Curs 11

Testarea sistemelor soft

Suport de curs bazat pe ***B. Bruegge and A.H. Dutoit***

"Object-Oriented Software Engineering using UML, Patterns, and Java"

Testarea sistemelor soft

- *Testarea* = procesul de identificare a diferenţelor dintre comportamentul dorit/aşteptat al sistemului (specificat cu ajutorul modelelor) şi comportamentul observat al acestuia
  - *Testarea unitară* - identifică diferenţe dintre specificarea unui obiect şi implementarea acestuia ca şi componentă
  - *Testarea structurală* - identifică diferenţe dintre modelul aferent proiectării de sistem şi comportamentul unei grup de subsisteme integrate
  - *Testarea funcţională* - identifică diferenţe dintre modelul cazurilor de utilizare şi sistem
  - *Testarea performanţei* - identifică diferenţe dintre cerinţele nefuncţionale şi performanţele sistemului
- Din perspectiva modelării, testarea reprezintă o încercare de a demonstra că implementarea sistemului este inconsistentă cu modelele acestuia
  - Scopul este proiectarea unor teste care să pună în evidenţă defectele sistemului

Fiabilitatea sistemelor soft

- *Corectitudinea* unui sistem în raport cu specificaţia - vizează concordanţa dintre comportamentul observat al sistemului şi specificarea acestuia.
  - *Fiabilitatea softului* = probabilitatea ca acel soft să nu cauzeze eşecul sistemului, pentru o anumită perioadă de timp şi în condiţii specificate [IEEE Std. 982.2-1988]
- *Eşec* (eng. *failure*) = orice deviere a comportamentului observat de la cel specificat/aşteptat
- *Eroare/stare de eroare* (eng. *erroneous state*) = orice stare a sistemului în care procesările ulterioare ar conduce la eşec
- *Defect* (eng. *fault*/*defect*/*bug*) = cauza mecanică sau algoritmică a unei stări de eroare
- *Testare* = încercarea sistematică şi planificată de a găsi defecte în softul implementat
  - "*Testing can only show the presence of bugs, not their absence.*" (E. Dijkstra)

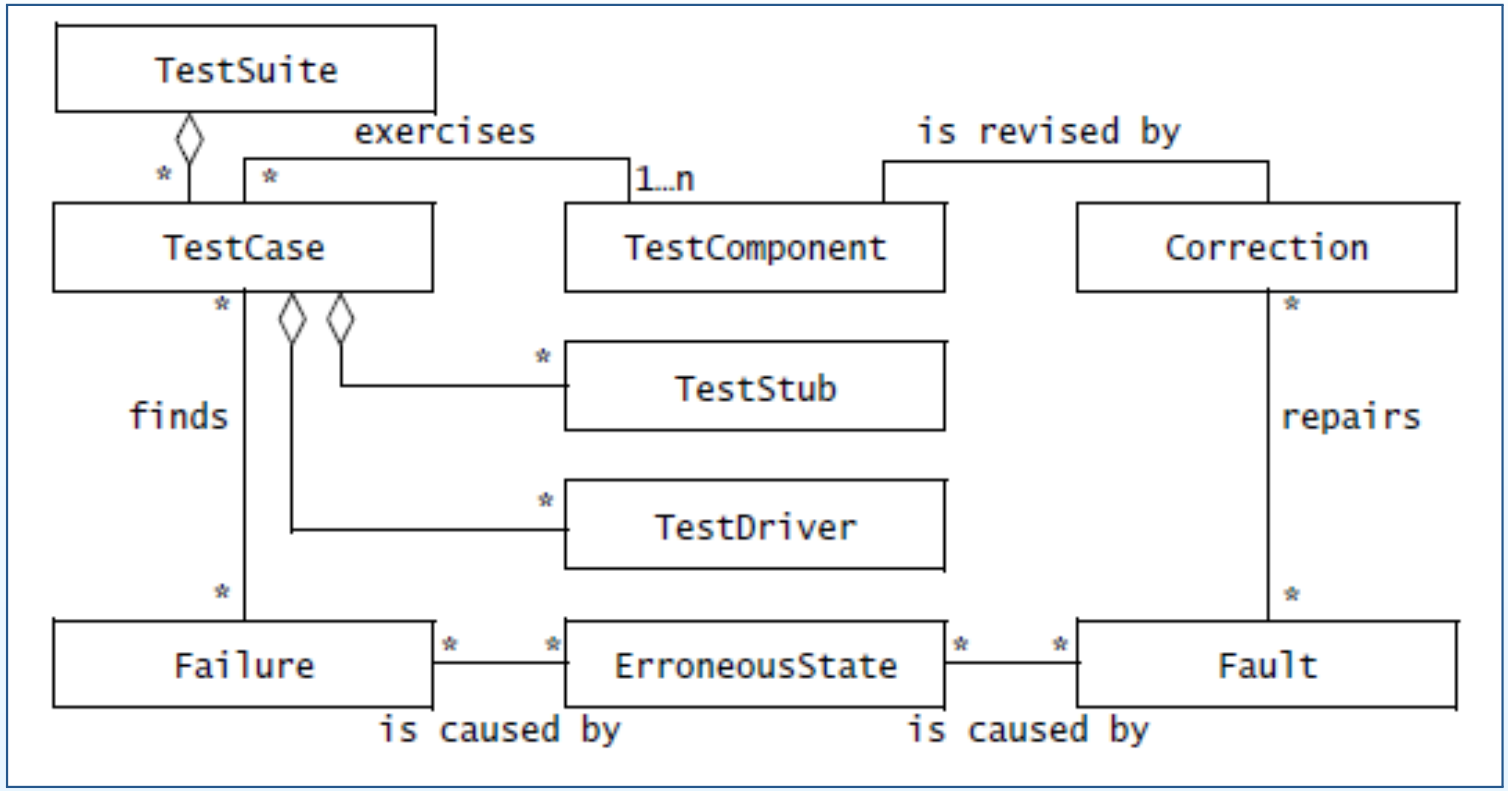
Fiabilitatea sistemelor soft (cont.)

- Tehnici de creştere a fiabilităţii sistemelor soft
  - *Tehnici privind evitarea defectelor* (eng. *fault avoidance techniques*)
    - identifică posibilele defecte la nivel static (fără o execuţie a modelelor/codului) şi încearcă să prevină introducerea acestora în sistem
    - ex.: metodologii formale - Cleanroom, Correctness by Construction
  - *Tehnici privind detectarea defectelor* (eng. *fault detection techniques*)
    - sunt utilizate în timpul procesului de dezvoltare, pentru a identifica stările de eroare şi defectele care le-au provocat, anterior livrării sistemului (ex. review, testare, depanare)
    - nu îşi propun recuperarea sistemului din stările de eşec induse de defectele identificate
  - *Tehnici privind tolerarea defectelor* (eng. *fault tolerance techniques*)
    - pornesc de la premisa că sistemul poate fi livrat cu defecte şi că eventualele eşecuri pot fi gestionate prin recuperare în urma lor la execuţie
    - ex.: sistemele redundante utilizează mai multe calculatoare şi softuri diferite pentru realizarea aceloraşi sarcini

