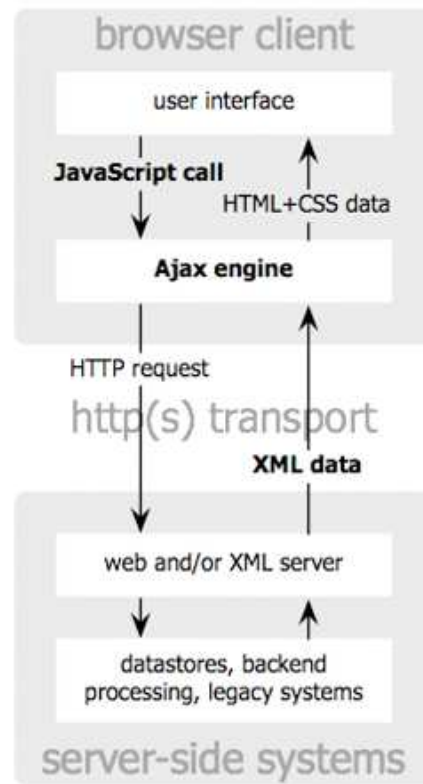
- כדי לשפר את חווית המשתמש בדפדפן לרמת Desktop Application נעשה שימוש בכמה טכנולוגיות Rich Internet Applications (RIA)

# Asynchronous JavaScript + XML (Ajax)



classic web application model

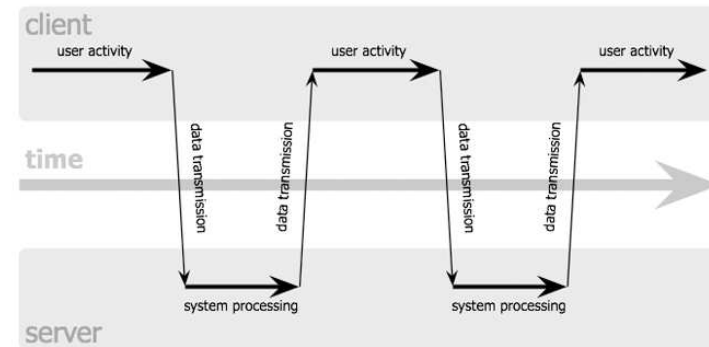
Jesse James Garrett / adaptivepath.com



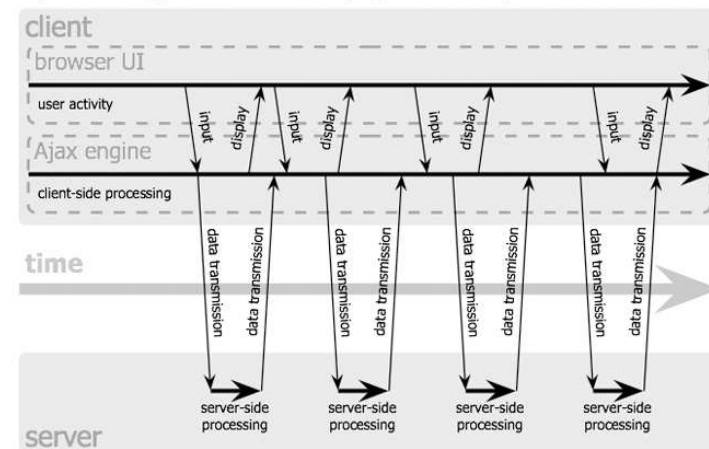
Ajax web application model

## אוסף טכנולוגיות המגדיל את התגובתיות של יישומי אינטרנט

classic web application model (synchronous)

