

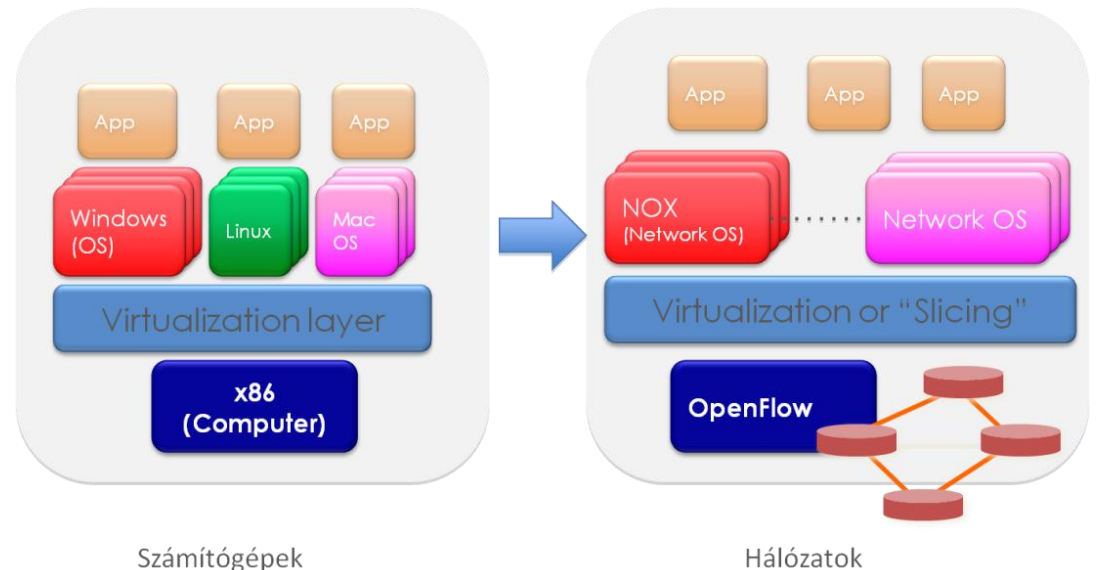
VIRTUAL NETWORK EMBEDDING VIRTUÁLIS HÁLÓZAT BEÁGYAZÁS

Dr. Maliosz Markosz
maliosz@tmit.bme.hu

Mérnöki modellalkotás, VITMMA03

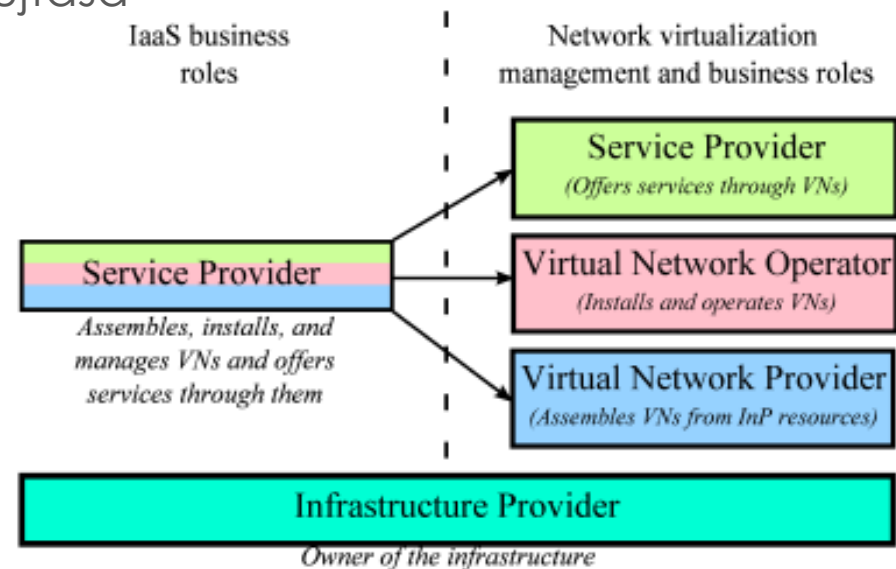
Virtualizáció

- Konceptió
 - VLAN, VPN, aktív/programozható hálózatok, overlay hálózatok
- Előnyök
 - sok virtuális hálózat egy fizikai felett
 - rekurzió lehetősége (nesting)
 - izoláció
- Felhő architektúra: IaaS
 - számítási erőforrások
 - hálózatok
 - háttértár



Szolgáltatói szerepek

- Internet Service Provider (ISP) szerep tovább osztódik
 - Infrastructure Provider (InP)
 - a fizikai infrastruktúra menedzselése
 - Service Provider (SP)
 - menedzsment és üzleti szempontból további szerepek
 - VNP, VNO, SP
 - virtuális hálózat működtetés
 - felhasználói szolgáltatások nyújtása