Testarea sistemelor soft - concepte

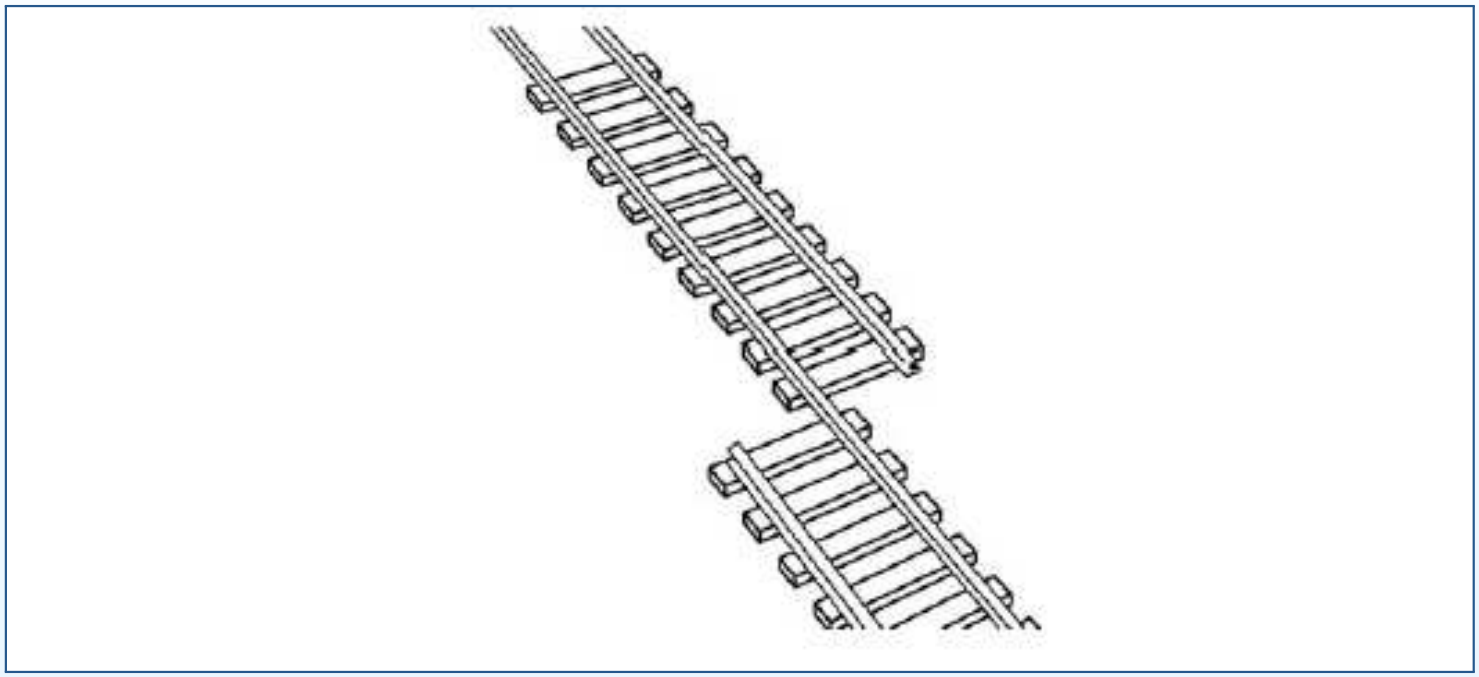
- *Componentă de test* (eng. *test component*) = parte a unui sistem care poate fi izolată pentru testare (obiect/subsistem, grup de obiecte/subsisteme)
- *Defect* (eng. *fault, bug, defect*) = greşeală de proiectare sau codificare ce poate determina un comportament anormal al unei componente
- *Stare de eroare* (eng. *error state*) = manifestare a unui defect în timpul execuţiei sistemului
- *Eşec* (eng. *failure*) = deviere a comportamentului observat al componentei de la cel specificat
- *Caz de test* (eng. *test case*) = o mulţime de date de intrare şi rezultate aşteptate, proiectate cu intenţia de a provoca eşecul sistemului şi a descoperi defecte la nivelul componentelor
- eng. *Test stub* = implementare parţială a unei componente, de care depinde componenta de test
- eng. *Test driver* = implementare parţială a unei componente care depinde de componenta de test (împreună cu stub-urile, permit izolarea unei componente pentru testare)
- *Corectură* (eng. *Correction*) = modificare a unei componente, în scopul de a remedia un defect (poate introduce noi defecte)

Testarea sistemelor soft - concepte (cont.)



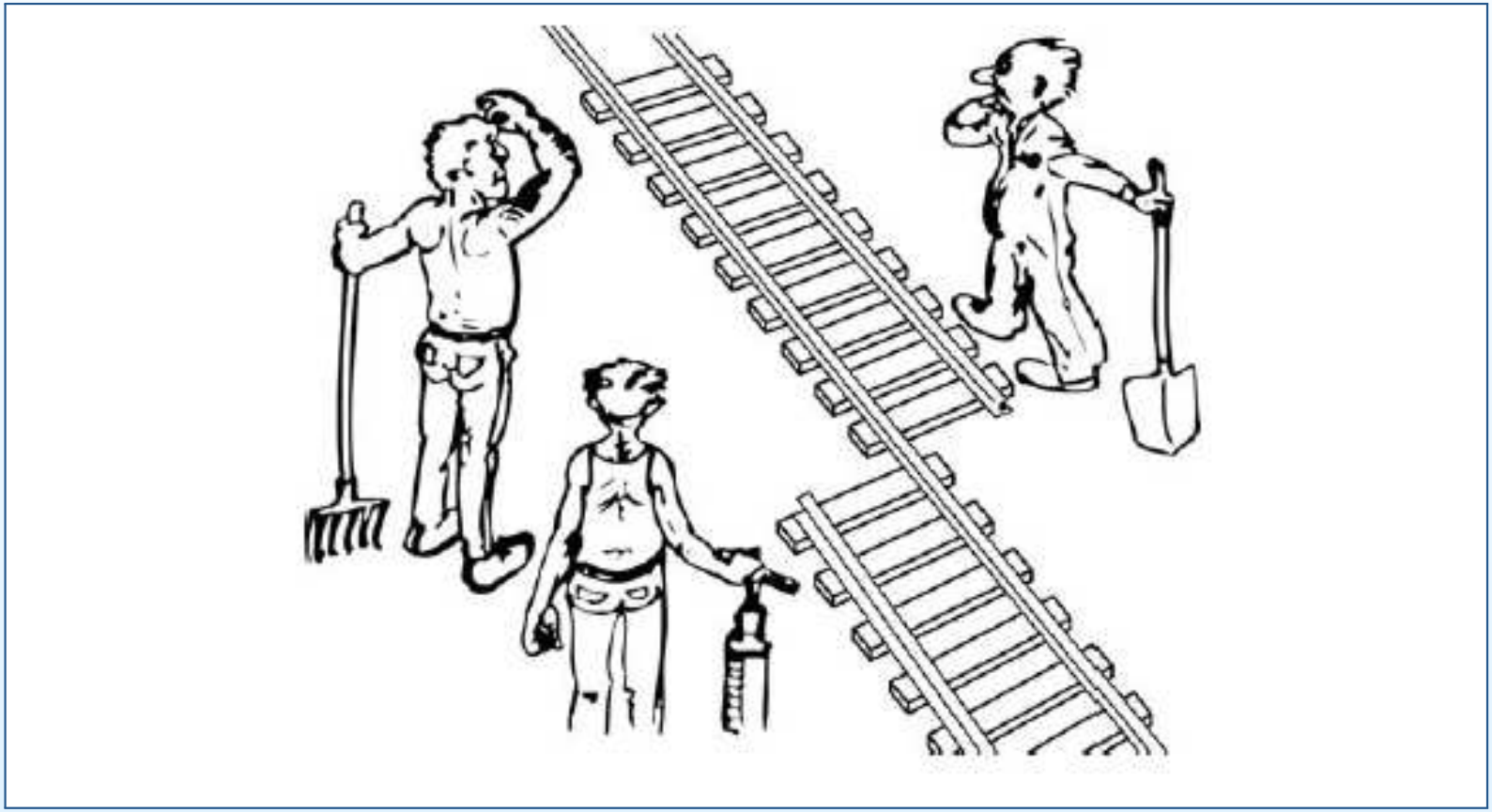
Testarea sistemelor soft - concepte (cont.)

