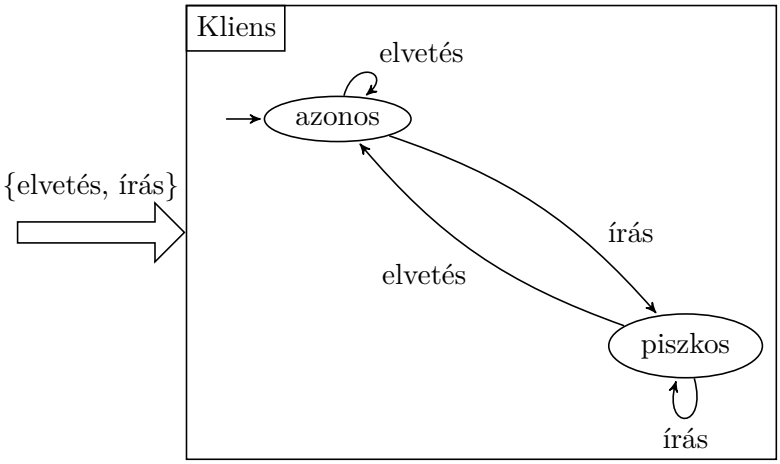
3. gyakorlat – Folyamatmodellek, kooperáló viselkedésmodellek – Megoldások

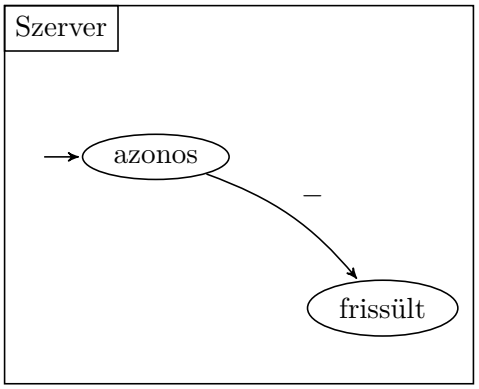
1. Összetett rendszer modellezése

Felhő alapú adattárolást modellezünk (ld. Dropbox, Google Drive, Tresorit), egyetlen állományra szorítkozva. Az állománynak a szerveren és a kliensnél (pl. laptop) is elérhető egy-egy replikája, kezdetben azonos tartalommal. A fájl módosításai *szinkronizálás* során továbbítódnak a példányok között. Ha szinkronizáció előtt mindkét példányt módosítják, akkor *ütközés* lép fel, amelyet a felhasználónak kell feloldania a kliensen.
Lokálisan a kliensnél, illetve (pl. másik kliens tevékenységének hatására) módosulhat a szerveren is. Felhasználói utasításra, valamint időről időre spontán módon a kliens és a szerver szinkronizálhat; ilyenkor az esetleges módosítás eljut a másik példányhoz is, és újra *azonos* lesz a két másolat. Ha a legutóbbi szinkronizáció óta egymástól függetlenül mindkét replikát módosították, akkor viszont konfliktushelyzet (ütközés) áll fenn. Ilyenkor a kliens a saját és a szerverről letöltött változatot összehasonlítja, és a felhasználóra bízza az ütközés feloldását.

a) Modellezzük először a kliens (részleges) működését állapotgéppel! A kliens kezdetben *azonos* állapotú (a lokális fájlmásolat egyezik azzal, ami a szerveren a legutóbbi szinkronizációkor volt / lett), ám *írás* bemenet hatására a *piszkos* állapotba kerül (és további *írás* hatására is ottmarad). Az *elvetés* bemenet hatására tetszőleges állapotból újra *azonos* állapotba kerül.
Megoldás