Virtuális hálózat beágyazás

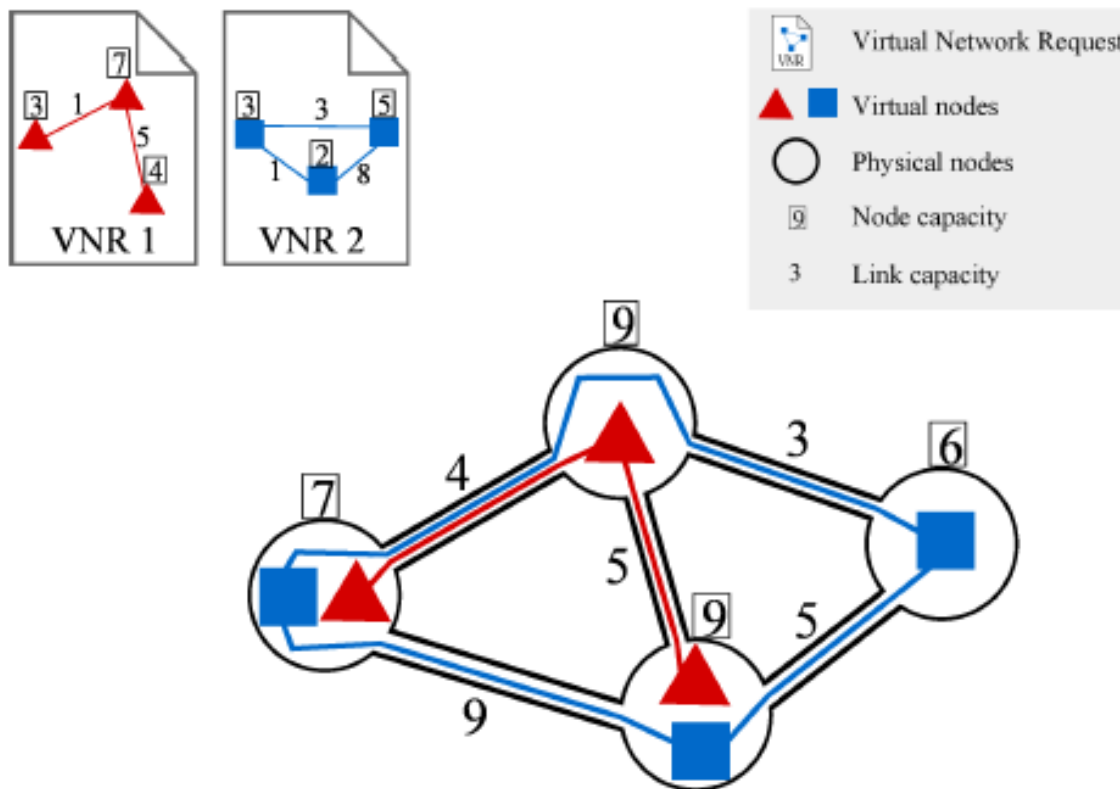
- Erőforrás foglalási feladat
 - virtuális erőforrások fizikai hardverre történő leképezése
 - csomópontok: Virtual Node Mapping (VNoM)
 - virtuális csp. \Rightarrow fizikai csp. (n : 1)
 - szakaszok: Virtual Link Mapping (VLiM)
 - virtuális szakasz \Rightarrow fizikai útvonal (n : m)
 - további követelmények
 - csp. számítási kapacitás (CPU)
 - tárhely kapacitás
 - virtuális csp.-ok helye
 - virtuális szakaszok sávszélessége, késleltetése
- Dinamikus hozzárendelés, leképezés
- Beágyazási algoritmusok

Virtuális hálózat beágyazás modellezése

- Beágyazandó virtuális hálózatok:
Virtual Network (VN) $G_i^V = (N_i^V, L_i^V)$, $i=1..n$
- Fizikai hálózat (substrate network): $G^S = (N^S, L^S)$
- Beágyazási függvény
 - VNoM: $f_i: N_i^V \rightarrow N^S$
 - VLiM: $g_i: L_i^V \rightarrow G^{S'} \subseteq G^S$
- Feltételek
 - csomópont erőforrásokra
 - Egy virtuális csp. egy fizikai csp.-hoz rendelve
 - ugyanahhoz a virtuális hálózathoz tartozó virtuális csp.-ok különböző fizikai csp.-hoz rendelve (általában ez a jellemző terhelés kiegyenlítés miatt)
 - teljesítve az erőforrás korlátokat
 - szakasz/útvonal sávszélesség/késleltetés
 - további megkötések: hely, védelem, stb.
- Cél: minimális fizikai erőforrás-használat
- A feladat NP-nehéz
 - ha VNoM adott, és VLiM-re megkötés, hogy egy útvonal legyen, még akkor is (nem elágazó folyamatok problémája)