- Eşec, eroare sau defect?



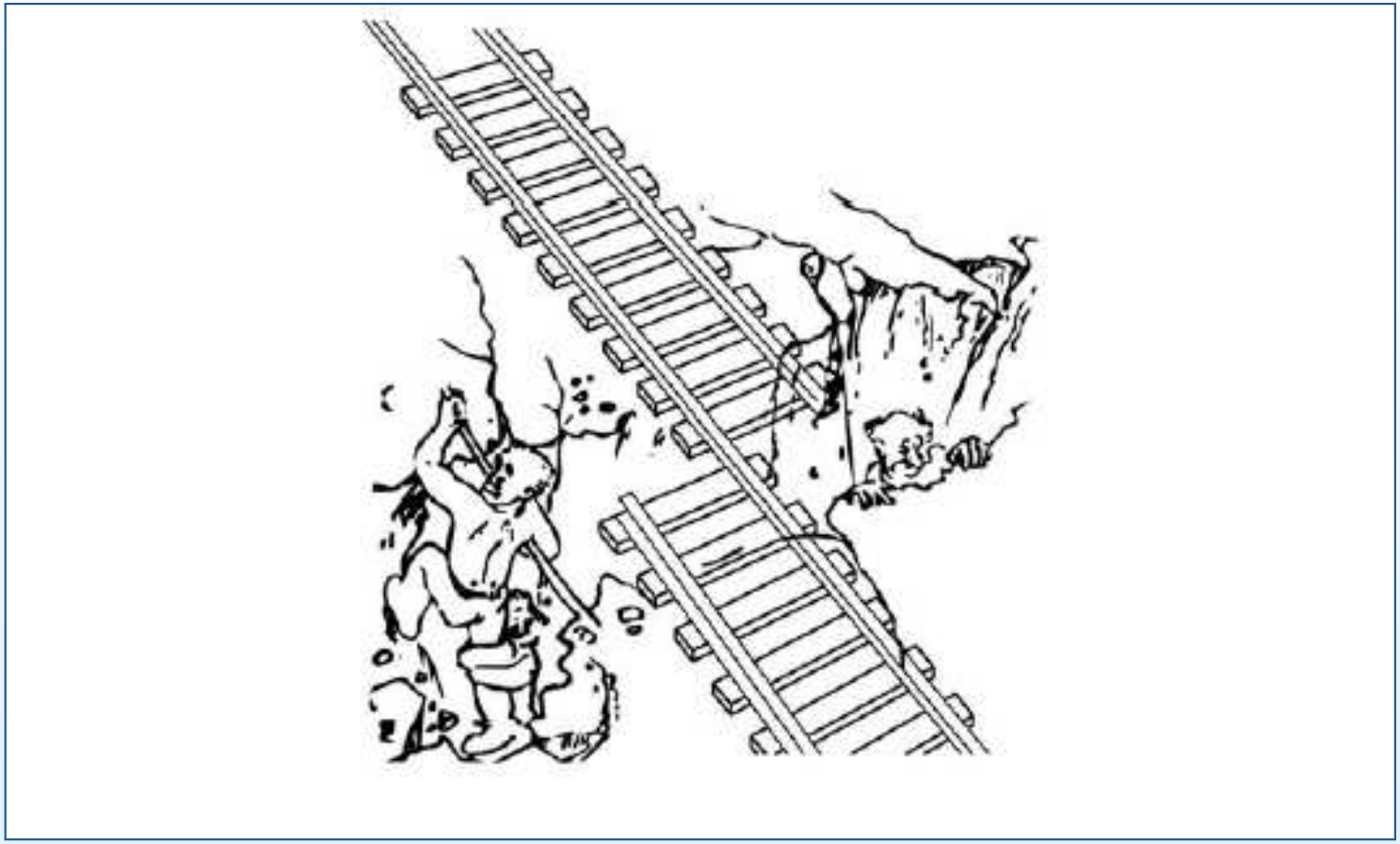
Testarea sistemelor soft - concepte (cont.)

- Defect algoritmic
  - omiterea iniţializării unei variabile
  - setarea unei variabile folosite drept index in afara valorilor permise