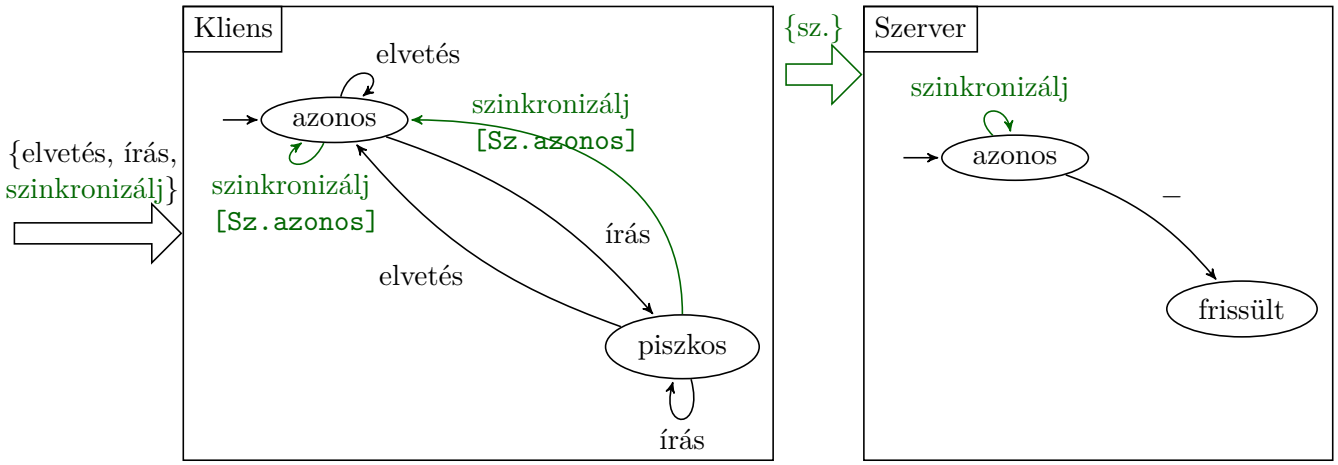
b) A szerver lehetséges állapotai (csupán az adott klienssel való szinkronizációt vizsgálva) az *azonos* és a *frissült*. Előfordulhat, hogy a megfelelő írási jog birtokában egy másik felhasználó (vagy ugyanazon felhasználó egy másik kliens, pl. a telefonja segítségével) frissíti a szerveren található állományt. A szerver kezdetben *azonos* állapotban van.
Megoldás
Itt annyi az érdekesség, hogy spontán állapotátmenet lesz (már ha a lokális felhasználótól érkezett bemenetekre figyelünk csak és nem modellezzünk másik klienst, pl. „kliens2”).



c) Ha a szerver *azonos* állapotban van, akkor a kliens a *szinkronizálj* bemenet hatására feltölti az esetleges lokális módosításokat a szerverre, és szintén *azonos* állapotba kerül. A *szinkronizálj* bemenetet a szerver is megkapja. Hol kooperál a két állapotgép?

Megoldás

A Kliens állapotgép két új átmenetére `[Szerver.azonos]` őrfeltételt rakunk. Érdekesség, hogy ez a másik állapotgép pillanatnyi állapotától függ – ez tehát kooperáció! A modell absztrahálja a valóságot, itt ténylegesen nyilván üzenetcsere van a kliens és a szerver között, ahol kicserélik ezt az információt, ill. a fájlt is fel kell tölteni.