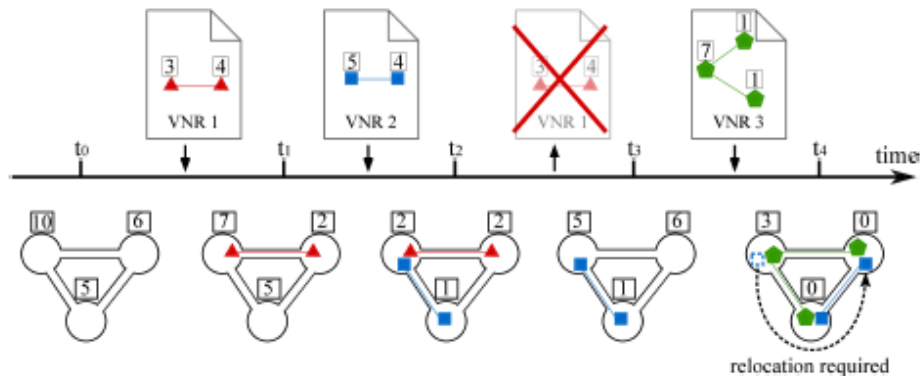
VNE példa

- csak CPU és sávszélesség kapacitások
 - VNR: Virtual Network Request – virtuális hálózat igény



VNE osztályozás

- statikus / dinamikus igények
 - online működés, folyamatosan érkező igények
 - statikus esetben nincs újrakonfigurálás
 - erőforrás kihasználás töredezettsége az idő előrehaladtával
 - VN menet közbeni változása
 - dinamikus: akár folyamatos átmozgatás

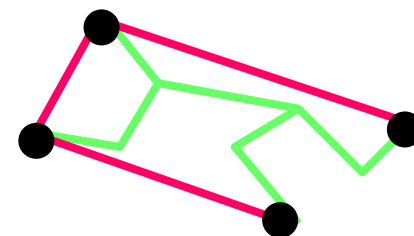
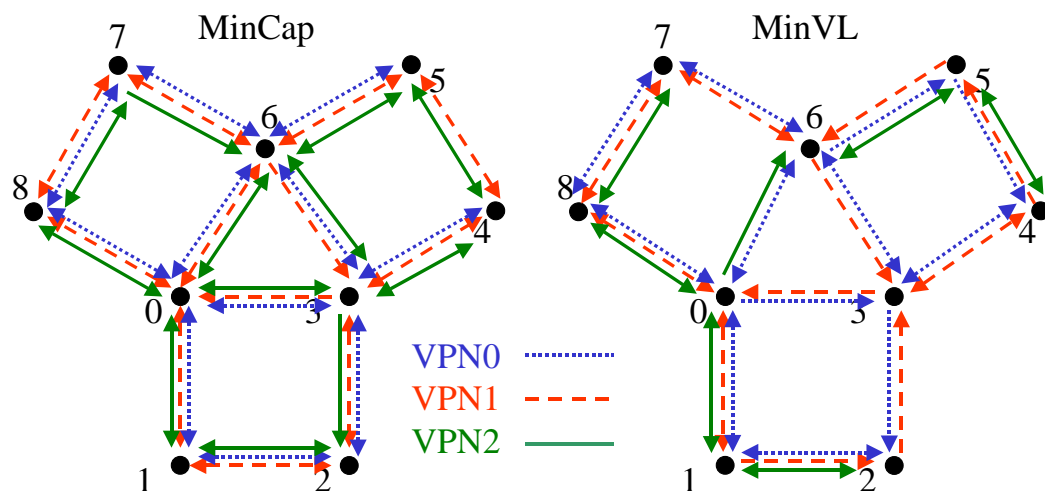


VNE osztályozás

- központosított
 - előnyök
 - globális tudás
 - optimális megoldás
 - hátrányok
 - single point of failure
 - skálázhatósági problémák
- elosztott
 - előnyök
 - elosztott terhelés
 - skálázhatóság
 - hátrányok
 - szinkronizáció
 - kommunikáció

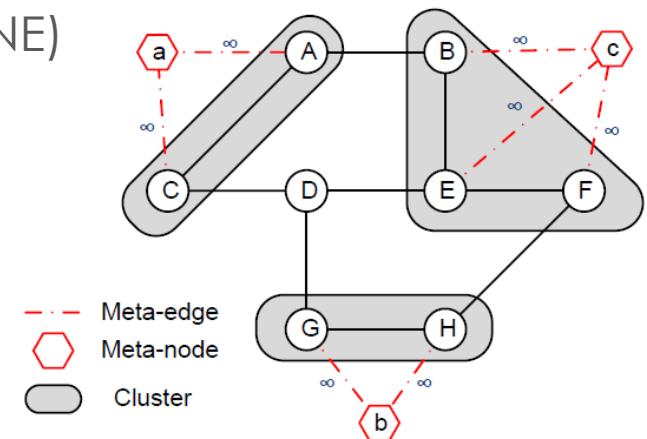
VNE osztályozás

- koncentrált / redundáns
 - fizikai erőforrás hiba \Rightarrow összes érintett virtuális erőforrás
- koncentrált
 - nincs redundancia
 - kisebb erőforrás-foglalás \Rightarrow több VNR
- redundáns
 - megbízhatóság szemben a költséggel