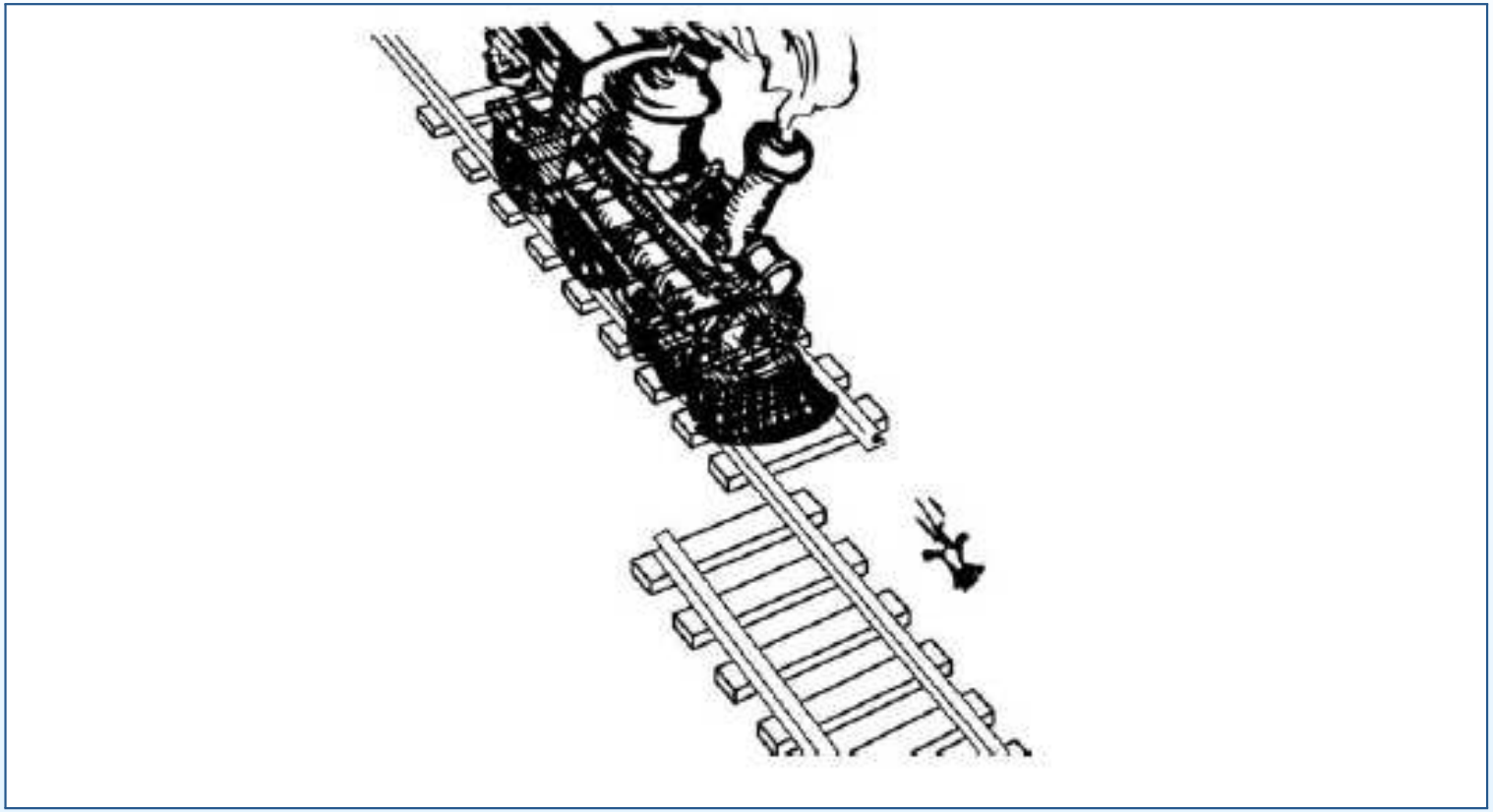
Testarea sistemelor soft - concepte (cont.)

- Defect mecanic
  - defect la nivelul maşinii virtuale
  - pană de curent



Testarea sistemelor soft - concepte (cont.)

- Eroare



Testarea sistemelor soft - activităţi

- *Planificarea testării* (eng. *test planning*)
  - alocă resurse şi programează activităţile de testare
  - această activitate ar trebui să aibă loc devreme în procesul de dezvoltare, astfel încât testării să i se aloce suficient timp şi resursă umană calificată (ex. cazurile de test ar trebui proiectate imediat ce modelele aferente devin stabile)
- *Inspectarea componentelor* (eng. *component inspection*)
  - Identifică defecte la nivelul componentelor prin inspectarea manuală a codului sursă al acestora
- *Testarea utilizabilităţii* (eng. *usability testing*)
  - încearcă să detecteze defecte în proiectarea interfeţei utilizator a sistemului
  - uneori, sistemele eşuează din cauză că utilizatorii sunt induşi în eroare de interfaţa grafică şi introduc neintenţionat date eronate
- *Testarea unitară* (eng. *unit testing*)
  - încearcă să detecteze defecte la nivelul obiectelor sau subsistemelor individuale, raportându-se la specificarea acestora (modelul aferent proiectării obiectuale)

Testarea sistemelor soft - activităţi (cont.)

- *Testarea de integrare* (eng. *integration testing*)
  - încearcă să identifice defecte prin integrarea diferitor componente, raportându-se la modelul aferent proiectării de sistem
  - *testarea structurală* (eng. *structural testing*) = testare de integrare implicând toate componentele sistemului
- *Testarea de sistem* (eng. *system testing*)
  - testează sistemul integrat în ansamblu
  - *testarea funcţională* (eng. *functional testing*) - realizată de către dezvoltatori, testează sistemul în raport cu modelul său funcţional
  - *testarea performanţei* (eng. *performance testing*) - realizată de către dezvoltatori, testează sistemul în raport cu specificarea cerinţelor nefuncţionale şi cu obiectivele adiţionale de proiectare
  - *testarea de acceptare* şi *testarea de instalare* (eng. *acceptance testing*, *installation testing*) - realizate de către clienţi în mediul de dezvoltare, respectiv de exploatare a sistemului

Inspectarea componentelor

- Inspectarea identifică defectele unei componente prin analiza codului acesteia, în cadrul unei reuniuni formale
  - Inspecţiile pot avea loc anterior sau ulterior testării unitare
- *Metoda inspectării a lui Fagan* [Fagan, 1976] - primul proces structurat de inspectare
  - Inspecţia este condusă de către o echipă de dezvoltatori, incluzând autorul componentei, un moderator şi unul sau mai mulţi recenzori
  - Paşi
    - *Overview* - autorul componentei prezintă, pe scurt, scopul acesteia şi obiectivele inspecţiei
    - *Pregătire* - recenzorii se familiarizează cu codul componentei (fără a se focusa pe identificarea defectelor)
    - *Şedinţa de inspectare* - unul dintre cei prezenţi parafrazează codul sursă al componentei şi membrii echipei semnalează probleme cu privire la acesta
    - *Revizuire* - autorul revizuieşte codul componentei, conform observaţiilor primite
    - *Urmări* - moderatorul verifică varianta revizuită şi poate stabili necesitatea de reinspectare

Inspectarea componentelor (cont.)

- Etape critice: pregătirea şi şedinţa de inspectare
- În afara identificării defectelor, recenzorii pot semnala abateri de la standardele de codificare sau ineficienţe
- Eficienţa unei inspecţii depinde de pregătirea recenzorilor

- *Active Design Review* [Parnas and Weiss, 1985] - proces de inspectare îmbunătăţit
  - Elimină şedinţa de inspectare, recenzorii identifică defecte în faza de pregătire
  - La finalul etapei de pregătire, fiecare recenzor completează un chestionar care atestă gradul de înţelegere a componenetei
  - Autorul colectează feedback asupra componentei în urma unor întâlniri individuale cu fiecare recenzor
- Ambele metode de inspectare s-au dovedit a fi mai eficiente în descoperirea defectelor decât testarea
  - În proiectele critice se recurge atât la inspecţii, cât şi la testare, întrucât au tendinţa de a identifica tipuri diferite de erori

Testarea utilizabilităţii

- Identifică diferenţele dintre sistem şi aşteptările utilizatorilor cu privire la comportamentul acestuia (spre deosebire de celelalte tipuri de testare, nu compară sistemul cu o specificaţie)
- Tehnica de realizare a testelor privind utilizabilitatea
  - Dezvoltatorii formulează un set de obiective descriind informaţia pe care se aşteaptă să o obţină în urma testelor (ex.: evaluarea layout-ului interfeţei grafice, evaluarea impactului pe care timpul de răspuns îl are asupra eficienţei utilizatorilor, evaluarea măsurii în care documentaţia online răspunde nevoilor utilizatorilor)
  - Obectivele anterioare sunt evaluate într-o serie de experimente în care reprezentaţi ai utilizatorilor sunt antrenaţi să execute anumite sarcini
  - Dezvoltatorii observă participanţii şi colectează date privind performanţele acestora (timp de îndeplinire a unei sarcini, rata erorilor) şi preferinţele lor
- Tipuri de teste de utilizabilitate
  - Teste bazate pe scenarii
  - Teste bazate pe prototipuri (verticale sau orizontale)
  - Teste pe baza sistemului real

Testarea utilizabilităţii (cont.)

