Szolgáltatásbiztonságra tervezés laboratórium (VIMIM236)

Feladatátvételi fürtök

Mérési segédlet

Készítette: Medgyesi Zoltán, Micskei Zoltán

Utolsó módosítás: 2011. 10. 04.

Verzió: 2.1

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

1 Bevezető

A labor mérései során egy bonyolultabb többrétegű alkalmazást kiszolgáló összetett infrastruktúra szolgáltatásbiztonságát vizsgáljuk különböző technikák segítségével. A rendszer lehetséges felépítési alternatíváit modellezéssel és mérésekkel elemezzük, az így azonosított hibamódok és szűk keresztmetszetek kiküszöbölésére pedig különböző hibatűrést és skálázhatóságot segítő technológiákat próbálunk ki a gyakorlatban. A mérések felépítése a következő:

1. Architektúra modellezés és konfiguráció generálás
2. Terheléselosztó fürtök és teljesítménytesztelés
3. Feladatátvételi fürtök
4. Megbízhatóság modellezés
5. Hibadiagnosztika
6. Tesztautomatizálás
7. Szolgáltatásbiztonsági benchmarkok

Jelen mérés során megismerünk egy módszert arra, hogy a rendszerünkben lévő állapottal rendelkező szolgáltatások rendelkezésre állását hogyan tudjuk növelni.

2 Feladatátvételi fürtök

A feladatátvételi fürtök célja, a terheléselosztó fürtökkel ellentétben, elsődlegesen a rendelkezésre állás növelése. A fürt által nyújtott szolgáltatást általában egy csomópont nyújtja egyszerre, ennek meghibásodása esetén a többiek közül valaki átveszi a szerepét, így csökkentve a szolgáltatás kiesését. Általánosságban elmondható az ilyen fürtökről, hogy legtöbbször állapottal rendelkező szolgáltatásokat futtatnak, a fürt tagjai szorosabban csatolt rendszert alkotnak, a fürthöz szükséges hardvereszközökkel és szoftverkörnyezettel szemben pedig magasabb elvárásokat és speciális igényeket támasztanak.

2.1 Alapvető fürt modellek

Három alapvető modellbe szokták sorolni a feladatátvételi fürtöket.

2.1.1 Megosztott lemezes modell

A *megosztott lemezes* (shared disk) modellben az egyes fürttagok közös be- és kiviteli alrendszeren keresztül érik el a közös adattárolón lévő adatokat, és *akár egyszerre* is írhatják-olvashatják azokat. Az egyidejű hozzáférési lehetőségből fakadóan a szolgáltatások, legyen szó akár adatbázis-kezelésről, egyszerre több fürttagon is futtathatók. Az egyidejűség természetesen csak alkalmazási szinten biztosított, fizikai szinten – a konzisztencia megőrzése miatt is – gondoskodni kell a műveletek sorosításáról és a kizárólagos hozzáférésről. Ezeket a feladatokat a globális vagy elosztott zárolási szolgáltatás látja el.

A megosztott lemezes modellt alkalmazva elméletileg kiváló rendelkezésre állás érhető el, hiszen valamelyik fürttag meghibásodása semmilyen formában nem érinti a többi fürttag működését, a szolgáltatás futtatását egyetlen pillanatra sem kell megszakítani. Ugyanakkor a gyakorlatban több problémával is számolni kell. Egyrészt meghibásodás esetén a hibás fürttagot meg kell akadályozni a közös adattárolóra vonatkozó zárolás fenntartásában és az adatok helytelen módosításában, másrészt hiba esetén újra kell konfigurálni a fürtöt, újra el kell osztani a beérkező kérések kezelését a tagok között.

A megosztott lemezes megoldás előnye, hogy további fürttagok hozzáadásával könnyen skálázható, hátránya ugyanakkor, hogy a közös adattároló könnyen szűk keresztmetszetté válhat. Mindig a tényleges alkalmazástól, elsősorban a lemezre történő írások és az olvasások mennyiségétől, arányától függ, hogy a modell mennyire állja meg a helyét.

Tipikus példája a modellnek az Oracle adatbázis-kezelőjéhez készített Real Application Clusters kiegészítés.

2.1.2 Megosztott elem nélküli modell

A *megosztott elem nélküli* (shared nothing) modellben egyszerre minden logikai és fizikai erőforrást kizárólag egy fürttag birtokolhat és kezelhet. A kizárólagos hozzáférés csak logikai szinten értendő, fizikai szinten mindegyik fürttagnak csatlakoznia kell például a közös adattárolóhoz, hiszen ennek hiányában az elsődleges fürttag meghibásodásakor a másodlagos tag nem tudná elérni az adatokat, és nem tudná futtatni a szolgáltatásokat. Mivel ebben az esetben nincs egyidejű többes hozzáférés, a lemezeléréshez nincs szükség globális zárolásra, ellenben az elérés kizárólagosságát – vagyis azt, hogy egyszerre mindig csak egy fürttag használhassa az adattárolót – garantálni kell.

Egy fürt alapvető architektúrája sokszor ellentmondásosnak tűnhet. A Microsoft feladatátvételi fürtje például a szolgáltatáshoz tartozó adatokat szintén közös elérésű lemezen tárolja, mégis megosztott elem nélküli architektúrájúnak mondják. A különbség a megosztott lemezes modellhez képest az, hogy ennél a megoldásnál egyszerre csak egy fürttag birtokolhatja és kezelheti a közös erőforrást, a modell megosztott elem nélküli jellege tehát nem sérül.

2.1.3 Replikált lemezes modell

A replikált vagy tükrözött lemezes modellben jellemzően két fürttag szerepel, egy aktív és egy tartalék. Miközben az aktív tag kiszolgálja az ügyfeleket, a rendszer folyamatosan tükrözi az adatok módosításait a tartalék tagra. Ha az aktív tag meghibásodik, a tartalék bármely pillanatban naprakész adatokkal tudja átvenni a feladatokat.

