Routing

A *routing*, vagy más néven forgalomirányítás, az összekötő szerepét játsza az INTERNET-en belül. Routing nélkül a forgalom mindössze egyetlen fizikai hálózatra korlátozódna. A forgalomirányítás lehetővé teszi, hogy valamely lokális hálózathoz csatlakozó host által létrehozott IP datagrammok elérhessenek bármely rendeltetési pontot az INTERNET hálózatban. Eközben a szóbanforgó datagrammok esetleg több közbenső hálózatot is érinthetnek.

A forgalomirányítás fontos szerepe, valamint az alhálózatok közötti bonyolult összeköttetések miatt a routing protokollok tervezése és megvalósítása az INTERNET hálózati szoftver kialakításának egyik legfontosabb eleme. Nem kevésbé fontos azonban a rendelkezésre álló forgalomirányítási eszközök megfelelő konfigurálása. Egy adott installáció esetében a rendszer-adminisztrátor feladata a megfelelő forgalomirányítási algoritmusok és azok információs bázisának kialakítása.

Legáltalánosabb forgalomirányítási konfigurációk

Különbséget kell tenni a forgalomirányítási algoritmus konkrét megtervezése és általában a forgalomirányítással kapcsolatos prokollok között.

A *forgalomirányítás* az IP datagrammok továbbításával kapcsolatos konkrét döntések meghozatala azon információk alapján, amelyek a routing táblázatban vannak tárolva.

A *forgalomirányítási protokollok* viszont azok a programok, amelyek kicserélik egymás között azokat az információkat, amelyek alapján a routing táblázatok felépülnek.

Valamely hálózattal kapcsolatos forgalomirányítás megvalósítása nem mindíg épül routing prtokollokra. Az olyan esetekben, amikor a forgalomirányítással kapcsolatos döntés információs bázisa nem változik, a rendszer-adminisztrátor a routing táblázatot rendszerint kézzel tölti fel a megfelelő adatokkal. Előfordulhat, hogy valamely hálózat egyáltalán nem kapcsolódik más hálózatokhoz és ezért semmiféle rendszer-adminisztrátori közreműködésre nincs szükség a routing tábla kitöltésénél.

A legáltalánosabb routing konfigurációk a következők:

Minimális routing

Ha egy hálózat teljesen izolálva van minden más TCP/IP hálózattól, akkor csak minimális routing konfigurációt igényel. A minimális routing táblázatot az **ifconfig** hozza létre, amikor a hálózati interfésztt konfigurálja. Ha nincs *subnetting* sem, akkor a minimális routing táblázat képezi mindazt az információt, amire a forgalomirányítási dötések épülnek. Az ilyen izolált TCP/IP hálózatok nem ritkák a gyakorlatban. UNIX környezetben általánosan elterjedt, hogy TCP/IP alapú lokális hálózatok csak a UUCP protokoll segítségével teremtenek kapcslatot a külvilággal.

Sztatikus routing

Valamely hálózat, amely csak minimális számú kapukkal (*router, gateway*) kapcsolódik más TCP/IP hálózatokhoz, sztatikus forgalomirányítást alkalmazhat. A sztatikus routing táblázatot a rendszer-adminisztrátor a **route** paranccsal töltheti fel manuálisan. A sztatikus routing táblázat nem tud illeszkedni a hálózati konfigurációban bekövetkező

Typeset by $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$-TEX változásokhoz, ezért a sztatikus forgalomirányítás csak olyan esetekben alkalmazható, ha a hálózati topológia nem változik meg. Azokban az esetekben, ha a távoli rendeltetési pontok csak egyetlen irányban érhetők el, akkor a sztatikus routing a legjobb választás.