- Elemente fundamentale ale testelor de utilizabilitate
  - obiectivele de test
  - reprezentanţi ai utilizatorilor
  - mediul de lucru, real sau simulat
  - interogare extensivă a utilizatorilor de către responsabilul cu testele de utilizabilitate
  - colectare şi analiză a rezultatelor cantitative şi calitative
  - recomandări cu privire la modul de îmbunătăţire a asistemului
- Obiective de test uzuale
  - compararea a două stiluri de interacţiune utilizator
  - identificarea celor mai bune/rele funcţionalităţi într-un scenariu/prototip
  - identificarea funcţionalităţilor utilie pentru începători/experţi
  - identificarea situaţiilor care necesită help online, etc.

Testarea unitară

- Se focusează pe componentele elementare ale sistemului soft - obiecte şi subsisteme
  - Candidaţi pentru testarea unitară: toate clasele modelului obiectual şi toate subsistemele identificate în proiectarea de sistem
- Avantaje
  - Reducerea complexităţii activităţilor de testare, prin focusarea pe componente cu granularitate mică
  - Uşurinţa identificării şi corectării defectelor, ca urmare a numărului mic de componente implicate într-un test
  - Posibilitatea introducerii paralelismului în activitatea de testare (componentele pot fi testate independent şi simultan)
- Tehnici de testare unitară
  - *Testarea bazată pe echivalenţe* (eng. *equivalence testing*)
  - *Testarea frontierelor* (eng. *boundary testing*)
  - *Testarea căilor de execuţie* (eng. *path testing*)
  - *Testarea bazată pe stări* (eng. *state-based testing*)
  - *Testarea polimorfismului* (eng. *polymorphism testing*)

Testarea bazată pe echivalenţe

- Tehnică de testare blackbox care minimizează numărul de cazuri de test, prin partiţionarea intrărilor posibile în clase de echivalenţă şi selectarea unui caz de test pentru fiecare astfel de clasă
  - Se presupune că sistemul se comportă în mod similar pentru toţi membrii unei clase de echivalenţă => testarea comportamentului aferent unei clase de echivalenţă se poate realiza prin testarea unui singur membru al clasei
- Paşi
  - I. Identificarea claselor de echivalenţă
  - II. Selectarea intrărilor pentru test
- Criterii utilizate în stabilirea claselor de echivalenţă
  - *Acoperire*: fiecare intrare posibilă trebuie să aparţină uneia dintre clasele de echivalenţă
  - *Caracter disjunct*: o aceeaşi intrare nu poate aparţine mai multor clase de echivalenţă
  - *Reprezentare*: Dacă, prin utilizarea ca şi intrare a unui anumit membru al unei clase de echivalenţă, execuţia conduce la o stare de eroare, atunci aceeaşi stare va putea fi detectată utilizând ca şi intrare orice alt membru al clasei

Testarea bazată pe echivalenţe (cont.)

- Ex.: testarea unei metode care returnează numărul de zile dintr-o lună, date fiind luna şi anul (întregi)

```
class MyGregorianCalendar {
...
    public static int getNumDaysInMonth(int month, int year) {…}
...
}
```

- I.1 Identificarea claselor de echivalenţă pentru lună
  - clasa lunilor cu 31 de zile (1,3,5,7,8,10,12)
  - clasa lunilor cu 30 de zile (4,6,9,11)
  - clasa lunilor cu 28/29 de zile (2)
- I.2 Identificarea claselor de echivalenţă pentru an
  - clasa anilor bisecţi
  - clasa anilor non-bisecţi
- Valori invalide
  - pentru lună: < 1, > 12
  - pentru an: < 0

Testarea bazată pe echivalenţe (cont.)

- II. Selectarea reprezentanţilor pentru test
  - II.1 Pentru lună: 2 (February), 6 (June), 7 (July)
  - II.2 Pentru an: 1904, 1901
  - => 6 clase de echivalenţă prin combinaţie

Equivalence class	Value for month input	Value for year input
Months with 31 days, non–leap years	7 (July)	1901
Months with 31 days, leap years	7 (July)	1904
Months with 30 days, non–leap years	6 (June)	1901
Month with 30 days, leap year	6 (June)	1904
Month with 28 or 29 days, non–leap year	2 (February)	1901
Month with 28 or 29 days, leap year	2 (February)	1904

Testarea frontierelor

- Caz particular al metodei de testare bazată pe echivalenţe, focusată pe explorarea cazurilor limită
  - În loc să se aleagă un reprezentant arbitrar al clasei de echivalenţă pentru testare, metoda cere alegerea unui element aflat "la limită" (caz particular)
  - Presupunerea care stă la baza acestui tip de testare este aceea că dezvoltatorii omit adesea cazurile speciale ("frontierele" claselor de echivalenţă) (ex.: 0, stringuri vide, anul 2000, etc.)
- Ex.: pentru exemplul considerat anterior
  - Luna 2 (February) şi anii 1900 si 2000 (un an multiplu de 100 nu este bisect decât daca este şi multiplu de 400)
  - Lunile 0 şi 13, aflate la limita clasei de echivalenţă conţinând lunile invalide

Equivalence class	Value for month input	Value for year input
Leap years divisible by 400	2 (February)	2000
Non–leap years divisible by 100	2 (February)	1900
Nonpositive invalid months	0	1291
Positive invalid months	13	1315

Testarea căilor de execuţie

- Metodă de tip whitebox, care identifică defecte în implementarea unei componente, prin testarea tuturor căilor de execuţie din cod
  - Presupunerea din spatele acestei tehnici este aceea că, prin execuţia, cel puţin o dată, a fiecărei căi (eng. *path*) din cod, majoritatea defectelor vor genera eşecuri
  - Punctul de start în aplicarea acestei metode îl constituie construirea unei reprezentări de tip schemă logică (eng. *flow graph*) asociate codului testat
    - nodurile corespund instrucţiunilor
    - arcele corespund fluxului de control
  - Ex.: implementare greşită a metodei *getNumDaysInMonth()*