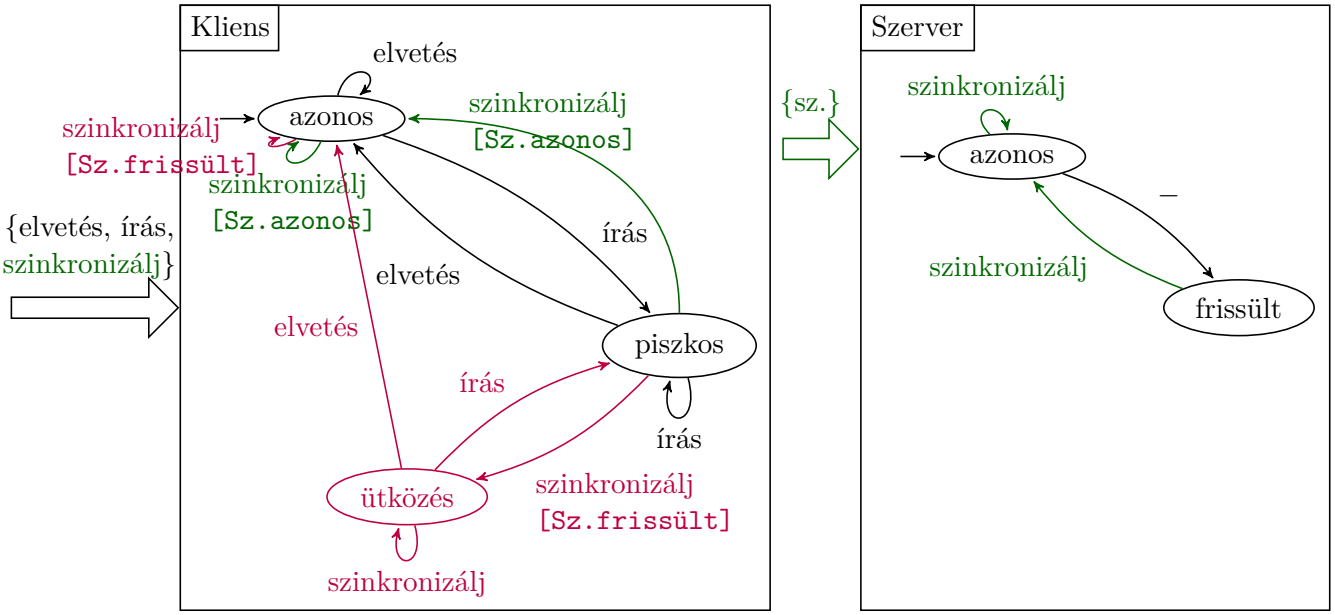
d) Ha a szerver *frissült* állapotban van, akkor a kliensnek adott *szinkronizálj* bemenet hatására a szerver *azonos* állapotba kerül; a kliens pedig *azonos* állapotból nem mozdul, de *piszkos* állapotból *ütközés* állapotba megy. Mit jelent ez? Mi történjen az ütközés állapotban? Hol kooperál a két állapotgép?

Megoldás

Itt egyszerre lép a két állapotgép, tehát a *szinkronizálj* bemenet mindkét automatát befolyásolja! (Ilyenkor azt mondjuk, hogy nem aszinkron, hanem vegyes szorzatban van a két komponens automatája: főleg aszinkron lépnek, de néha szinkron, mert mindkettő egyszerre lép.)

A kliens állapotgép új élei `[Szerver.frissült]` őrfeltételt kapnak. Vegyük észre, hogy a *Kliens.azonos* állapotból két hasonló átmenet megy ki ellentétes őrfeltétellel: (`[Szerver.azonos]`, ill. `[Szerver.frissült]`), amik összevonhatóak egyetlen őrfeltétel nélküli éllé (a lenti ábrán ez nem szerepel). Ez nyilván az az eset, amikor a kliens detektálja az ütközést. Ilyenkor a szerver *azonos* állapotba megy, mivel őnála a legutolsó szinkronizáció óta nincs újabb. A kliensen kell feloldani a konfliktust. Az *ütközés* állapotban az eseményekre például így léphetünk:

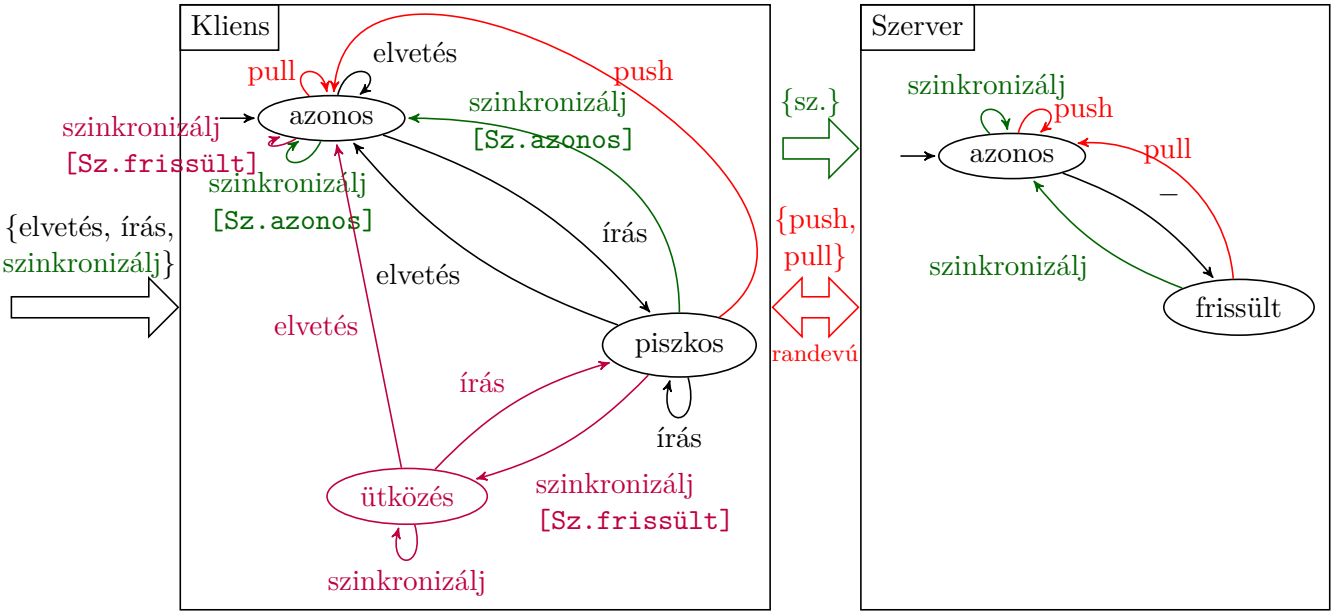
- elvetés → azonos,
- írás → piszkos,
- szinkronizál → ütközés.



e) A kliens időnként magától is szinkronizál a szerverrel, felhasználói bemenet nélkül. Mit jelent ez? Hol kooperál a két állapotgép?

Megoldás

Ugyanaz, mint előbb, csak külső bemeneti esemény helyett közös, belső randevú esemény (legyen pull és push) hatására. Opcionális változtatás lehet, pl. konfliktust ilyenkor sose idézzen elő.

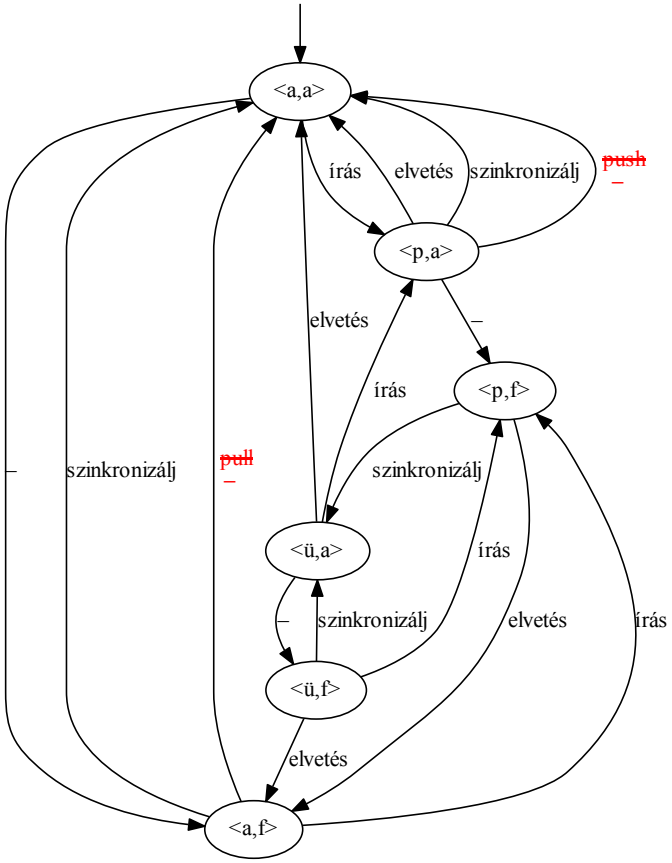


f) Fejtsük ki a teljes összetett állapotgépet a vegyes szorzatban részt vevő két állapotgép alapján.