A replikáció többféle szinten és eszközzel is megvalósítható:

- *Binárisan*: A replikáció legalacsonyabb szintű módja a lemezre került adatok bináris továbbítása a tartalék adattárolóra. Ilyen megoldásokat a tárolórendszerekkel foglalkozó cégek, például az EMC kínálatában lehet találni.
- *Fájl- vagy fájlrendszeri szinten*: Ha a szolgáltatás fájlokkal dolgozik, akkor célszerű lehet fájlszinten replikálni az adatokat, ilyen szoftvert is több gyártótól lehet vásárolni.
- *Integrált/alkalmazásszintű replikáció*: Ha a szolgáltatás például adatbázis-kezelést végez, akkor a fájlszintű replikáció célszerűtlen, inkább a változásadatok továbbítására kell törekedni. Példaként az Oracle Streams említhető, amely adatfolyam formájában továbbítja a tartalék adatbázis felé az adatokat, tranzakciókat és egyéb eseményeket.

A replikációs eszköz a fürtszoftverrel is integrálható, illetve a két megoldás együttműködhet egymással; erre képesek például a Symantec Veritas termékcsaládjának megfelelő tagjai.

2.2 A feladatátvételi fürtökkel kapcsolatos alapfogalmak

Az alábbi ábrán (1. ábra) egy alapszintű, két tagból álló fürt látható. A nagy rendelkezésre állású szolgáltatás alapesetben a bal oldali gépen fut, ez fogadja az ügyfelek kéréseit. Az adatok tárolása egy *közös adattárolón* történik. A fürttagok *szívverések* (heartbeat), rövid hálózati üzenetek továbbításával jelzik egymásnak a működőképességüket.

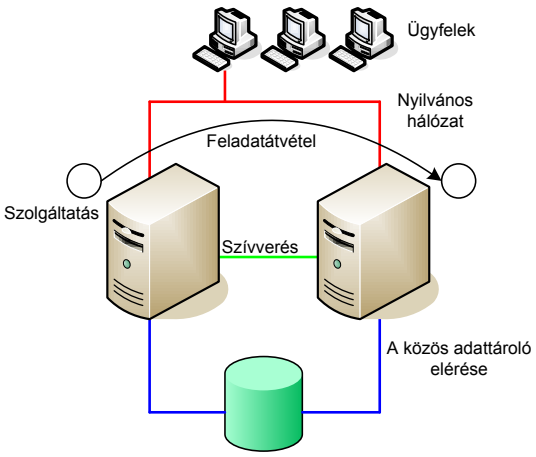
Az ilyen fürtöknél általában fontos kikötés, hogy a fürttagok konfigurációja hardver és szoftver szempontjából azonos legyen; erre nemcsak a szolgáltatás zökkenőmentes futtatása, de a megfelelő teljesítmény méretezése miatt is szükség lehet.

Ha a bal oldali számítógép meghibásodik, akkor a fürtszoftver érzékeli ezt, a jobb oldali számítógépen elindítja a szolgáltatást, a bal oldali gépen pedig leállítja – ezt nevezzük *feladatátvételnek* (failover). Ettől kezdve a tartalék gép használja a közös adattárolót és fogadja az ügyfelek kéréseit.

Ha később a bal oldali gép ismét üzemképessé válik, akkor lehetőség van arra, hogy ismét ez futtassa a szolgáltatást. A feladatátvétellel ellentétes irányú műveletet *feladat-visszavételnek* (failback) nevezzük.

A legtöbb gyártó megkülönbözteti azt az esetet, amikor a szolgáltatások áttétele hiba miatt történik, és azt, amikor a rendszergazda kezdeményezi a műveletet, például azért, hogy valamelyik fürttagot

ideiglenesen, például karbantartási célból kivehesse a fürtből. Az ilyen áttételeket *átkapcsolásnak* (switchover), egyes esetekben *felügyeleti feladatátvételnek* (administrative failover), az ellenkező irányú műveletet pedig *visszakapcsolásnak* (switchback) nevezik.



1. ábra: Alapszintű feladatátvételi fürt

A feladatátvétel és az átkapcsolás kapcsán fontos megemlíteni, hogy az előbbi esetében hiba történik, tehát nagyobb a valószínűsége az adatsérülésnek vagy az adatvesztésnek, a szolgáltatás pillanatnyi állapota elveszhet. Az átkapcsolásnál elméletileg minden rendszerelem kifogástalanul működik, a szolgáltatás felé lehet jelezni, hogy zárja le az éppen futó kiszolgálásokat, ez a művelet tehát minimális kockázattal jár.

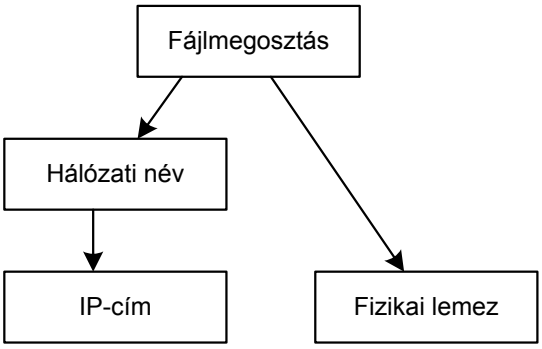
2.3 Fürtözési alapelemek

Az elmúlt évtizedekben jó néhány feladatátvételi fürtözési megoldás született, ám vannak olyan alapvető elemek és szolgáltatások, amelyek valamilyen formában – esetleg más névvel, más struktúrában – gyakorlatilag minden megvalósításban megtalálhatók, ezek alkotják a fürtök üzemeltetéséhez szükséges alapvető infrastruktúrát. Sok fejlesztő további szolgáltatások, lehetőségek beépítésével próbálta versenyképesebbé tenni a saját megoldását.

A fürtök minden fizikai és logikai eszközt *erőforrásként* (resource) kezelnek. A fürt számára egyaránt erőforrás a fizikai lemez, a hálózati név, az IP-cím vagy a fürtözött szolgáltatás, például egy adatbázisszerver vagy újabban akár egy virtuális gép is.

Az erőforrások *erőforráscsoportokat* alkotnak. A fürtszoftver feladatátvételkor és feladat-visszavételkor erőforráscsoportokkal dolgozik, ezzel biztosítva, hogy az egymástól függő erőforrások a megfelelő fürttagra kerüljenek.

Az erőforrások közötti függőségeket a *függőségi fával* ábrázolhatjuk. Egy erőforrás akkor függ a másiktól, ha az szükséges a működéséhez. Maga a függőségi fa általában ugyan nem jelenik meg a fürtszoftverben, de a függőségeket meg kell adnia a fürt üzemeltetőjének vagy a fürtözött szoftver fejlesztőjének. Függőség csak azonos erőforráscsoportban található erőforrások között lehet, ugyanis az erőforráscsoportok egymástól függetlenül indíthatók, állíthatók le és helyezhetők át a fürttagok között.