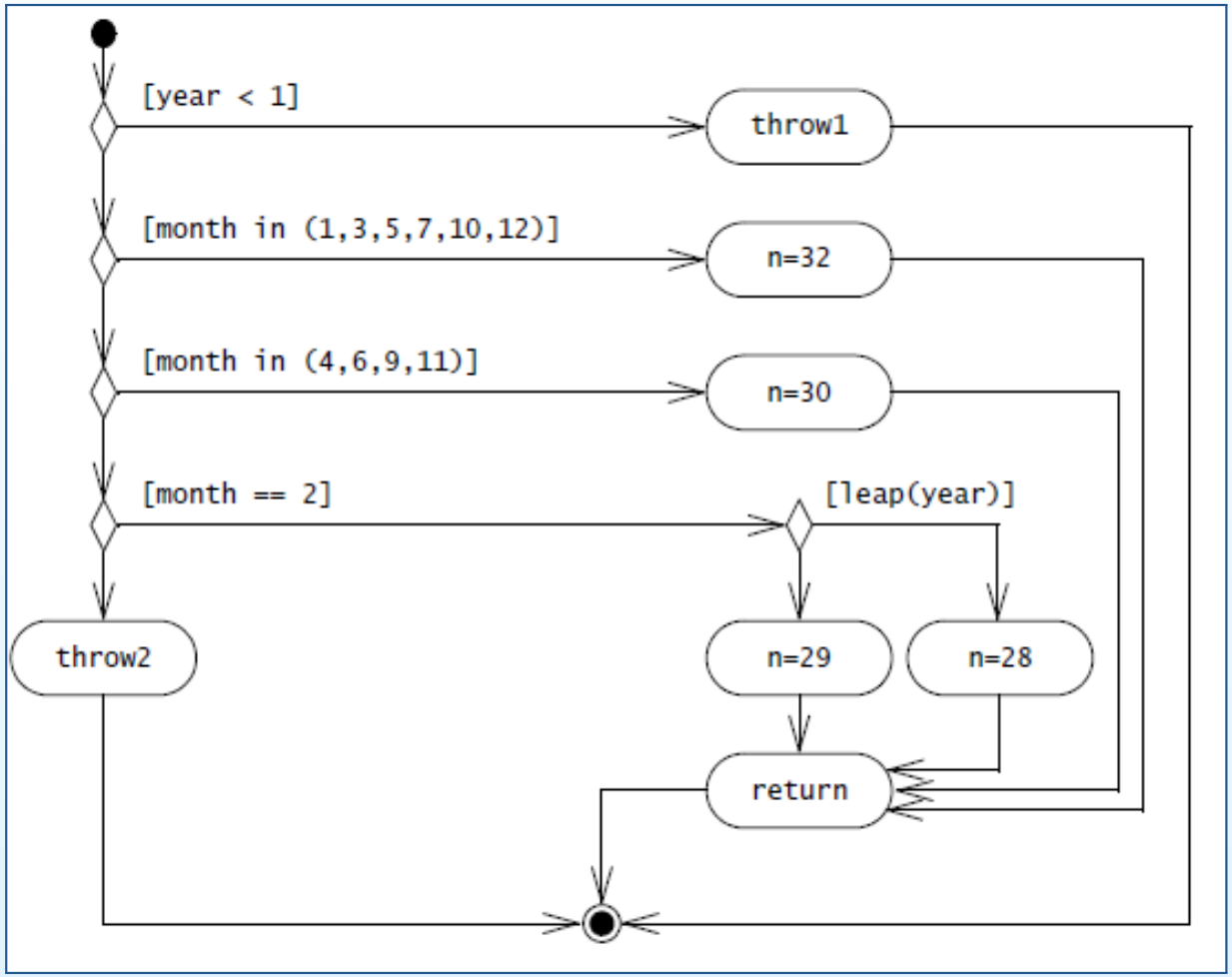
```
public class MonthOutOfBounds extends Exception {…};
public class YearOutOfBounds extends Exception {…};

class MyGregorianCalendar {
    public static boolean isLeapYear(int year) {
        boolean leap;
        if ((year%4) == 0){
            leap = true;
        } else {
            leap = false;
        }
        return leap;
    }
```

Testarea căilor de execuţie (cont.)

```
    public static int getNumDaysInMonth(int month, int year)
            throws MonthOutOfBounds, YearOutOfBounds {
        int numDays;
        if (year < 1) {
            throw new YearOutOfBounds(year);
        }
        if (month == 1 || month == 3 || month == 5 || month == 7 ||
                month == 10 || month == 12) {
            numDays = 32;
        } else if (month == 4 || month == 6 || month == 9 || month == 11) {
            numDays = 30;
        } else if (month == 2) {
            if (isLeapYear(year)) {
                numDays = 29;
            } else {
                numDays = 28;
            }
        } else {
            throw new MonthOutOfBounds(month);
        }
        return numDays;
    }
}
```

Testarea căilor de execuţie (cont.)

- Schema logică aferentă implementării (greşite a) metodei *getNumDaysInMonth()* (diagramă UML de activităţi)



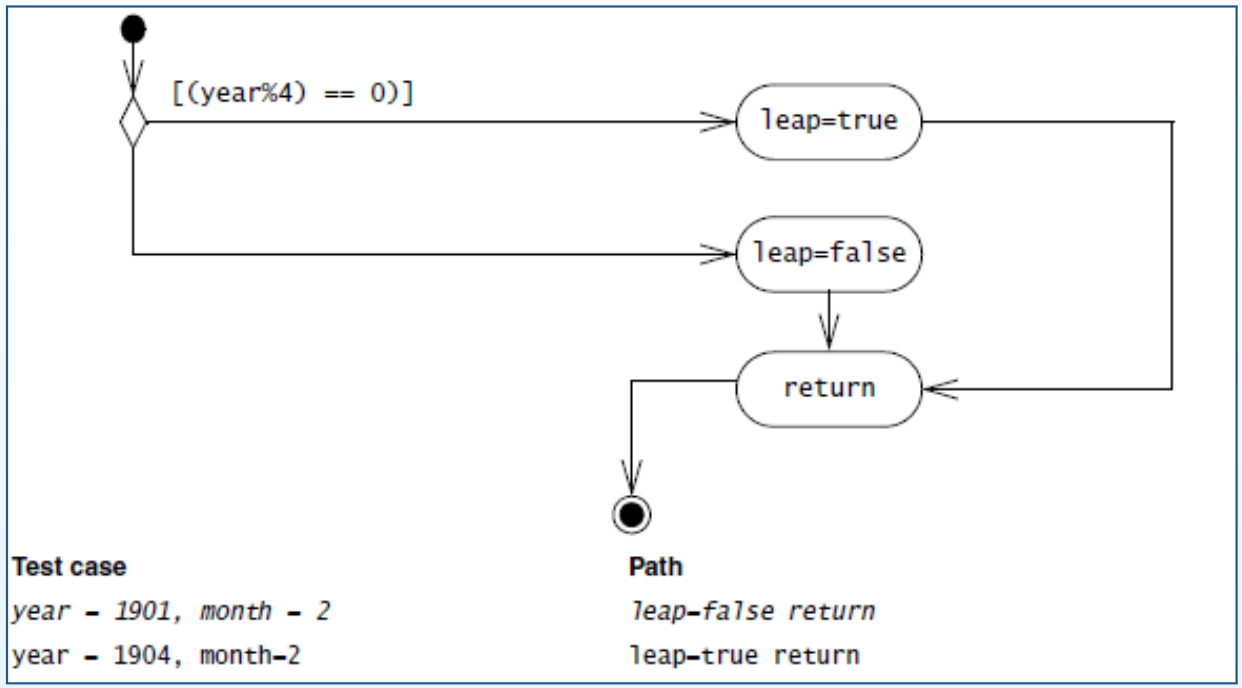
Testarea căilor de execuţie (cont.)