Dinamikus routing

Az olyan hálózatok esetében, amikor vannak olyan rendeltetési pontok, amelyek többféle irányítással is elérhetők, dinamikus irányítást kell alkalmazni. A dinamikus routing táblázat a routing protokollok általi információcsere alapján kerül kitöltésre. A routing protokollok elterjesztik a hálózati topológiában dinamikusan bekövetkező változásokat. Ennek eredményeként dimamikusan illesztik a forgalomirányítást a hálózatban bekövetkező változásokhoz. A routing protokollok sokkal gyorsabban és pontosabban reagálnak a hálózati topológiában bekövetkező változásokra, mint azt a rendszer-adminisztrátor tehetné. A routing protokollok nemcsak másodlagos utakat jelölnek ki, ha az elsődleges, leginkább preferált irány nem járható, hanem azt is eldöntik, hogy az adott helyzetben melyik a preferált irány, amit követni kell ahhoz, hogy egy adott rendeltetési pontot elérjünk. Minden olyan hálózat esetén, ahol valamely rendeltetési ponthoz több út is vezet, routing protokollokat kell alkalmazni.

A routing táblázat

A forgalomirányítást az alhálózatok között alapvetően a gateway-ek végzik. Ezeket szokás *router*eknek is nevezni. Szükséges azonben megjegyezni, hogy álalában minden hálózati berendezés, így a hostok is hoznak fogalomirányítással kapcsolatos döntéseket.

Hostok esetében a forgalomirányítással kapcsolatos döntés viszonylag egyszerű.

- Ha a rendeltesési host a szóbanforgó hosttal egy lokális alhálózatban van, akkor az adat közvetlenül a rendeltetési host felé továbbítható.
- Ha a rendeltetési host a szóbanforgó hosthoz viszonyítva egy távoli alhálózatban van, akkor az adat egy megfelelő lokális router felé továbbítódik.

A forgalomirányítás a hálózati réteghez tartozó funkció. Az Internet Protokoll (IP) a rendeltetési cím hálózati része alapján dönt az irányításról. A rendeltetési cím legmagasabb rendű bitjei alapján eldönthető, hogy milyen osztályhoz tartozó címről van szó, ami viszont egyértelműen meghatározza a cím hálózati részét. Ha a rendeltetési alhálózat lokális, akkor a lokális szubnet maszk segítségével választhatók le a cím host részéről azok a további bitek, amelyek hozzátartoznak a rendeltetési alhálózat címzéséhez. Meg kell jegyezni, hogy a host részből további bitek fenntartása az alhálózati címzéshez, azaz egy alhálózat további alhálózatokra bontása, opcionális. Alkalmazása elsősorban az **A** és a **B** osztálú címek esetén gyakori.

Ha már meghatároztuk a rendeltetési alhálózat címét, akkor az IP a **routing tálázathoz** fordul. Az IP datagram vagy adatcsomag további irányítása a **routing tálázat** alapján történik. A **routing tálázat** feltöltését és további kezelését a rendszer-adminisztrátor, vagy pedig a **routing protokollok** végzik. A végeredmény mindkét esetben ugyanaz. Az IP irányítással kapcsolatos döntése minden esetben egy egyszerű tábálázattal kapcsolatos keresési műveleten alapul.

A routing tábázat pillanatnyi állapotát a **netstat -nr** paranccsal kérdezhetjük le. Az **-r** opció utal a routing táblázatra. A **-n** opcióval az adatok numerikus formában történő megjelenítését kérhetjük. A **netstat -nr** paranccsal lekért routing táblázat a következő mezőket tartalmazza:

- *Rendeltetés* A rendeltetési alhálózat vagy host.
- *Gateway* A router (gateway) címe, amin keresztül a rendeltetési alhálózat vagy host elérhető.
- *Flags* A flag-ek a táblabejegyés által reprezentált irány karakterisztikáit adják meg. A lehetséges értékek a következők:
  - **U** : jelzi, hogy az irány működőképes.
  - **H** : jelzi, hogy az irány host felé mutat (a legtöbb irány alhálózat felé mutat).
  - **G** : jelenti, hogy az irány egy lokális (az adott hosttal fizikai hálózati összeköttetésben levő) router felé mutat, amelyen közvetítésével érhető el a rendeltetési pont. Valamely host hálózati interfészei irányokat reprezentálnak a kapcsolódó lokális hálózathoz, illetve ezen lokális hálózatban levő hostok, mint rendeltetési pontok felé. Minden más jellegű irány gateway jellegű, mivel a rendeltetés elérése csak egy további host, a jelzett gateway közbeiktatásával lehetséges. Ha a jelzett gateway cím az illető host címe valamely közvetlen kapcsolatban levő lokális hálózat felé, akkor a **G** flag nem szerepel. Minden más irány esetén a **G** flag szerepel.
  - **D** : jelzi, hogy a táblabejegyzést az ICMP protokoll készítette. Ha az *internet réteg* az ICMP átirányítási funkciójára építve egy új utat ismer meg, akkor ez bejegyzésre kerül a routing táblázatba. Ennek alapján a következő adatcsomagokat a jelzett irányba már nem kell átirányítani, hanem az így bejegyzett irány követhetik.
- *Rfcnt* Mutatja, hogy az irány hányszor lett igénybe véve.
- *Use* A kérdéses irányba továbbított adatcsomagok számát jelenti.
- *Interface* A hálózati interfész neve, amelyen keresztül az irányítás vezet. (A hálózati interfész mindíg egy fizikai alhálózatot reprezentál.)

Routing protokollok

A különböző routing protokollok alapvető funkciója azonos. A fő feladatuk az, hogy meghatározzák a legjobb irányt minden rendeltetési pont felé, és szétosszák az irányítással kapcsolatos információt valamely hálózatban a hostok között. Az egyes routing protokollok temészetesen különböznek abban, ahogyan ezeket a funkciókat megvalósítják. Például az egyes routing protokollok eltérhetnek abban, hogy mit értenek a legjobb irányításon és miben mérik az irányítás jóságát.

Belső Routing Protokollok

A routing protokollokat alapvetően két nagy csoportra lehet osztani: *belső* és *külső* protokollokra. A belső protokoll olyan routing protokoll, amelyet valamely független hálózati rendszeren belül használnak. A TCP/IP terminológiát használva, a független hálózati rendszernek az *autonóm rendszerek (AS)* felelnek meg. Egy autonóm rendszeren belül a routing információ cseréje valamely belső protokoll segítségével történik, amelyet az illető autonóm rendszer adminisztrátora választ ki.

A **Routing Information Protocol (RIP)** a legáltalánosabban használt belső routing protokoll. A RIP széles körben elérhető, mivel általában része a UNIX szoftvernek.

A RIP nagyon jól illeszkedik a területileg lokális hálózatokhoz. Ha egy lokális hálózat használ routing protokollt, akkor az nagy valószínűséggel a RIP protokoll.

A RIP protokoll a hop-ok számát, azaz a közbülső érintett routerek számát tekinti valamely irányítás mértékének. Minél kisebb a hop-ok száma, annál jobb az illető irányítás. A RIP értékelése szerint a legjobb irányítás az, amelyik a legkevesebb ruotert használja. A RIP protokoll a *Bellman-Ford* gráfelméleti algoritmuson alapszik. A Bellman-Ford algoritmuson alalpuló protokollokat *distance-vector* típusú algoritmusoknak is nevezik.

A leghosszabb irányítás, amelyet a RIP még elfogad maximálisan 15 hop-ból áll. Ha egy irányítás mértéke ennél hosszabb, akkor a RIP a rendeltetési pontot, amellyel ez az irányítás kapcsolatos, elérhetetlennek tekinti és törli a rouitng táblázatból. Ezért a RIP nem alkalmazható olyan nagy autonóm rendszerek esetén, ahol az irányítások mértéke meghaladhatja a 15-öt. A RIP feltételezi, hogy hop-ok számában mért legrövidebb út a legjobb, és nem veszi figyelembe a torlódásokat (congestion) és a késleltetéseket valamely irányítás mentén. Léteznek más belső routing protokollok, amelyek kiküszöbölik a RIP ezen gyengeségeit.