Megoldás

Az összetett állapotgép állapotát egy kételemű állapotvektor ($\langle$kliens, szerver$\rangle$) írja le. A kezdőállapotból ($\langle$azonos, azonos$\rangle$) indulva minden eseményre rögzítjük egy táblázatban, hogy mi a következő állapot. Randevú eseményen csak akkor lép az összetett állapotgép, ha mindkét állapotgép tud lépni az adott eseményre. (A táblázatban $*$ jelöli a hurokéleket.)

	aszinkron (egyedi) események		közös (osztott) események	randevú események		spontán átmenet
	elvetés	írás	szinkronizálj	push	pull	–
⟨azonos, azonos⟩	∗	⟨p, a⟩	∗	–	–	⟨a, f⟩
⟨piszkos, azonos⟩	⟨a, a⟩	∗	⟨a, a⟩	⟨a, a⟩	∗	⟨p, f⟩
⟨azonos, frissült⟩	∗	⟨p, f⟩	⟨a, a⟩	∗	⟨a, a⟩	∗
⟨piszkos, frissült⟩	⟨a, f⟩	∗	⟨ü, a⟩	∗	∗	∗
⟨ütközés, azonos⟩	⟨a, a⟩	⟨p, a⟩	∗	∗	∗	⟨ü, f⟩
⟨ütközés, frissült⟩	⟨a, f⟩	⟨p, f⟩	⟨ü, a⟩	∗	∗	∗



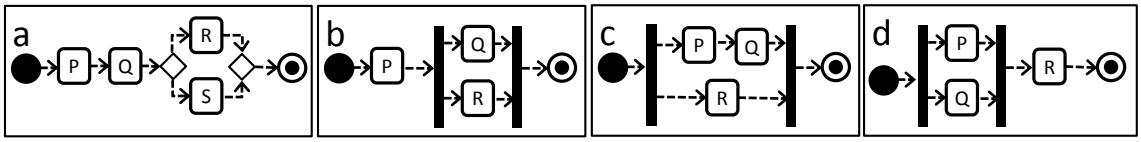
Vegyük észre, hogy az összetett automatán pirossal jelölt éleken a belső randevú események helyett spontán átmenet szerepel, mivel a randevú célja a két állapotgép szinkronizálása volt, amely az összetett automatában megvalósul. (Az átláthatóság érdekében a hurokélek nem szerepelnek a gráfon.)

g) (Kiegészítő feladat.) Ebben a modellben a szerver és a kliens közvetlenül figyelembe tudják venni egymás belső állapotát, és a szinkronizáció is pillanatszerűen végbemegy közöttük. Egy valódi elosztott rendszerben azonban üzenetváltással kell a kliens és a szerver közötti kommunikációt megvalósítani; a küldés és a válasz megérkezte között pedig huzamosabb idő eltelhet. Gondoljuk végig, hogy lehetne finomítani a modellt, hogy ezeket a részleteket is tükrözze!
Megoldás
Otthoni feladat.

2. Folyamat lefutása

Egy folyamat végrehajtása során az összes lépést megfigyeltük. A következő eseménysor bekövetkeztét észleltük:

Folyamat indul, P elkezdődik, P befejeződik, Q elkezdődik, R elkezdődik, Q befejeződik, R befejeződik, Folyamat befejeződik.



Az a, b, c, d folyamatmodellek közül melyek lehetnek helyes modelljei a rendszernek?

Megoldás

A b és a c folyamatmodellek. Ahol nem illeszkedik, ott mutassuk meg, hogy az eseménysor hol tér el a folyamatmodelltől.