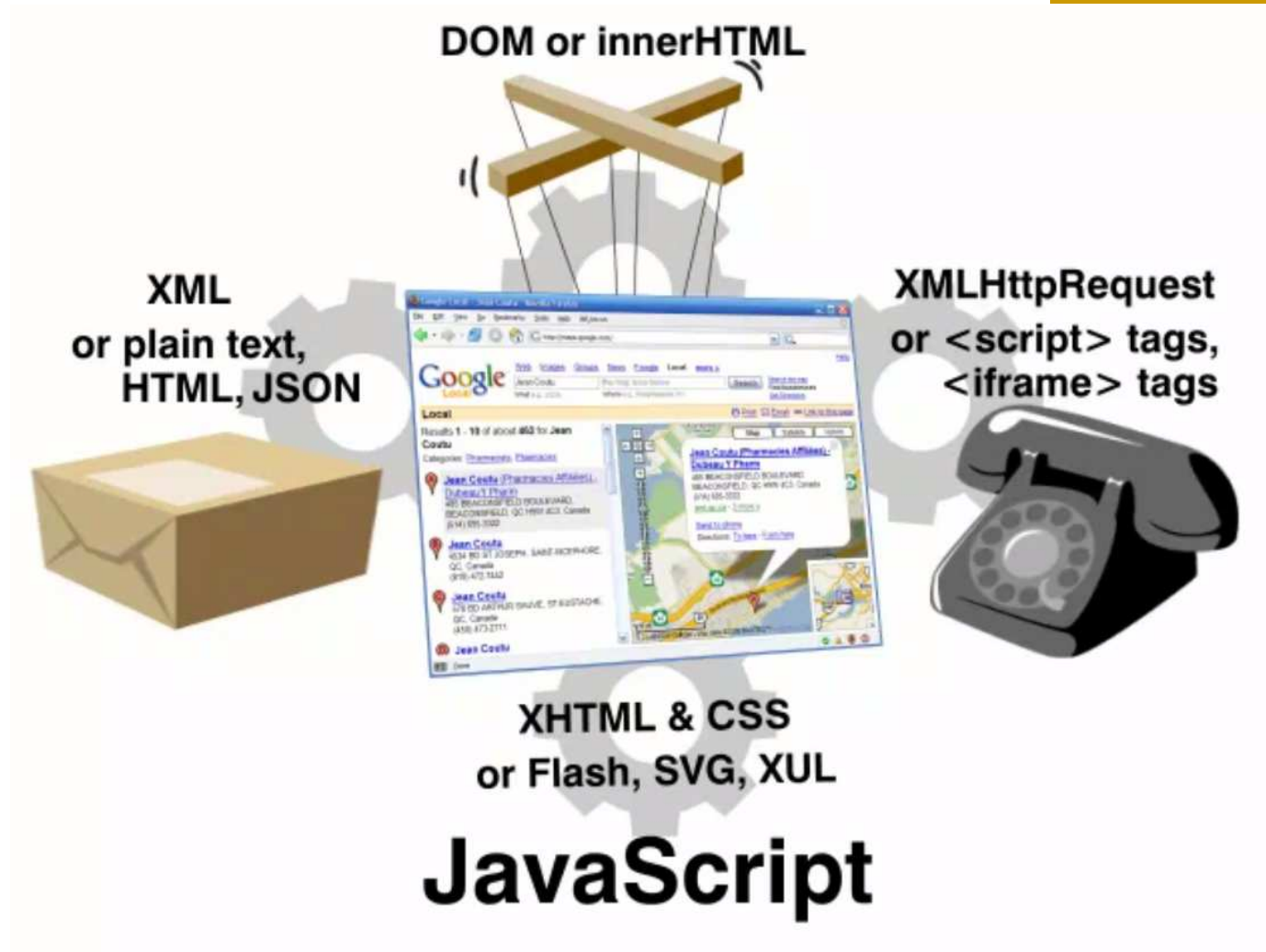


Ajax web application model (asynchronous)



Jesse James Garrett / adaptivepath.com

# Ajax Fundamentals





# במעלה מחסנית הפרוטוקולים

- Java מאפשרת עבודה ברמות שונות של פרוטוקול התקשורת בהתאם לנדרש ע"י היישום
- המחלקות `Socket` ו-`ServerSocket` לעבודה מעל `TCP`
- המחלקות `DatagramPacket` ו-`DatagramSocket` לעבודה מעל `UDP`
- המחלקה `URL` לעבודה מעל `HTTP` או `FTP`
- מחלקות לעבודה מעל פרוטוקולים מוצפנים כגון `SSLSocket`

# יתרונות בעבודה מעל HTTP

## אבטחה

- רוב הארגונים מאפשרים הודעות היוצאות ל port 80

## שרותי Hosting

- אין צורך בשרת ייעודי אלא אפשר לתמרן שרתי WEB סטנדרטים

## כלים

- שימוש בכלי תוכנה סטנדרטים (ספריות, מחלקות, סביבות)