A *Hello* belső protokoll például a késleltetést használja az irányítás mértékéül.

A *közbülső rendszertől közbülső rendszerig - Intermediate System to Intermediate sytem (IS-IS)* OSI routing protokoll speciális verziója a *legrövidebb út először - Shortest Path First (SPF), vagy link-state* protokoll. A RIP-hez hasonlóan a SPF protokoll is a hop-ok számában mért legrövidebb utat valasztja ki, de ellentétben a RIP protokollal, az SPF protokoll jól alkalmazható kiterjedt hálózatok esetén is, ahol nagyszámú routert alkalmaznak.

A *Dijkstra* gráfelméleti algoritmuson alapuló protokollokat *link-state* protokolloknak is nevezik. Egy ilyen link-state típusú protokoll a *nyitott legrövidebb út először - Open Shortest Path Firt (OSPF)* protokoll. Az OSPF még nem nagyon elterjedt, de széleskörű eltejedése a közeli jövőben várható. Az OSPF jól alkalmazható kiterjedt hálózatok esetén és az *egyenlő költségű többutas irányítást - equal cost multipath routing* alkalmazza. Ez azt jelenti, hogy az OSPF képes több irányítást is alkalmazni ugyanahhoz a rendeltetési ponthoz. A többutas irányítás nagyon hasznos lehet speciális router rendszerek esetén, de a jelenlegi IP verziók a UNIX rendszerkben nincsenek felkészítve a többutas irányításra. A jelenlegi UNIX IP verziók feltételezik, hogy a routing táblázatok csak a legjobb irányításokat tartalmazzák, és ezért, ha egy irányítást már megtaláltak a routing táblázat alapján, akkor már nem vizsgálják a további lehetőségeket. Először tehát a UNIX IP implementációkat kell megváltoztatni ahhoz, hogy a többutas irányítási algoritmusok elterjedjenek.

Külső Routing Protokollok

A *külső routing protokollokat* az autonóm rendszerek között az irányítással kapcsolatos információcserére alkalmazzák. Ezeket az információkat *elérhetőségi információknak - reachability information* is szokás nevezni. Az elérhetőségi információ arról ad felvilágosítást, hogy egy autonóm rendszeren keresztül milyen hálózatok érhetők el.

A külső irányítás szempontjából valamely autonóm rendszer routerek olyan halmazának tekinthető, amelyet közös technikai adminisztráció felügyel Ezek a routerek meghatározott belső routing protokollt és közös mértéket alkalmaznak a forgalom irányítására az autonóm rendszeren belül, és valamely külső routing protokollt használnak a csomagok küldéséhez más autonóm rendszerek felé. Valamely autonóm rendszer adminisztrációja más autonóm rendszer adminisztrációja felé úgy látható, mint ahol létezik egy koherens irányíási terv, és amely egy konzisztens képet nyújt arról, hogy mely hálózatok érhetők el rajta keresztül. A külső routing szempontjából valamely autonóm rendszer monolitikus egységnek tekinthető.

Az ilyen monolitikus egységek közötti irányítási információcsere a külső routing protokollok fő funkciója. Fontos megjegyezni, hogy a külső routing protokoll egy egész protokoll osztályt jelöl, míg a *külső gateway protokoll - Exterior Gateway Protokoll* egy speciális külső routing protokoll, amely a legáltalánosabban elterjedt.

Valamely router, amely EGP protokollt futtat, csak azoknak a hálózatoknak az eléréséről jelent, amelyek az ő autonóm rendszeréhez tartoznak, és feltételezi, hogy a routerek egy kis hányada fő routerként (core gateway) müködik. Egy EGP router általában nem jelent azokról a hálózatokról, amelyeket elérhet, de kívül vannak azon az autonóm területen amelyhez tartozik.