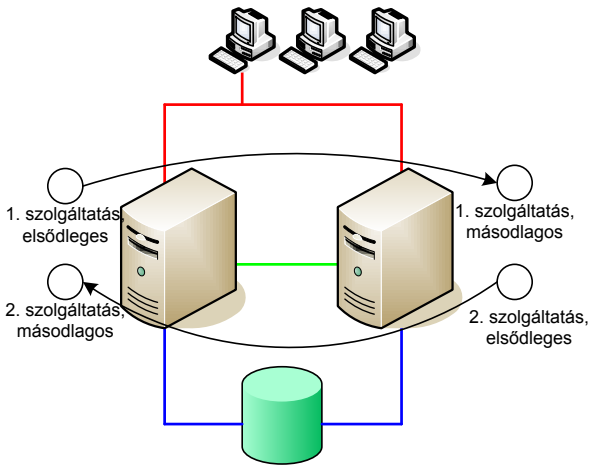
2. ábra: Példa függőségi fára

Feladatátvételkor a forrás fürttagon a fürtszoftver felülről lefelé haladva követi a függőségi fát, mindig azokat az erőforrásokat állítva le, amelyektől már nem függenek más erőforrások. A cél fürttagon fordított a folyamat, a fürtszoftver alulról haladva építi fel a fát, tehát minden erőforrást úgy indít el, hogy a működéséhez szükséges más erőforrások már készen állnak.

2.4 Feladatátvételi topológiák

Az első szakaszban említett modellek közül – bár mindegyikre találunk megvalósítást – a megosztott elem nélküli a leginkább elterjedt. A megosztott elem nélküli modell jellegzetessége a feladatátvétel. A fürtök kiépítésekor az egyes számítógépek között többféle feladatátvételi topológia is kialakítható, ez határozza meg, hogy mely fürttagok szolgálnak egymás tartalékaiként, illetve az egyes fürttagok milyen szerepet (aktív kiszolgálói, tartalék) játszanak. Ki kell emelni, hogy a topológiák a fürtszoftverektől gyakorlatilag függetlenek, kialakításuk – a megfelelő feladatátvételi szabályok megadásával – a rendszergazda feladata.

2.4.1 Feladatátvételi pár



3. ábra: A feladatátvételi pár topológia

A feladatátvételi pár a legegyszerűbb topológia. Alapesetben egyetlen alkalmazást futtat az elsődleges kiszolgálón, és ennek meghibásodása esetén a másodlagos kiszolgáló veszi át a feladatot, és vele együtt a mindkét tag által elérhető adattároló kezelését. Az alapkiépítés a különféle elemek megkettőzésével, például kettős ügyféloldali hozzáféréssel vagy szívverés-továbbítási kapcsolattal bővíthető.

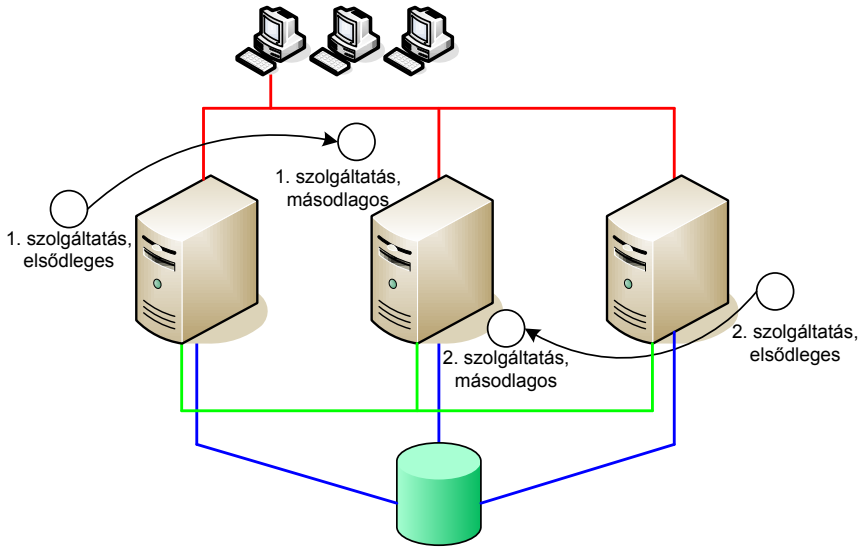
Ha alapesetben csak az egyik fürttag futtat szolgáltatást, a másik pedig várakozik, akkor aktív-passzív, ha pedig mindkettő futtat szolgáltatást, akkor aktív-aktív topológiának is szokás nevezni a fenti elrendezést.

A feladatátvételi pár hátránya, hogy csak az egyik fürttag van kihasználva, a másik csak feladatátvétel esetén jut szerephez. Ezen úgy lehet javítani, hogy az ábrán látható módon mindkét fürttag elsődleges kiszolgálóként futtat egy-egy alkalmazást, és meghibásodás esetén a másik fürttagra történik a

feladatátvétel – vagyis az előző bekezdésben említett aktív-aktív megoldást használjuk. Ebben az esetben ügyelni kell arra, hogy mindkét fürttagnak elegendő kapacitással kell rendelkeznie mindkét szolgáltatás egyidejű biztosításához.