# המחלקה URL

עם או בלי קשר להפיכת שרתים לשרתי HTTP ■  
כדי להקל על כתיבת לקוחות בפרוטוקולים סטנדרטיים (http, ftp וכיו"ב) מספקת Java את המחלקה ■  
java.net.URL

```
// Create some URL objects
URL url = null, url2 = null, url3 = null;
try {
    url = new URL("http://www.oreilly.com"); // An absolute URL
    url2 = new URL(url, "catalog/books/javanut4/"); // A relative URL
    url3 = new URL("http:", "www.oreilly.com", "index.html");
} catch (MalformedURLException e) { /* Ignore this exception */
}

// Read the content of a URL from an input stream
InputStream in = url.openStream();
```

# המחלקה URL

■ ע"י שימוש במחלקה `URLConnection` ניתן לקבל פרטים נוספים על ההודעה (HTTP Message Parsing) כגון:

```
// For more control over the reading process, get a URLConnection object
URLConnection conn = url.openConnection();
```

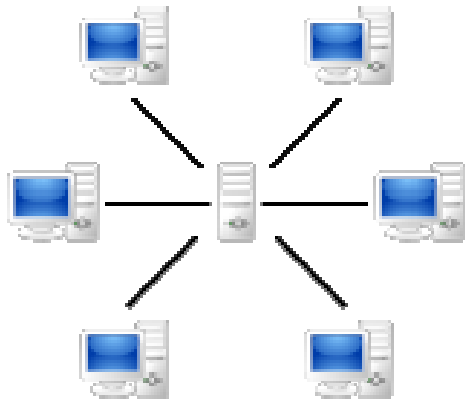
```
// Now get some information about the URL
String type = conn.getContentType();
String encoding = conn.getContentEncoding();
Date lastModified = new Date(conn.getLastModified());
int len = conn.getContentLength();
```

```
// If necessary, read the contents of the URL using this stream
InputStream in = conn.getInputStream();
```

```
Scanner s = new Scanner(in);
while(s.hasNextLine())
    System.out.println(s.nextLine());
}
```

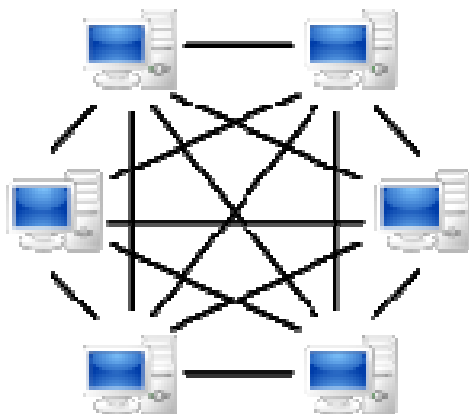
# Peer to Peer Networks

■ בתוכנות מסוימות יכולים מחשבים מסוימים לתפקד גם כשרת וגם כלקוח. מחשבים כאלו נקראים **עמיתים** (peers)



■ לדוגמא: רשתות שיתוף קבצים (כגון emule)