- Testarea completă a căilor de execuţie presupune proiectarea cazurilor de test astfel încât fiecare arc al diagramei de activităţi să fie traversat cel puţin o dată
  - Aceasta presupune analiza fiecărui nod decizional şi selectarea câte unei intrări pentru fiecare dintre ramurile *true* şi *false*
    - combinaţia (1,1901) identifică defectul *n=32*
  - Ex.: cazurile de test generate pentru metoda *getNumDaysInMonth()*

Test case	Path
(year = 0, month = 1)	{throw1}
(year = 1901, month = 1)	{n=32 return}
(year = 1901, month = 2)	{n=28 return}
(year = 1904, month = 2)	{n=29 return}
(year = 1901, month = 4)	{n=30 return}
(year = 1901, month = 0)	{throw2}

Testarea căilor de execuţie (cont.)

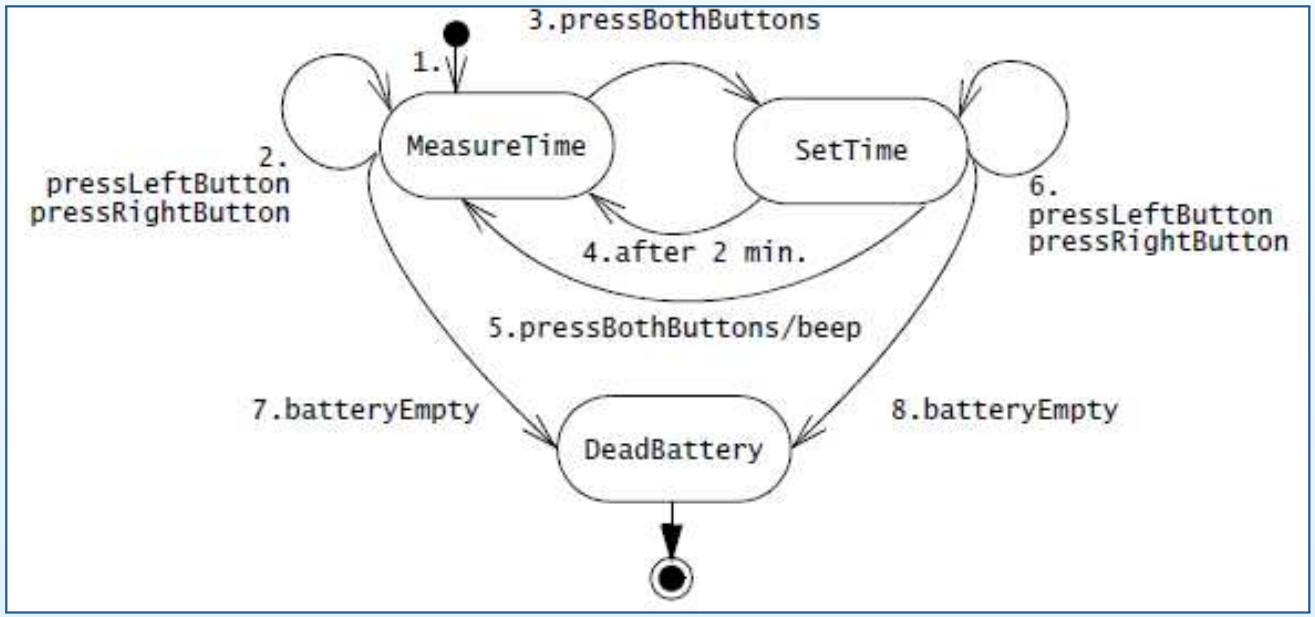
- Ex.: diagrama de activităţi şi cazurile de test generate pentru metoda *isLeapYear()*



- Testarea căilor de execuţie vs. testarea bazată pe echivalenţe / a frontierelor
  - ambele detectează defectul *n=32*
  - prima e posibil să nu genereze caz de test aferent anilor multiplu de 100
  - e posibil ca nici unul dintre cazurile de test generate de cele două metode să nu identifice eroarea asociată lunii 8

Testarea bazată pe stări

- Tehnică de testare a sistemelor orientate obiect, care generează cazuri de test pentru o clasă pe baza diagramei UML de tranziţie a stărilor asociată respectivei clase
  - Pentru fiecare stare, se stabileşte un set reprezentativ de stimuli aferenţi tranziţiilor posibile din acea stare (similar testării bazate pe echivalenţe)
  - După aplicarea fiecărui stimul, se compară starea curentă a componentei cu cea indicată de diagramă, indicându-se eşec în caz de neconcordanţă
- Ex.: diagramă de tranziţie a stărilor aferentă clasei *2Bwatch*



Testarea bazată pe stări (cont.)

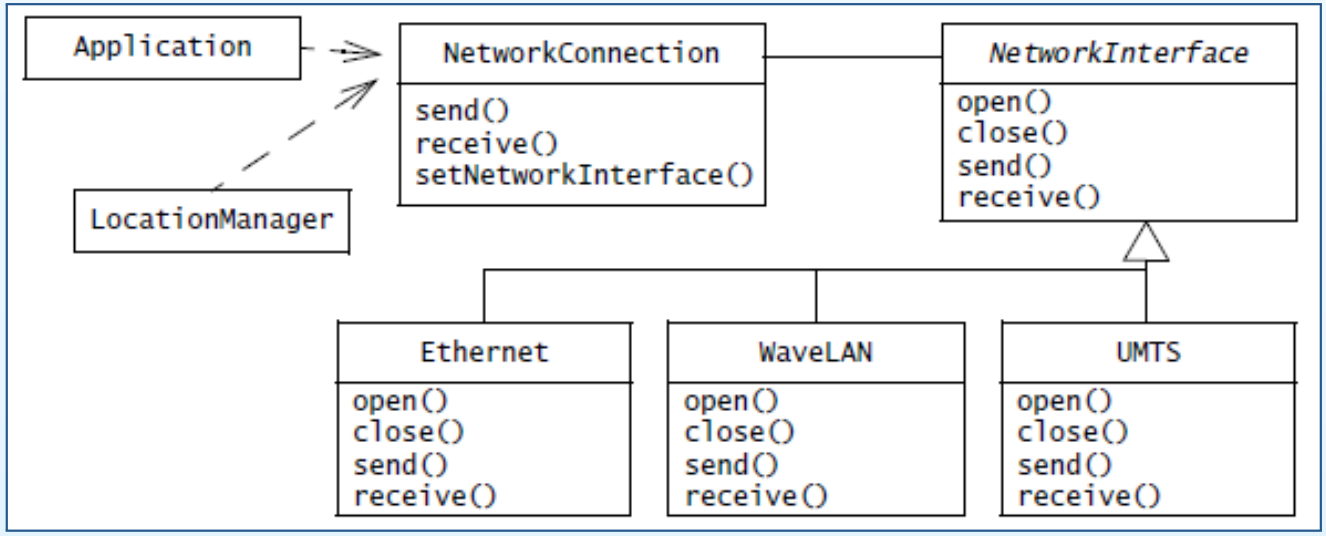
- Ex.: cazuri de test generate pentru sistemul *2Bwatch* (a.î. fiecare tranziţie, exceptând 7 şi 8, să fie traversată cel puţin o dată)