2.4.2 Forró tartalék

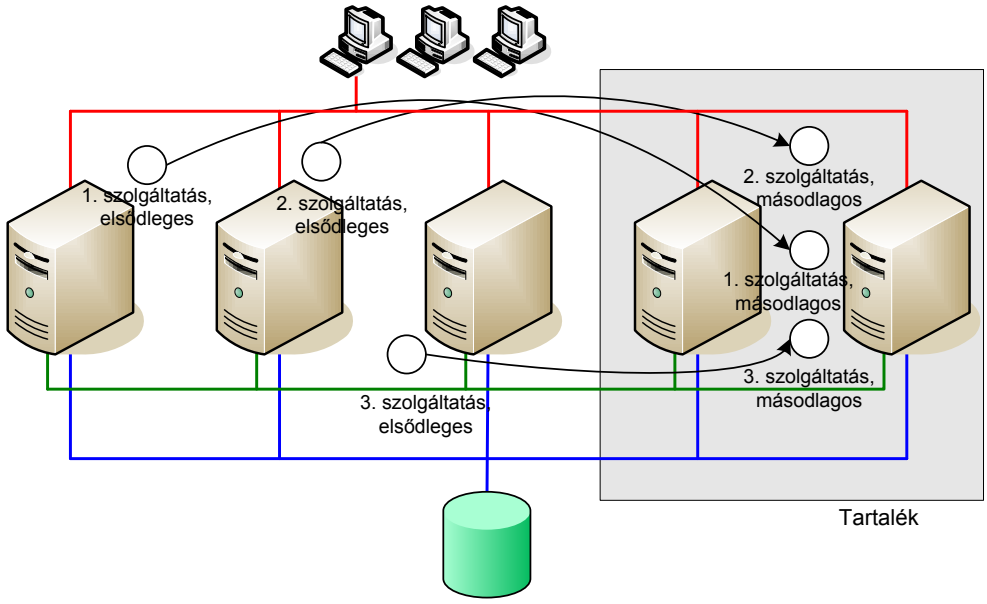
A forró tartalék vagy N+1 (N aktív számítógép, 1 tartalék) topológiában mindegyik szolgáltatás a saját fürttagján fut, meghibásodás esetén a feladatátvétel ugyanarra a tartalék számítógépre történik. Ez a konfiguráció is viszonylag könnyen összeállítható és kezelhető, de a tartalék számítógépet úgy kell méretezni, hogy akár mindegyik elsődleges fürttag meghibásodása esetén is képes legyen futtatni a szolgáltatásokat. Szükség esetén ebben az esetben is többszörözhető a szívverések továbbítására és az ügyféloldali hozzáférésre használt hálózat, valamint a közös adattároló elérési kapcsolatai.



4. ábra: A forró tartalék topológia

2.4.3 N+I topológia

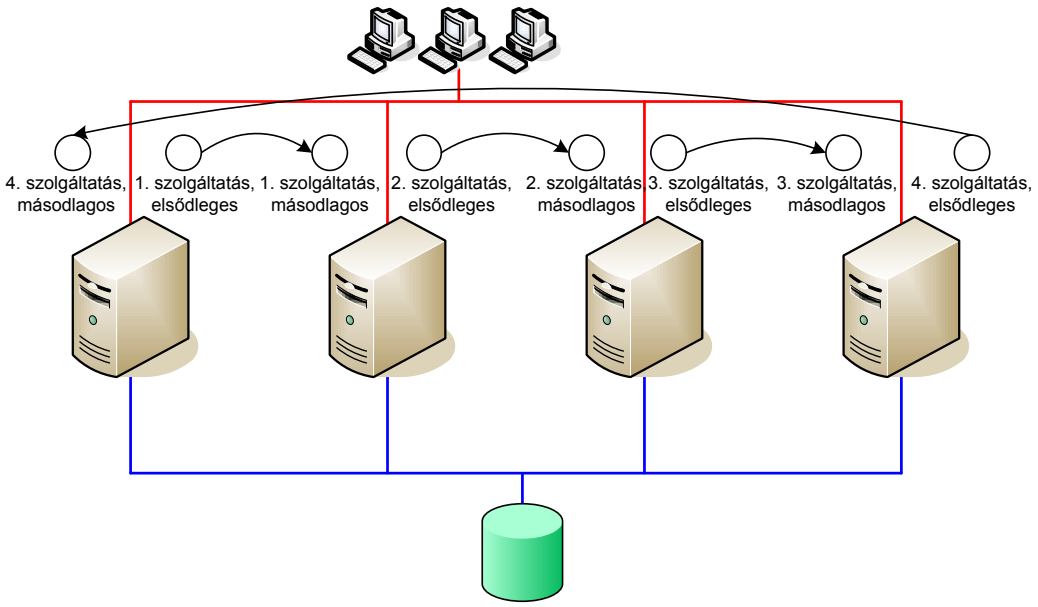
Az N+I topológiában az N számú aktív fürttagra I számú tartalék számítógép jut, hiba esetén a szolgáltatások – a házirendtől függően – a tartalék gépek bármelyikére kerülhetnek. Ennél a megoldásnál egyrészt könnyű a kapacitástervezés, és a többszörös hibák is jól kezelhetők, másrészt ezeket az előnyöket a kihasználatlanul várakozó fürttagok viszonylag nagy számával kell megfizetni.



5. ábra: Az N+I topológia

2.4.4 Feladatátvételi gyűrű

A feladatátvételi gyűrűben mindegyik fürttag az előtte lévőnek a tartaléka, valamint az utolsó fürttagról az elsőre kerülnek a szolgáltatások hiba esetén. Főként több kisebb alkalmazás fürtözésekor használható, és viszonylag könnyű kapacitástervezést tesz lehetővé; ugyanakkor több fürttag meghibásodása esetén egyenetlen terheléseloszlást eredményezhet, és a rendszergazda számára nehéz lehet a topológia áttekintése.



6. ábra: A feladatátvételi gyűrű topológia

2.5 Jellegzetes problémák a fürtökben

A fürtök kapcsán ki kell emelni néhány jellegzetes, elméleti problémát.

- *Tudathasadás* (split brain): Tudathasadás akkor történik, ha a fürt a hálózati kapcsolat megszakadása miatt két részre bomlik, és mindkét rész azt hiszi, hogy a másik rész meghibásodott. Ilyenkor mindkét rész fogadja az ügyfelek kéréseit és megpróbál hozzáférni a közös adattárolón lévő adatokhoz. Mivel a fürtöt nem ilyen működésre terveztük, a tudathasadás eredménye adatsérülés, adatvesztés lehet. A tudathasadást mindegyik fürtszoftver meg tudja előzni azzal, hogy a megfelelő eszközökkel minden esetben garantálja, hogy a fürt valamelyik része többséget, *quorumot* alkosson. A fürtnek mindig csak a többséget alkotó része viheti tovább a szolgáltatásokat, a másik résznek le kell állnia, és nem szabad használnia az adatokat. Egyes megoldásokban az adatok védelmét kifejezett kizárással is biztosítják. A többség meglétét sok megoldásnál egy erre a célra kijelölt merevlemezzel, a tanúlemezzel biztosítják. Egy lehetséges eljárás az, hogy ha a fürt két részre bomlik, akkor az a része működik tovább, amely hozzáféréssel bír a tanúlemezhez.
- *Amnézia* (amnesia): Az amnézia kialakulásának menete a következő. Adott egy fürt például két fürttaggal. Az első gép meghibásodik, a második rendben átveszi tőle a feladatokat. A rendszergazda leállítja az első gépet, megjavítja, majd újra üzembe helyezi, ám ekkor a második gép is meghibásodik. Ha időközben bármilyen konfigurációmódosítás történt, akkor az első gép elavult információkkal rendelkezik a fürtről, és nem szabad aktiválni rajta a szolgáltatást. Az amnézia kialakulása azzal kerülhető el, hogy a fürtkonfigurációt a közös adattároló eszközre írjuk, és lehetővé tesszük a fürthöz csatlakozó vagy a fürt első tagjaként induló számítógép számára a konfigurációs adatok elérését. Az amnéziát *időbeli particionálódásnak* (partition in time) is nevezik.
- *Szoftverfrissítés*: Időről időre szükségessé válhat a fürttagokon futó operációs rendszer és alkalmazások frissítése. A művelet két szempontból kritikus, egyrészt azért, mert ha a frissítéssel megváltozik az alkalmazások viselkedése, akkor az újabb és a régebbi változat együttélése problémákat okozhat, másrészt azért, mert a frissítés véglegesítése sokszor újraindítást tesz szükségessé, ami szolgáltatáskieséshez vezet – csakhogy a fürt célja éppen ennek az elkerülése. A