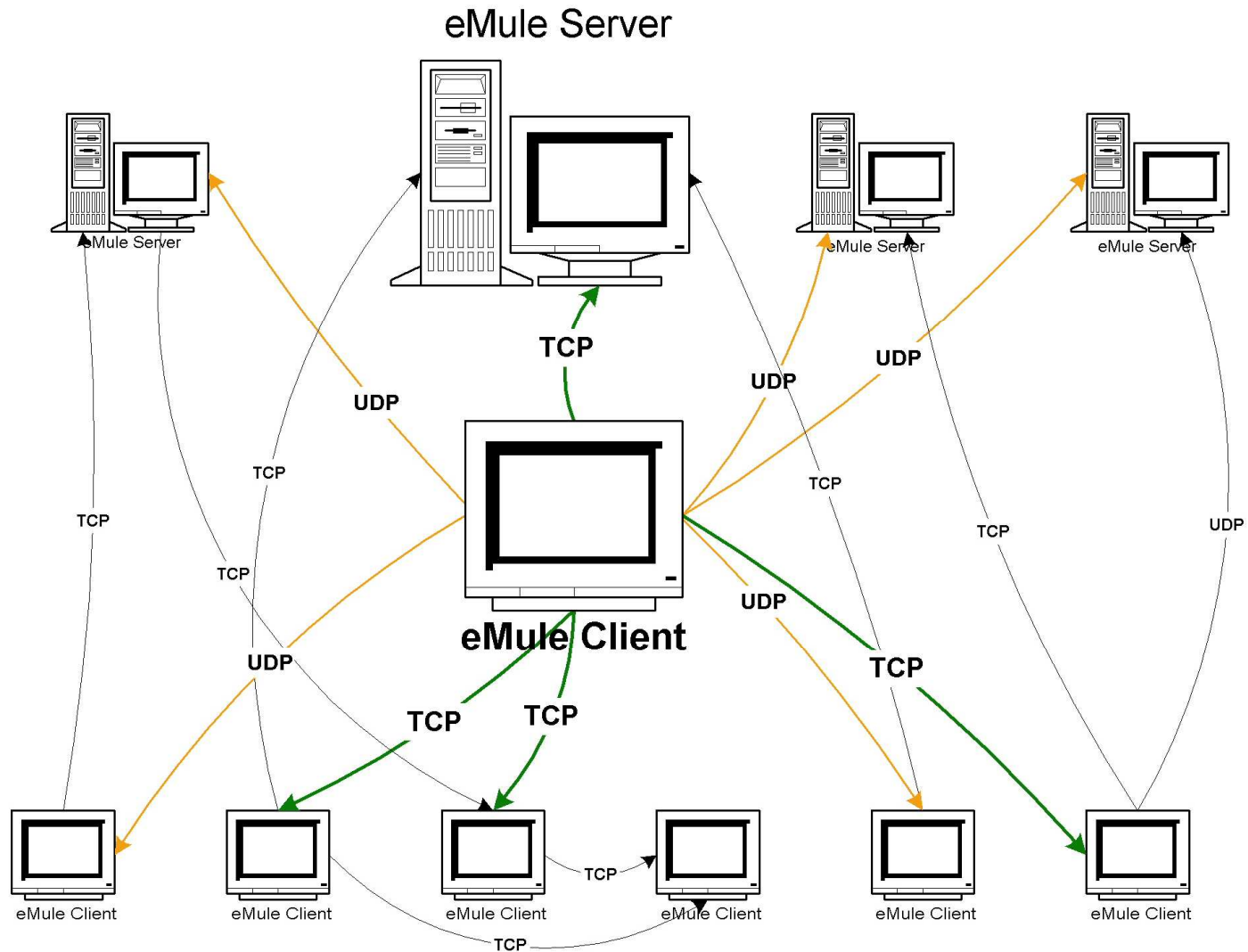
■ שאלה: איך תוכנית יכולה גם **ליזום** התקשרויות (לקוח) וגם **לענות** לבקשות נכנסות (שרת)?



■ שאלה: איך ניתן ברשת peer-to-peer לדעת את **כתובתו** של המחשב המבוקש?

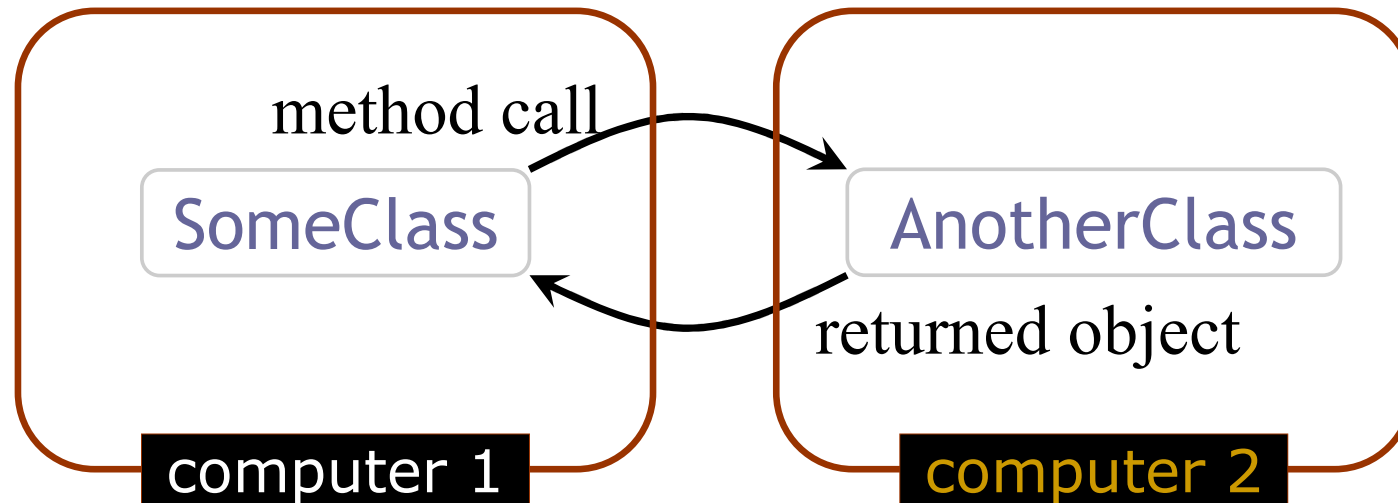
■ שאלה: איך ניתן ב emule לדעת באיזה מחשב שמור קובץ מסוים?