Eltérően a belső routing protokolloktól, a EGP protokoll nem törekszik a legjobb út kiválasztására valamely rendeltetési pont felé. Az EGP üzenetek (updates) tartalmazzák a mértékeket (distance vector values), de az EGP ne értékeli ki ezeket az informácókat. Ezek a mértékszámok, amelyek különböző autonóm rendszerek felől jönnek, általában nem összehasonlíthatók, mivel az adatok interpretációja autonóm rendszerenként eltérő lehet.

Amikor az EGP tervezték, feltételezték, hogy a hálózat fő routerek egy rendszerére épül, amelyek feladata az összes autonóm rendszerek felől érkező routing információk feldolgozása és szétosztása. A fő routerekről feltételezték, hogy rendelkezésükre állnak azok az információk, amelyek alapján a legjobb külső irányítás kialakítható. Az EGP elérhtőségi információk továbbítódtak a fő routerek felé, ahol az irányítási információkat kiértékeltét és továbbították vissza az autonóm rendszereknek.

Egy olyan irányítási struktúra, amely központilag vezérelt fő routerekre épül, nem alkalmas a dinamikusan bővülő INTERNET esetén. Ahogy az autonóm rendszerek, valamint a hozzájuk tartozó hálózatok száma nő, egyre bonyolultabb feladattá válik a fő routerek számára a megnövekedett terhelés (workload) kezelése. Ez az oka annak, hogy az Internet egy jobban elosztott irányítási architektúra kialakítása felé törekszik, ahol az irányítások feldolgozása visszatevődik az egyes autonóm rendszerekbe. Egy osztott architektúrában az autonóm rendszerek egyaránt működtetnek belső és külső routing protokollt, amelyek inteligens irányítási döntéseket hozhatnak.

Az új külső routing protokoll, a *Border Gateway Protocol (BGP)*, kezdi felváltani az EGP protokollt. Hasolóan az EGP-hez, a BGP is az elérhetőségi információkat cseréli ki az autonóm rendszerek között, de a BGP ennél sokkal több lehetőséget szolgáltat. A BGP sokkal több információt nyújt egy irányítással kapcsolatban, és fel tudja használni ezt az információt a legjobb irányítás kiválasztására. A BGP ezeket az információkat *út attribútumoknak - path attributes* nevezi. Ezek az attribútumok olyan információkat is hordozhatnak, amelyek adminisztratív preferenciákkal kapcsolatosak. Ez a fajta routing, amelyet *politikán alapuló irányításnak - policy based roting* is szoktak nevezni, nem tecnikai jellegű megfontolásokat is tartalmaz. Ilyenek lehetnek például politikai, szervezési vagy titkosítási meggondolások. A BGP tökéletesítíaz irányítási rendszernek az útkiválasztási képességét és egyúttal irányítási politikát is képes megvalósítani. Ezek a tulajdonságok különösen abban az esetben fontosak, ha a rendszerben nincsenek kitüntetett fő routerek, amelyek végrehajtanák ezeket a feladatokat. A BGP nyújtotta lehetőségek olyan hálózati struktúrák létrehozását teszik lehetővé, amelyek az irányítás azonos szintjén elhelyezkedő autonóm rendszerekből épülnek fel, és amelyek sokkal inkább bővíthetők, mint a régebbi rendszerek voltak.

Fontos megjegyezni a külső routing protokollokról, hogy valamely autonóm rendszert képező routerek nagy részében nem futnak. A külső routing protokoll akkor szükséges csak, ha egy autonóm rendszer routing információt akar cserélni valamely más autonóm rendszerrel. A legtöbb router valamely autonóm rendszeren belül csak belső routing protokollt futtat. Ilyen protokoll lehet például a RIP. Csak azoknak a routereknek kell valamilyen külső routing protokollt futtatni, amelyek az autonóm rendszert valamely más autonóm rendszerrel kapcsolják össze.