fürttagok frissítését *gördülő frissítéssel* (rolling upgrade) szokás végezni. Ennek során a rendszergazda mindig kiléptet egy-egy fürttagot, elvégzi a frissítését, majd újra üzembe helyezi. Ahogy a művelettel végighalad az összes fürttagon, úgy „végiggördül" a frissítés az összes gépen, innen származik az elnevezés.

- *Egyszeres hibapontok* (single point of failure, SPOF): A fürtépítés során a cél a rendelkezésre állás növelése, tehát olyan struktúrát kell kialakítani, amelyben nincs egyszeres hibapont, vagyis olyan elem, amelynek a meghibásodása a teljes fürt leállásához és a szolgáltatások működésének megszakadásához vezetne. Ennek érdekében nem elég több számítógépet beléptetni a fürtbe, de az összes hálózati kapcsolatot meg kell kettőzni, ideértve az ügyfelek hozzáférését biztosító internetkapcsolatot is, az adattárolás céljára pedig redundáns alrendszert kell választani (az adattárolás általában valamilyen hibatűrő RAID struktúrán történik). Ha az egyszeres hibapontokat tágabb értelemben kezeljük, akkor a környezeti hibaforrásokat is figyelembe kell vennünk, gondoskodva a redundáns áramellátásról, a redundáns légkondicionálásról stb.

3 A Windows Server Failover Clustering

A *Windows Server Failover Clustering*[1] (WSFC) a Windows Server 2008 R2-be beépített nagy rendelkezésre állást biztosító fürtözési technológia. A fürt shared nothing architektúrájú megoldás, a közös erőforrásokat egyszerre csak egy csomópont birtokolhatja.

3.1 A Windows Server Failover Clustering működése

A WSFC is az első fejezetben ismertetett általános fogalmakkal dolgozik: erőforrásokat, közöttük lévő függőségeket és erőforráscsoportokat definiálhatunk. Ezeken kívül a következő fogalmakat használja még.

Alkalmazás vagy szolgáltatás: olyan erőforráscsoport, ami IP-címet, hálózati nevet, közös diszket és valamilyen alkalmazás erőforrást tartalmaz, és így tulajdonképpen egy virtuális szervert alkot. A kliensek ehhez a virtuális szerverhez csatlakoznak, és nincs is tudomásuk róla, hogy az általuk elért szolgáltatást egy fürtözött rendszeren futtatjuk.

Ügyfél-hozzáférési pont (client acces point): IP-cím és hálózati név együttese, ami meghatározza, hogy egy adott alkalmazást vagy magát a fürt menedzsment felületét hogyan lehet elérni.

Fürtadatbázis (cluster database): Itt tárolódnak a fürt adatai, az aktuális értékek mellett a fürtöt érintő változások is mind naplózva vannak (pl. csomópont kiesése, csatlakozása, új erőforrás hozzáadása). Ezt a változásnaplózást hívják *Quorum Logging*nak, és a szerepe az, hogy a kieső csomópont újraindulás után ebből értesülhet, hogy mi történt közben. A fürtadatbázisból minden csomópont tárol egy példányt helyileg, a fürtszoftver feladata biztosítani azt, hogy minden jól működő csomópontnál a legfrissebb verzió legyen belőle.

Tanú lemez (witness disk): olyan megosztott lemez, ami a fürtadatbázist tartalmazza (a korábbi verziókban quorum lemeznek hívták). A lemezt olyan csatolón és protokollon keresztül kell elérni, ami támogatja, hogy valaki kizárólagos módon lefoglalja az erőforrást, és más ne férhessen olyankor hozzá.

Tanú fájl megosztás (witness file share): olyan, a fürtön kívüli fájlszerveren lévő megosztás, ami a fürt több részre szakadása esetén segíthet eldönteni, hogy melyik fele működjön tovább. Nem tárolja a teljes fürtadatbázist, csak olyan információkat, amiből eldönthető, hogy mikor történt a fürt állapotában a legutóbbi változás, melyik csomópontok érhetőek el, stb.

Erőforráscsoport-tulajdonosok: az erőforráscsoportokhoz megadhatjuk, hogy melyik fürttagokon szeretnénk őket futtatni (*preferred owner*), és mely tagok azok, akik egyáltalán birtokolhatják az egyes erőforráscsoportokat (*possible owner*). Ezeknek az értékeknek a megfelelő beállításával alakíthatjuk ki az előző fejezetben ismertetett feladatátvételi topológiákat.