Stimuli	Transition tested	Predicted resulting state
Empty set	1. *Initial transition*	`MeasureTime`
Press left button	2.	`MeasureTime`
Press both buttons simultaneously	3.	`SetTime`
Wait 2 minutes	4. *Timeout*	`MeasureTime`
Press both buttons simultaneously	3. *Put the system into the SetTime state to test the next transition.*	`SetTime`
Press both buttons simultaneously	5.	`SetTime->MeasureTime`
Press both buttons simultaneously	3. *Put the system into the SetTime state to test the next transition.*	`SetTime`
Press left button	6. ~~Loop back onto `MeasureTime`~~	~~`MeasureTime`~~ SetTime

- Avantaje/dezavantaje ale testării bazate pe stări
  - - Starea fiind încapsulată, cazurile de test trebuie să includă aplicarea unor secvenţe de stimuli care aduc componenta în starea dorită, înainte de a putea testa o anumită tranziţie
  - + Potenţial de automatizare

Testarea polimorfismului

- Polimorfismul introduce o nouă provocare în procesul de testare, prin faptul că permite ca un acelaşi mesaj să se concretizeze în apeluri de metode diferite, funcţie de tipul actual al apelatului
  - Atunci când se realizează testarea căilor de execuţie pentru o metodă ce utilizează polimorfism, este necesar să se ia în calcul toate legăturile posibile => necesitatea de a expanda metoda pentru a aplica algoritmul clasic de test
  - Ex.: aplicare a şablonului *Strategy* pentru a încapsula diferite implementări *NetworkInterface*



Testarea polimorfismului (cont.)

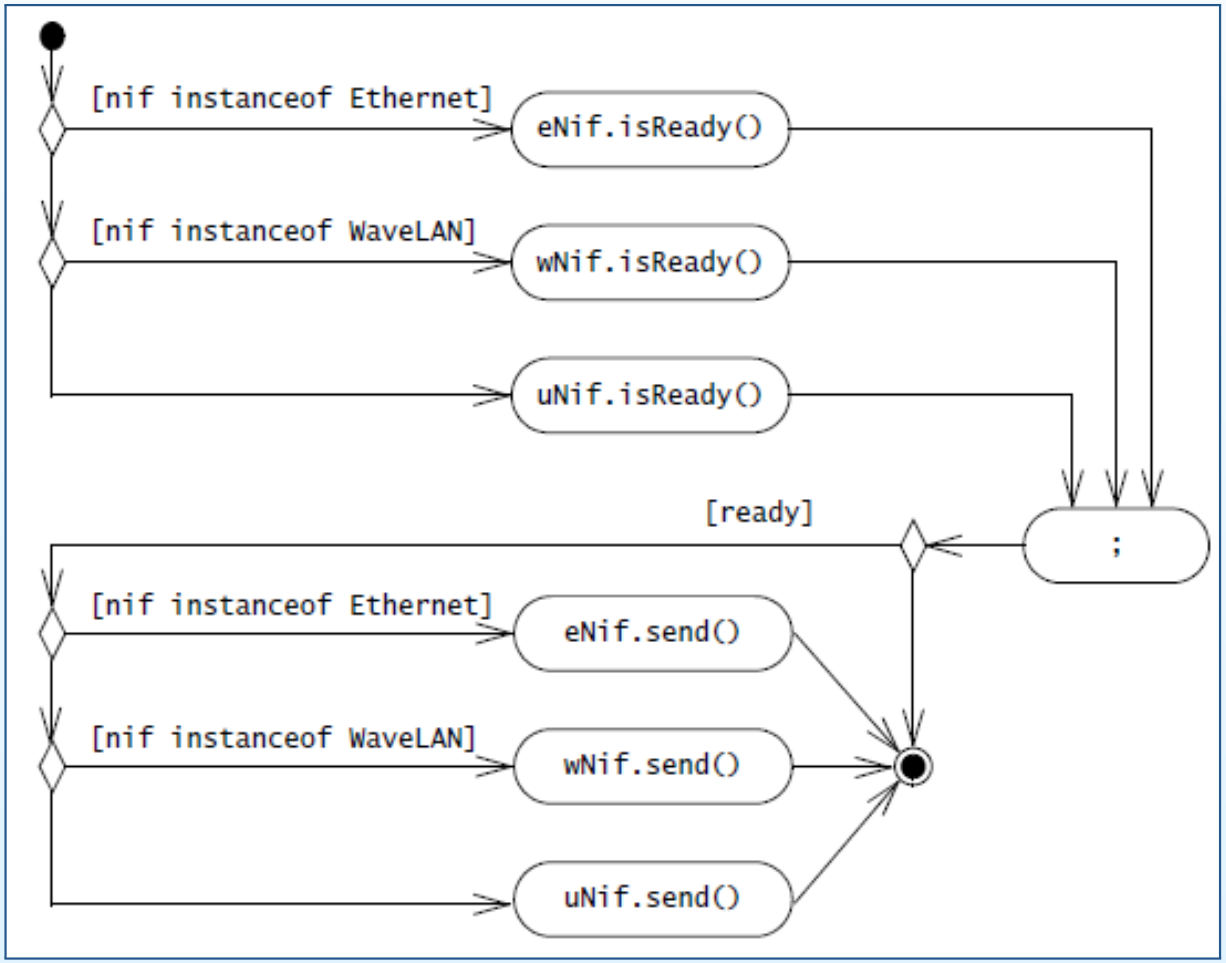
- Ex.: Codul sursă al metodei *NetworkConnection.send()*, cu şi fără polimorfism (ultima variantă este cea folosită pentru generarea cazurilor de test)

```
public class NetworkConnection {
//...
private NetworkInterface nif;
void send(byte msg[]) {
    queue.concat(msg);
    if (nif.isReady()) {
        nif.send(queue);
        queue.setLength(0);
    }
}
}
```

```
public class NetworkConnection {
//...
private NetworkInterface nif;
void send(byte msg[]) {
    queue.concat(msg);
    boolean ready = false;
    if (nif instanceof Ethernet) {
        Ethernet eNif = (Ethernet)nif;
        ready = eNif.isReady();
    } else if (nif instanceof WaveLAN) {
        WaveLAN wNif = (WaveLAN)nif;
        ready = wNif.isReady();
    } else if (nif instanceof UMTS) {
        UMTS uNif = (UMTS)nif;
        ready = uNif.isReady();
    }
    if (ready) {
        if (nif instanceof Ethernet) {
            Ethernet eNif = (Ethernet)nif;
            eNif.send(queue);
        } else if (nif instanceof WaveLAN){
            WaveLAN wNif = (WaveLAN)nif;
            wNif.send(queue);
        } else if (nif instanceof UMTS){
            UMTS uNif = (UMTS)nif;
            uNif.send(queue);
        }
        queue.setLength(0);
    }
}
}
```

Testarea polimorfismului (cont.)

- Ex.: Diagrama de activităţi aferentă variantei expandate a codului sursă al metodei *NetworkConnection.send()* (generarea cazurilor de test se face după metoda prezentată la "Testarea căilor de execuţie")



Referinţe

- [Fagan, 1976] M. E. Fagan, *Design and code inspections to reduce errors in program development*, IBM Systems Journal, Vol. 15, No. 3, 1976.
- [Parnas and Weiss, 1985] D. L. Parnas and D. M. Weiss, *Active design reviews: principles and practice*, Proceedings of the Eighth International Conference on Software Engineering, London, U.K., pp 132-136, August 1985.