# The eMule Network



# “The network is the computer”\*

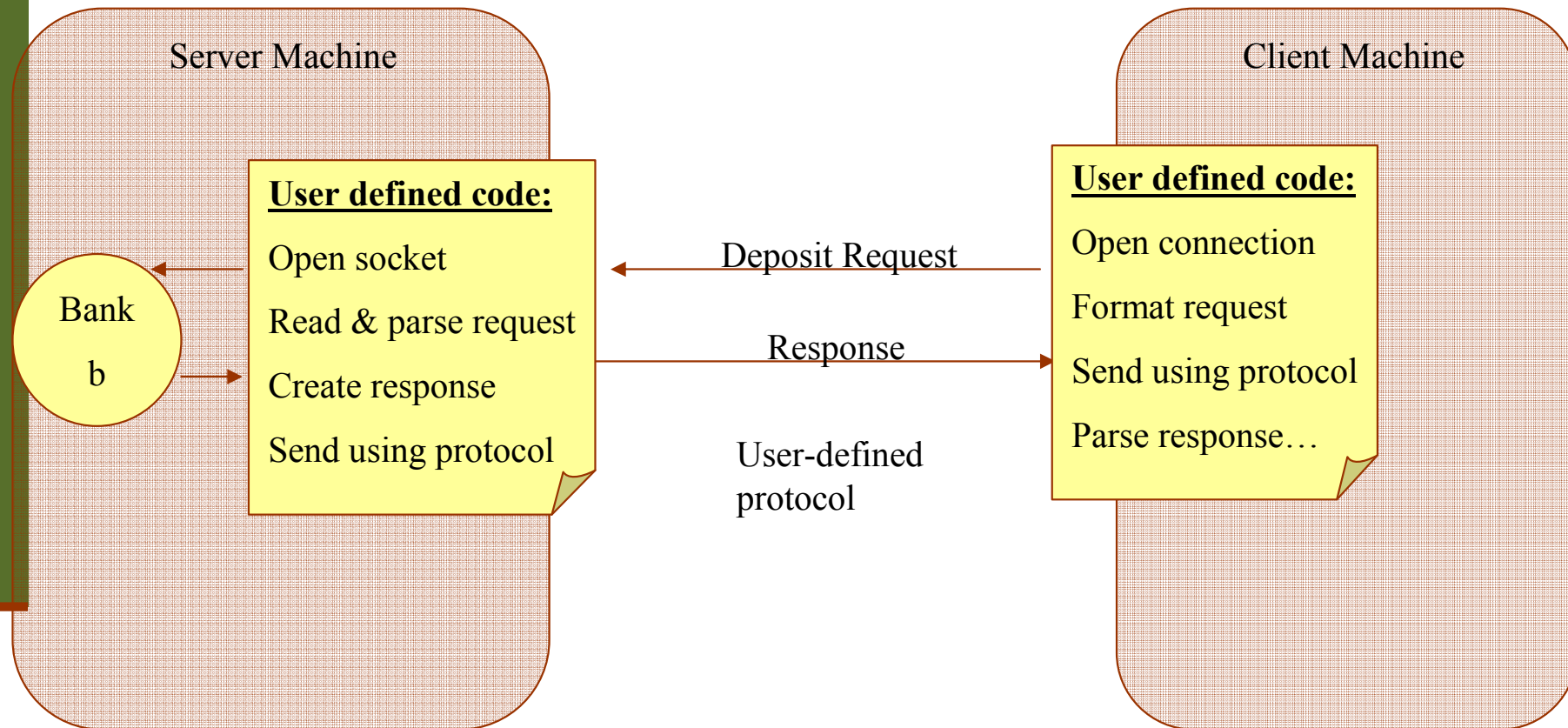
- Consider the following program organization:



- If the network *is* the computer, we ought to be able to put the two classes on different computers (RPC)
- **RMI** is one technology that makes this possible

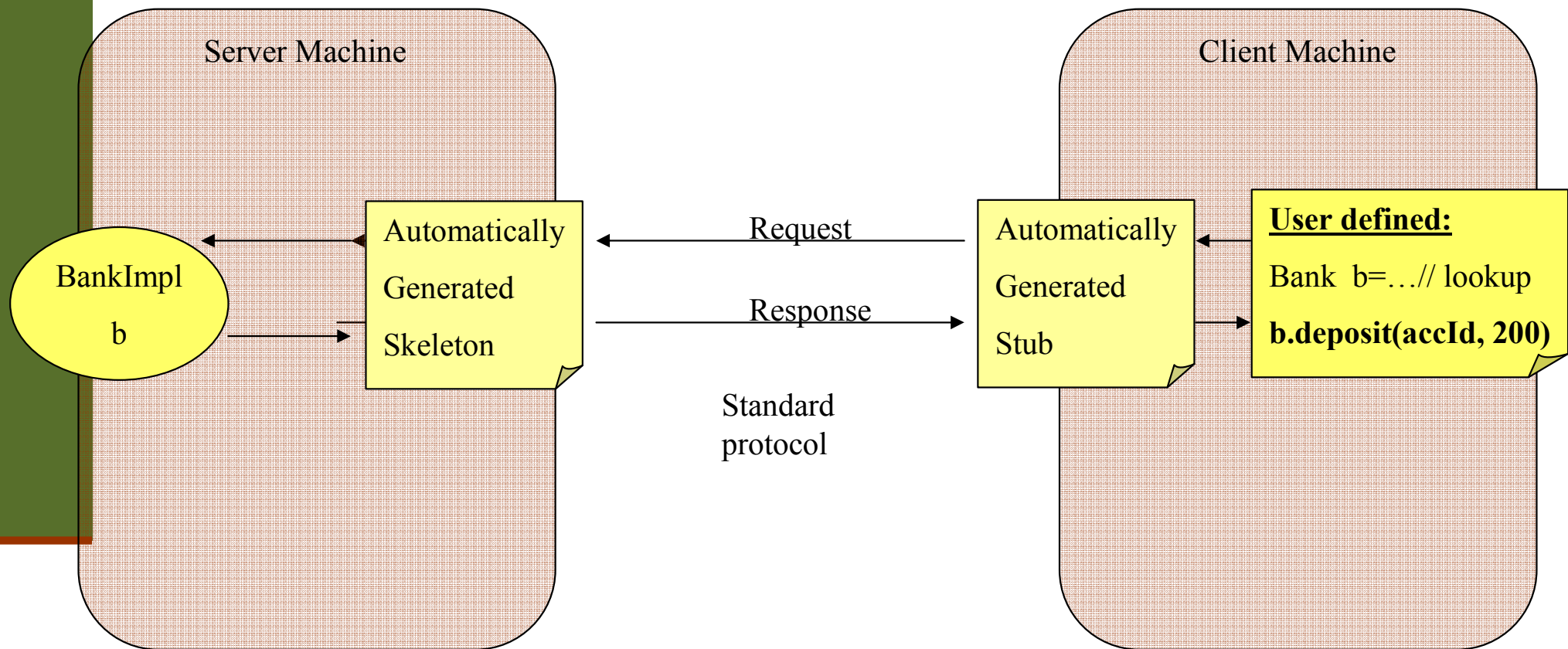
\* For an opposing viewpoint, see <http://www.bbspot.com/News/2001/04/network.html>