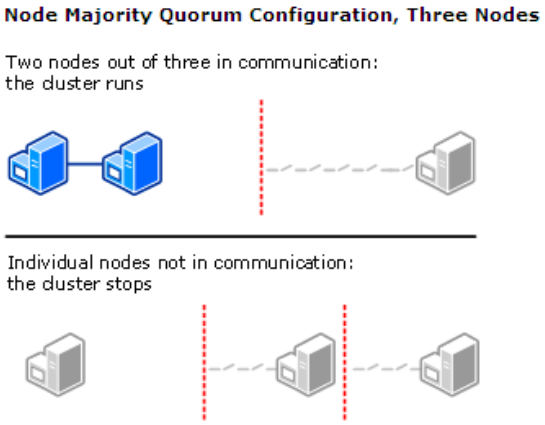
3.2 Quorumfajták

A *quorum* azt a szavazati többséget jelenti, ami mellett még működhet a fürt. *Szavazatot* (vote) kaphatnak a csomópontok, a tanú lemez és a tanú fájl megosztás. Az aktuálisan beállított quorum fajtájától függ, hogy ezekből hánynak kell működnie, hogy a WSFC ne állítsa le a fürt működését. (Jelentős terminológiabeli változás, hogy a korábbi változatokban a quorum a quorumlemezt jelentette, és csak annak volt szavazata.)

A következő lehetőségeink vannak:

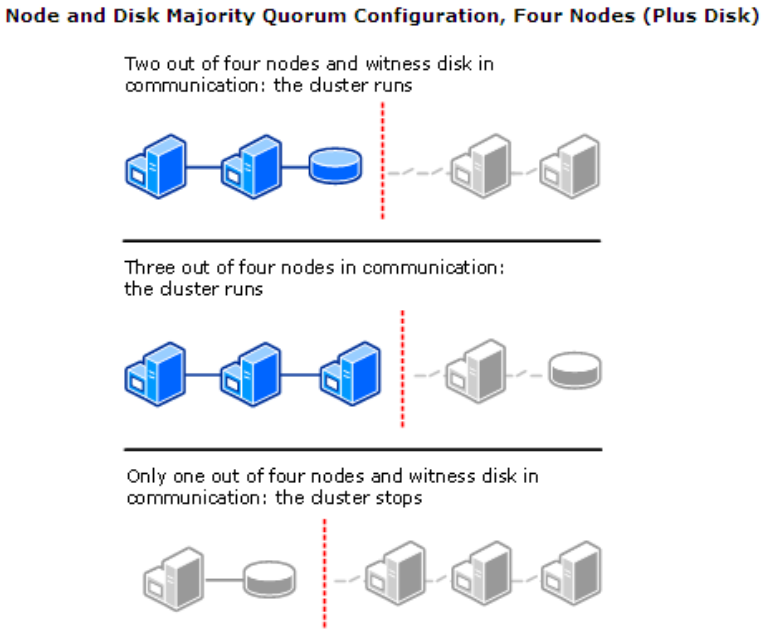
- *Csomópont többség* (Node Majority): a csomópontoknak van szavazata, nem szükséges közös elérésű tanúlemez hozzá. Akkor javasolt, ha páratlan számú csomópont van. Az alábbi ábra szemlélteti a működést.

[1] A Windows Server 2003-ban található változat neve Microsoft Cluster Service (MSCS) volt. Azóta azonban nemcsak átnevezés történt, hanem jelentős architektúrabeli változásokat is végrehajtottak.



7. ábra Csomópont többségű quorum (Forrás: Technet)

- *Csomópont és lemez többség* (Node and Disk Majority): a csomópontoknak és a tanú lemeznek is van szavazata, páros számú csomópont esetén javasolt. A tolerált hibákat az alábbi ábra szemlélteti.



8. ábra Csomópont és lemez többség (Forrás: Technet). Az alsó ábra jobb oldalán a három gép között megszakadt a hálózati kapcsolat, ezért nincs quorum

- *Csomópont és fájlmegosztás többség* (Node and File Share Majority): hasonló, mint az előző, csak itt nem közös elérésű lemez a tanú, hanem egy külső fájlmegosztás. Földrajzilag elosztott fürtök, úgynevezett *geoclusterek* esetén szokás alkalmazni, amikor a csomópontok egymástól távol eső helyeken vannak elhelyezve, így védekezve például az egész szervertermet érintő hibák ellen (pl. tűzeset vagy természeti katasztrófa).
- *Csak lemez* (No Majority: Disk Only): csak a tanú lemeznek van szavazata. Nem javasolt már a használata, csak kompatibilitás miatt maradt benne, ez megegyezik a régi üzemmóddal.

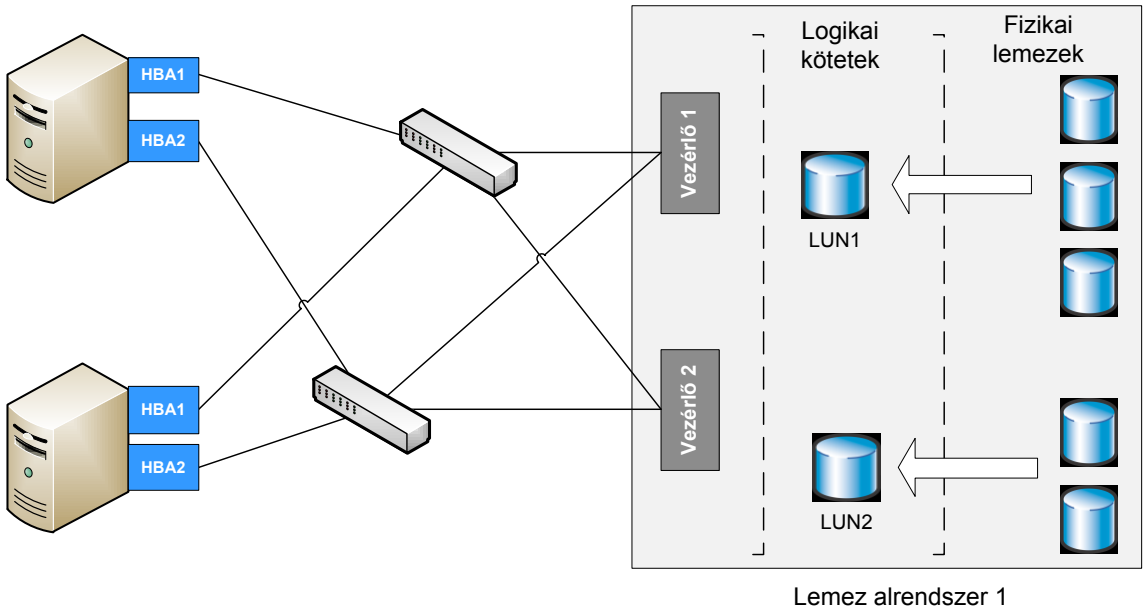
3.3 Megosztott tárolók

Kritikus kérdés, hogy a közös adatokat milyen módon érik el az egyes fürttagok. A követelmény a megosztott lemezzel szemben az, hogy (1) mindegyik csomópont elérhesse, (2) legyen lehetőség arra, hogy egyvalaki lefoglalja a lemezt (reserve), és (3) a többiek kikényszeríthessék, hogy megerősítse a foglalását a tulajdonos, és ha nem jelentkezik időben, akkor elvehessék tőle az eszközt.