3. Vezérlési folyam (forráskód alapján)

Tekintsük az alábbi C nyelvű függvényt.

```
1  unsigned long long fibonacci(int n)
2  {
3     if (n <= 0) {
4        return 0;
5     } else if (n == 1) {
6        return 1;
7     } else {
8        unsigned long long a = fibonacci(n - 1);
9        unsigned long long b = fibonacci(n - 2);
10       return a + b;
11    }
12 }
```

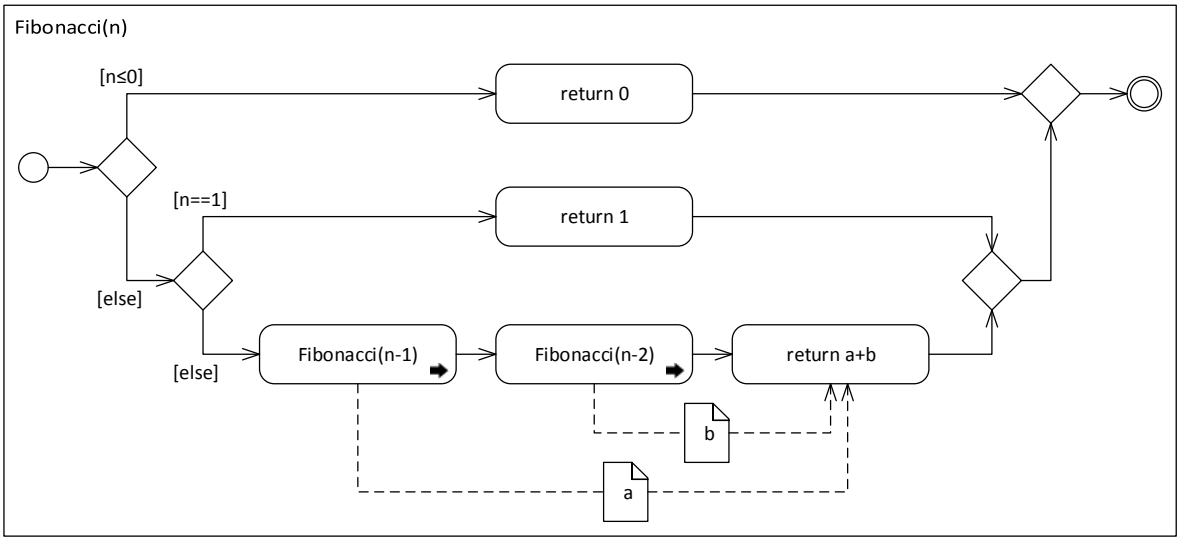
a) Milyen vezérlési folyamot határoz meg a függvény?

Az `unsigned long long` egy jó példa arra, hogy a kódban több információ szerepel, mint a folyamatmodellben.

Kódból vezérlési folyam építése a folyamatmodellezés egy lehetséges alkalmazása (a másikat – szöveges specifikáció alapján modell építése – a 4. feladatban mutatjuk be).

Megoldás

A rekurzív hívást egy „hívás” elemmel ábrázoljuk (a doboz sarkában van egy nyíl).



b) Ellenőrizzük, hogy jólstrukturált-e ez a folyamat!

Megoldás

A jólstrukturáltság definícióját lásd a jegyzetben.[1] A folyamataink jólstrukturáltak. Ezt úgy tudjuk megmutatni, hogy az egyes tevékenységektől indulva, belülről kifelé haladva megmutatjuk minden részfolyamatra, hogy jólstrukturált. Utolsóként a teljes folyamatmodellt kell ellenőriznünk:

> *Egy teljes folyamatmodell jólstrukturált, ha egyetlen belépési pontja (Flow begin) és kilépési pontja (Flow end) egy jólstrukturált blokkot zár közre.*

[1] `http://docs.inf.mit.bme.hu/remo-jegyzet/folyamatmodellezes.pdf`

A folyamatmodellünk jólstrukturált, mert a fenti feltételeknek megfelel.

c) Azonosítsuk az adatfüggőségeket (adatáramlást) a tevékenységek között!
Megoldás
A két rekurzív hívásból megy adatáramlás az összeg return lépésébe (az ábrán szaggatott vonalakkal). A lényeg, hogy a második híváshoz voltaképp nem kell az első eredménye.