# Non-RMI Approach

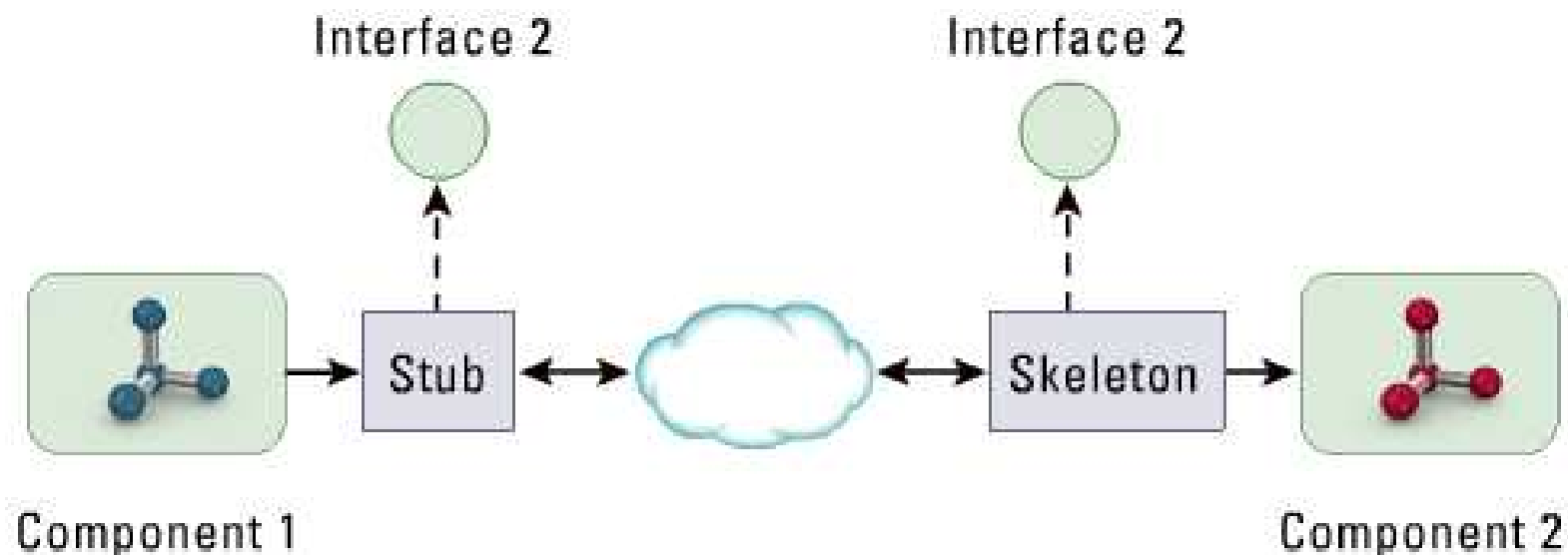




# RMI Approach



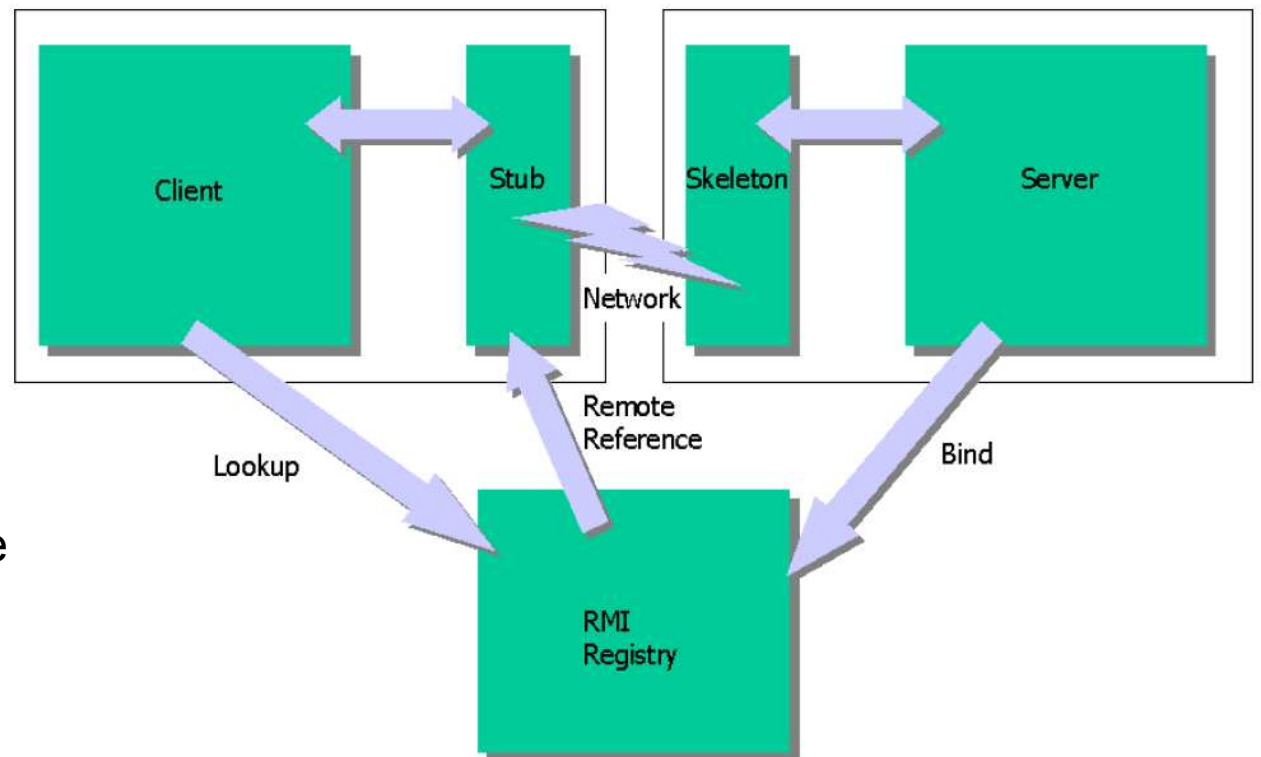
# RMI Architecture



- If an interaction between two components is distributable, the application server must provide an RMI infrastructure by which the two components communicate
- Marshalling and unmarshalling of arguments and return values
- Passing distributed exceptions
- Passing security context and transaction context between the caller and the target

# RMI Architecture

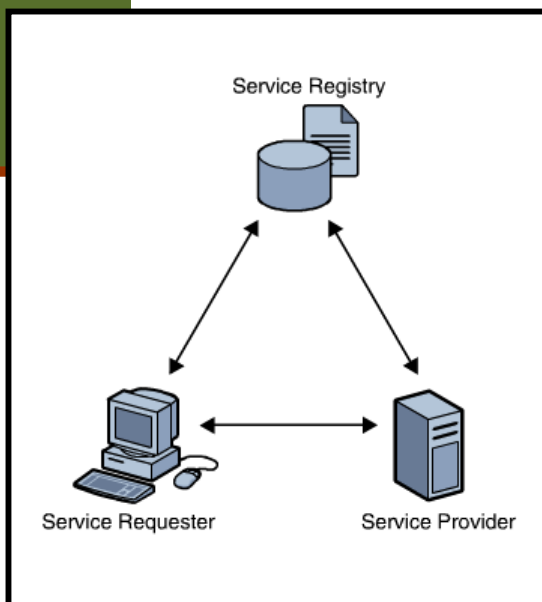
- Objects can be accessed remotely because they extend the Remote object
- RMI servers must be designed as an RMI server from scratch because it is not easy to take non-remote classes and make them remote
- A frequently used technique for creating sets of remote objects of the same type is to create a remote object factory that manages those objects and passes back references to those objects to clients



# Web Services

- רעיון הפעלה של פונקציה על מחשב מרוחק עומד גם מאחורי Web Services
- Web Services בשונה מ MRI אינם תלויי שפת תכנות וניתן להפעיל אותם בעזרת פרוטוקולי טקסט (SOAP) בפורמט XML מעל HTTP או ישירות מעל HTTP (RESTful Web Services)

■ נדון בהם בהרחבה בהמשך הקורס



# Web/Application Servers

■ RMI משמש כטכנולוגיית תשתית לשרתי J2EE (EJB)

■ שרתים אלו אשר נכתבו כ Containers ל- Components וכאלה מטפלים בכל היבטי התקשורת בעבור כותב ה Component

# References

## ■ Trail: Custom Networking

- <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/networking/TOC.html>

## ■ Trail: RMI

by Ann Wollrath and Jim Waldo

- <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/rmi/index.html>

## ■ Fundamentals of RMI Short Course

by jGuru

- <http://developer.java.sun.com/developer/onlineTraining/rmi/RMI.html>

## ■ Java RMI Tutorial

by Ken Baclawski

- [http://www.ccs.neu.edu/home/kenb/com3337/rmi\\_tut.html](http://www.ccs.neu.edu/home/kenb/com3337/rmi_tut.html)