A SCSI protokoll alkalmas a fenti feladatokra, a WSFC a következő SCSI protokollon alapuló csatolófelületeket támogatja.

- *Serial Attached SCSI (SAS)* [3]*:* a párhuzamos SCSI utódja, az eddigi busz topológia helyett pont-pont kapcsolatot használ az eszközök és a vezérlő között.
- *Fibre Channel* [4]*:* nagy adatátviteli sebességgel és alacsony késleltetéssel rendelkező protokoll, amit gyakran használnak tárolóeszközök elérésére.
- *iSCSI:* SCSI parancsokat TCP/IP felett átvivő protokoll. Előnye, hogy elvileg nem kellenek speciális csatolók és switchek a használatához, normál nagy sebességű Ethernet eszközök használhatóak. Hátránya, hogy a TCP protokollt alapvetően nem ilyen célra találták ki, így teljesítménye elmaradhat a kifejezetten tárolóeszközök számára kifejlesztett protokollokétól.

A lemezeket általában nem közvetlenül kötik rá a fürt csomópontjaira, hisz így elég nehézkes lenne menedzselni és skálázni a rendszert, hanem lemez alrendszerekben helyezik el őket, amelyhez valamilyen speciális *tárolóhálózaton* keresztül (SAN – Storage Area Network) csatlakoznak a csomópontok. A különálló lemez alrendszer előnye, hogy elfedi a kliensek elől a lemezek tényleges fizikai elrendezését, könnyebb menet közben hozzáadni vagy módosítani az elrendezésüket, valamint például a gépektől függetlenül lehet karbantartani, menteni a rajtuk tárolt adatokat. Ennek ellenére viszont a SAN-on keresztül csatlakoztatott lemezeket a számítógépek operációs rendszere és alkalmazásai úgy látják, mintha helyi lemezek lennének, így a megszokott módon dolgozhatnak velük. A SAN-ok először a Fibre Channel protokollt használták, mára már azonban rengeteg egyéb lehetőség is rendelkezésre áll. A Fibre Channel eszközök (a kliensek és a lemezek) gyűrű topológiába vagy switchek segítségével csillag topológiába szervezhetőek, az iSCSI eszközök a hagyományos Ethernet switcheket használják, így nehéz általánosan beszélni róluk, de a következő ábrán lévő komponensek nagyrészt közösek.



9. ábra Storage Area Network redundáns utakkal

A fontosabb kapcsolódó fogalmak:

- *Host Bus Adapter* (HBA): a kliensben lévő kártya, ami a szükséges csatolófelületet biztosítja.
- *Storage Area Network (SAN):* olyan dedikált hálózat, amit csak a tárolórendszerekkel kapcsolatos forgalomra használnak. Nemcsak számítógépeket és lemezeket köt össze, hanem például szalagos egységek is szerepelhetnek benne. Mivel kritikus fontosságú, érdemes lehet a SAN switcheket többszörözni, hogy egy számítógépről több, független úton is elérhető legyen egy lemez (ezt nevezik *multipathing*nak). Így nemcsak a megbízhatóságot, hanem akár teljesítménynövekedést is elérhetünk, ha az operációs rendszer támogatja azt (tehát felismeri, hogy a két külön HBA-n látott lemez az tulajdonképpen egy és ugyanaz).

10. ábra EMC Connectrix ED-48000B SAN director és IBM System Storage SAN32B-3 SAN switch

- *Lemez alrendszer:* egy egyszerű külső lemezháztól abban különbözik, hogy általában van benne külön redundáns vezérlő, amivel pl. RAID tömböket lehet konfigurálni, nagyméretű cache-t tartalmaz és távolról menedzselhető. Határ a csillagos ég, 1000-nél is több lemezt tartalmazó rendszereket is lehet már kapni. (Az egyes gyártók a disk array, storage array, storage subsystem kifejezéseket is használják megnevezésként.)

11. ábra IBM System Storage DS6000 és HP StorageWorks 4100 Enterpise Virtual Array

- *Logical Unit Number (LUN):* eredetileg egy SCSI vezérlőn lévő konkrét lemez azonosítására szolgáló cím, általánosságban már inkább a lemeztömbökből képzett virtuális lemezekre használják SAN környezetben.
- *Zoning/masking*: mivel egy tárolórendszert általában több különböző gép használ, így fontos, hogy a lemezeket el lehessen különíteni, erre szolgál a zónázás. Ilyenkor minden gép csak azokat a lemezeket látja, amelyek az ő zónájában vannak.
- *Network Attached Storage (NAS)*: ez is egy hálózati tároló, azonban a SAN-tól abból különbözik, hogy ezt fájlszinten érik el a kliensek, és nem blokkos eszközként. Így nem is a SCSI protokollt használják az eléréséhez, hanem pl. NFS-t (Unix/Linux) vagy SMB/CIFS-et (Windows).
- *Direct Attached Storage (DAS)*: a számítógépre közvetlenül rákötött lemez elegánsabb megfogalmazása.

A mérés során iSCSI felületű tárolót szimulálunk szoftveresen, az iSCSI-ról további részletek az *Informatikai technológiák laboratórium 1.* [6] kapcsolódó mérési segédletében találhatóak.