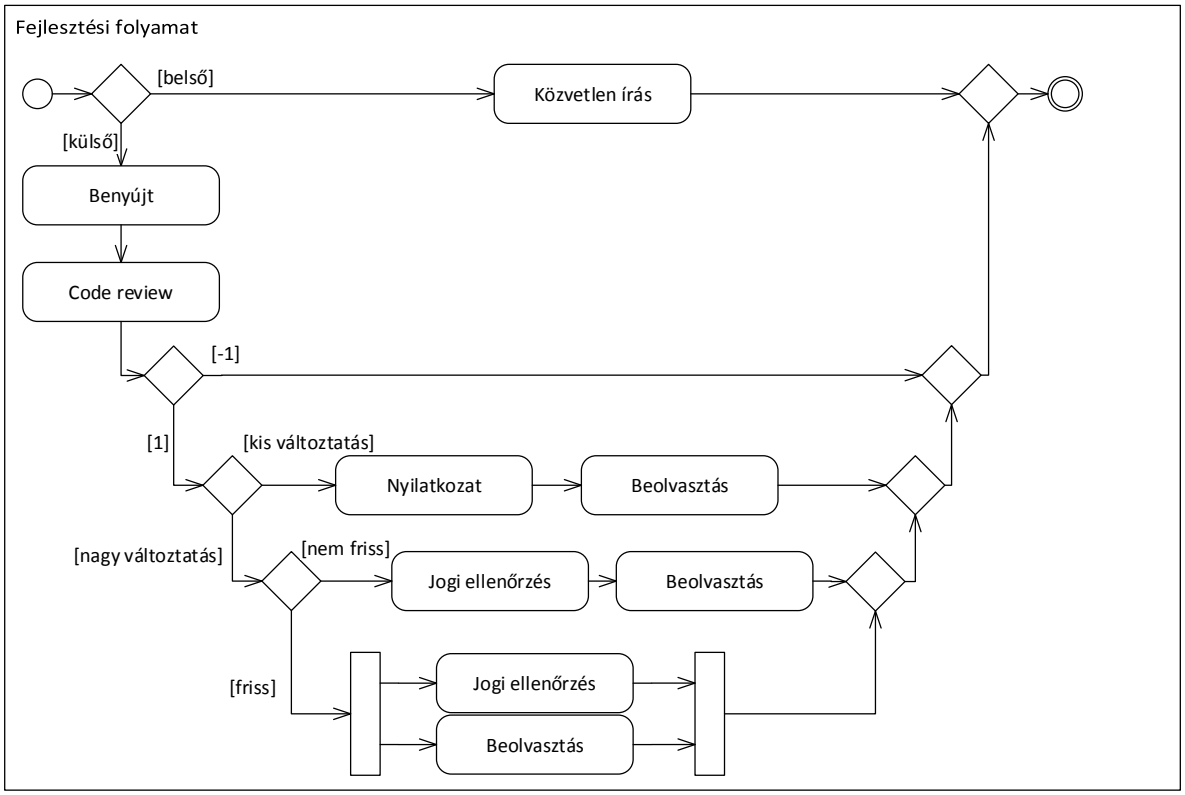
d) Ha a programozási nyelv vagy a futtatókörnyezet megengedi, hol van lehetőség párhuzamosításra?
Megoldás
A c) feladat megoldása alapján ez triviális.

e) (Kiegészítő feladat.) Mi biztosítja azt, hogy a függvény előbb-utóbb terminál?
Megoldás
Az `n` változó értéke minden hívás során csökken, így előbb-utóbb teljesül az `n <= 0` feltétel.

4. Folyamatmodell szöveges specifikáció alapján

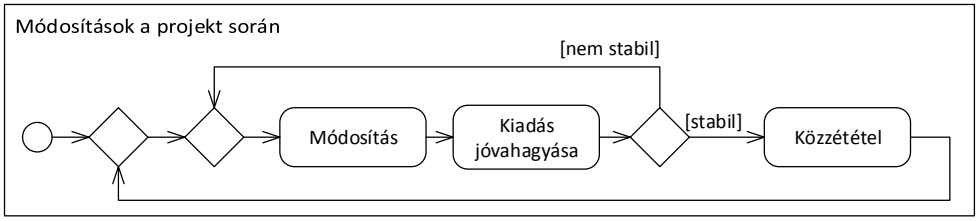
Egy nagy szoftveralapítvány kódtára (pl. Git) számos nyílt forráskódú szoftver fejlesztésének ad otthont. A megbízható belsős fejlesztőkön kívül külsősök is gyakran küldenek be hibajavításokat vagy újonnan megvalósított képességeket. Oda kell figyelni arra, hogy a kiadott szoftverben csak jogszerűen (pl. munkaadó beleegyezésével) bekerült forráskód szerepeljen.

a) Ha egy fejlesztő hozzá szeretne járulni egy projekthez az általa készített forráskóddal, akkor a saját státuszától függő lépéseket kell tennie. Belsős fejlesztők közvetlenül írhatnak a kódtár adott projekt részére fenntartott területére. Külsős fejlesztőknek először átvizsgálásra (*code review*) be kell nyújtaniuk a kódjukat; ezután egy belső fejlesztőnek ellenőriznie kell azt, és utána vagy elutasítania, vagy elfogadnia. Ha a kívülről érkező kód egy bizonyos küszöbértéknél rövidebb (pl. néhány soros hibajavítás), akkor az elfogadás után a készítőjének már csak egy rövid hozzájárulási nyilatkozatot kell tennie, hogy beolvasztható legyen a kódtárba.
A nagyobb lélegzetű külső hozzájárulások (pl. egy teljesen új modul beépítése) esetében azonban az elfogadást követően az alapítvány jogi osztálya egy külön adminisztratív eljárásban tisztázza a változtatások szellemi tulajdonának jogállását, és csak ennek sikeres lezárása után olvaszthatja be a belső fejlesztő a kódot. Frissen indított, első hivatalos kiadásuk előtt álló projekteknél itt tesznek egy kivételt: az elfogadott külső hozzájárulás kódtárba beolvasztásával nem kell megvárni ezt az adminisztratív eljárást. Készítsünk folyamatmodellt az itt leírt tevékenységekből!
Megoldás



b) A szoftver fejlesztési projektje abból áll, hogy újabb és újabb módosításokat végeznek a forráskódon, amíg a projekt vezetése úgy nem látja, hogy a szoftver kellően stabil egy hivatalos kiadáshoz (*release*). Amikor eljött ez a pont, akkor közzétesznek egy új stabil verziót a szoftverből, majd ismét a fejlesztésen a sor, és így tovább. Készítsünk folyamatmodellt az itt leírt tevékenységekből!

Megoldás



Az *Módosítás* tevékenység alatt azt értjük, amikor a fejlesztők a kódot készítik és benyújtják az újabb kiadást.

Vegyük észre, hogy a modell csak a *folyamatra* fókuszál, nem jelennek meg benne (a szöveges specifikációban még szereplő) szereplők (aktorok).

c) (Kiegészítő feladat.) Ellenőrizzük, hogy jólstrukturáltak-e a folyamataink!

Megoldás

A b) feladatrész megoldásának folyamatmodellje nem jólformált, mert hiányzik a *Flow end* csomópont.

d) (Kiegészítő feladat.) Milyen viszonyban állnak egymással az a) és b) feladatokban elkészített folyamatmodellek?

Megoldás

A két folyamatmodell két külön dolognak – új forráskódok kontributálásának és új verziók kiadásának – az életútját ábrázolja egyazon rendszerben.

A kettő „nagyjából diszjunkt”, de lehetnek furcsa átlapolódások, pl. kiadási cikluson átívelő code review. Az ehhez hasonló egymásra hatások ellenőrzése nem témája ennek a gyakorlatnak (ld. *Modellek ellenőrzése* témakör).