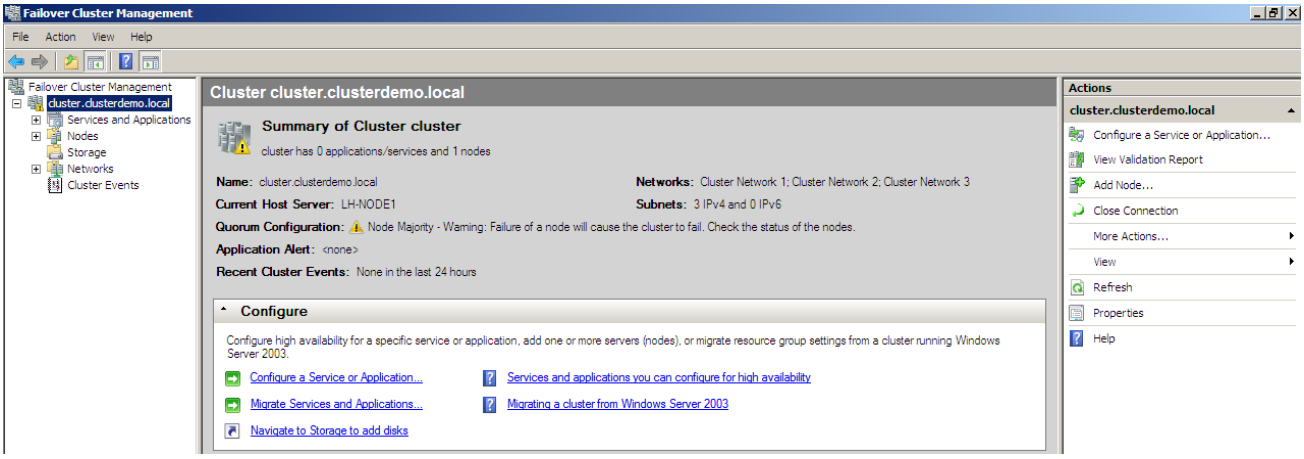
3.4 Fürt létrehozása

Elég sok követelménynek kell megfelelnie a felhasznált hardver- és szoftverkörnyezetnek, hogy alkalmas legyen fürt létrehozására. A csomópontokban azonos (vagy legalábbis nagyon hasonló) hardvernek kell szerepelnie, azonosnak kell lennie a BIOS és firmware verzióknak, ugyanazoknak az operációs rendszer frissítéseknek kell fent lenniük. A gépeknek tartományi tagoknak kell lenniük, DNS-t kell használniuk a névfeloldáshoz. Ajánlott legalább két különböző hálózati interfész használata (ezekhez különböző alhálózatban lévő IP-címeket kell használni), ezekből a fürtszoftver egy *'Microsoft*

Failover Cluster Virtual Adapter' nevű virtuális adaptert készít, amin keresztül a fürttagok transzparens módon tudnak kommunikálni az egyes hálózati kártyák meghibásodása esetén is. A követelményeket sokáig lehetne még folytatni, ezeket szerencsére a fürt telepítése előtt ellenőrzi a rendszer.

WSFC fürt létrehozásakor a következő lépéseket kell elvégeznünk.

- A Failover Clustering funkció telepítése a Server Managerben.
- Hálózati kártyák és közös tárolók csatlakoztatása és beállítása.
- Fürtellenőrzés (cluster validation) lefuttatása. Ez ellenőrzi a hardver és szoftver környezetet (megfelelő CPU architektúra, azonos frissítési szint az egyes csomópontokon, tartományi tagság, stb.), a hálózati eszközöket és beállításokat (pl. hálózati kártyák, IP-címek) és a tárolót (pl. támogatja-e a szükséges SCSI parancsokat, elég kicsi-e a késleltetése).
- Fürt létrehozása: csomópontok kiválasztása és a fürt virtuális címeinek megadása.
- Alkalmazás beállítása a fürtön. A kliens hozzáférési pontok és alkalmazás beállításainak megadása után a fürtrendszer a háttérben létrehozza a szükséges erőforrásokat és függőségeket.



12. ábra: Failover Cluster Management felület

A fenti ábrán látható egy példa a fürt menedzsment felületére.

3.5 Megjegyzések

Feladatátvételi fürtöket akkor érdemes alkalmazni, ha egyébként az infrastruktúra többi része (hardver alkatrészek, szerverszoba környezete, rendszergazdák képzettsége, informatikai házirendek) már jó minőségű, és azok javításával már nem nagyon lehetne tovább növelni a rendelkezésre állást, de szeretnénk azt mégis például 99%-ról 99,99%-ra javítani. Az ilyen magas igények miatt a Microsoft csak azokon a konfigurációkon támogatja a WSFC-et, amiket előzetesen bevizsgáltak és megkapta a „Certified for Windows Server 2008” logót. Ennek a részleteit a [5] oldalon találjuk.

A fürtbeállításokat a csomópontok helyileg a `%SystemRoot%\Cluster\Clusdb` fájlban tárolják (fürtadatbázis). Ez megtalálható a registry-ben is a `HKEY_LOCAL_MACHINE\Cluster` kulcs alatt.

Lehetőség van a parancssori kezelésre is a cluster.exe segítségével, pl. a fürt állapotának lekérdezésére a `CLUSTER [cluster-name] GROUP /STATUS` parancs szolgál. Az újabb verziókban már van PowerShell támogatás is (pl. `Get-Cluster`).

A fürttel kapcsolatos részletes információkat az eseménynaplóban és annak trace log részében láthatjuk (`tracerpt` parancssori eszköz).

4 További információ, hivatkozások

[1] W. Vogels *et al.* „The Design and Architecture of the Microsoft Cluster Service”, in Proc. of FTCS’98, IEEE, 1998. URL: http://dl.acm.org/citation.cfm?id=796898

[2] Microsoft. Failover Clusters in Windows Server 2008, URL: http://technet.microsoft.com/en-us/library/ff182326(WS.10).aspx

[3] Wikipedia. Serial Attached SCSI, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Attached_SCSI

[4] Wikipedia. Fibre Channel, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Fibre_channel

[5] Windows Server Catalog of Tested Products, URL: http://www.windowsservercatalog.com

[6] Tóth Dániel. „Háttértár rendszerek”, mérési segédlet, Informatikai technológiák laboratórium 1., BME MIT, URL: http://www.inf.mit.bme.hu/edu/courses/itlab1

Windows Server 2003-ban lévő fürtözési megoldások

Ezek egy részében már nem aktuálisak az információk a terminológia és architektúra változás miatt.

[7] Server Clusters: Architecture Overview, URL: http://download.microsoft.com/download/0/a/4/0a4db63c-0488-46e3-8add-28a3c0648855/ServerClustersArchitecture.doc (jó áttekintő és részletesebb architektúra bemutatás)

[8] Server Clusters Technical Reference, URL: http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc759014(WS.10).aspx

[9] Microsoft. „An update is available that adds a file share witness feature and a configurable cluster heartbeats feature to Windows Server 2003 Service Pack 1-based server clusters”, KB 921181, URL: http://support.microsoft.com/kb/921181 (witness files share és a heartbeat mechanizmus leírása)