VNoM – VLiM dekompozíció / koordináció

- két független fázis: 1. VNoM, 2. VLiM
 - hátrány: két szomszédos VN messze kerülhet egymástól a fizikai topológián \Rightarrow költségnövekedés VLiM fázisban
- koordinált: két fázisban
 - pl. földrajzi távolság figyelembe vételével
 - VNoM: VN-hez lehetséges fizikai csp-ok halmaza
 - hozzárendelés: többtermékes folyam probléma (multicommodity flow problem) alapján
 - MIP relaxálás
 - determinisztikus kerekítés (D-ViNE)
 - véletlenszerű kerekítés (R-ViNE)
 - VLiM
 - újabb többtermékes folyam probléma



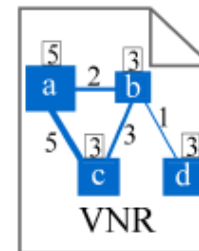
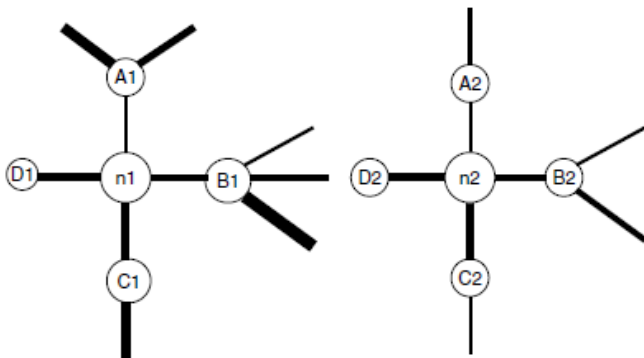
Többtermékes folyam probléma

- Adott
 - hálózati topológia: kapacitásokkal (itt csak a szakaszokra) $u(v,w)$ (és költségekkel $c(v,w)$)
 - Igények: forrás, cél, igény nagysága (s_i, t_i, d_i) / K halmaz/
- Lineáris program (LP)
 - $f_i(v,w)$: az i . igényhez tartozó folyam értéke (v,w) élen
 - $\min \quad \sum_i \sum_{vw} c(v,w) f_i(v,w)$

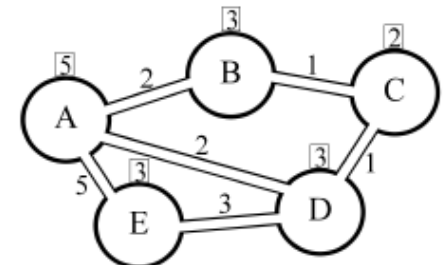
$$\sum_w f_i(v,w) - \sum_w f_i(w,v) = \begin{cases} 0 & \text{if } v \neq s \text{ and } v \neq t \\ d_i & \text{if } v = s \\ -d_i & \text{if } v = t \end{cases} \quad \forall v \in V, i \in K$$
$$\sum_{i \in K} f_i(v,w) \leq u(v,w) \quad \forall (v,w) \in E$$
$$f_i(v,w) \geq 0 \quad \forall (v,w) \in E$$

VNoM – VLiM dekompozíció / koordináció

- koordinált: egy fázisban
 - csp. rang számítás (Google PageRank által inspirált)
 - BFS fa VNR-re, ez alapján VNoM
 - VLiM legrövidebb utakon
 - a kapacitáskorlátokat figyelembe véve

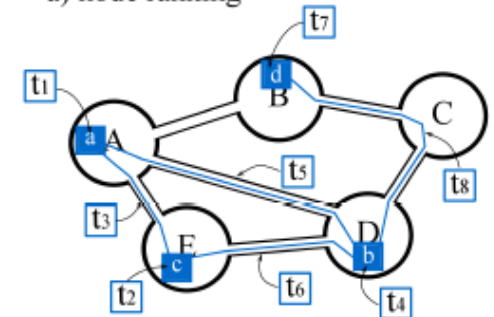
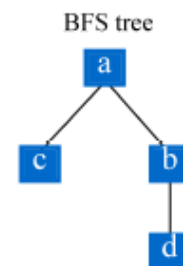


a, c, b, d



(A), (E), (D), (B), (C)

a) node ranking



b) one stage VNE

VNE további szempontok

- paraméterek
 - lineáris – nemlineáris (pl. csomagvesztési vg.)
- célfüggvény
 - QoS
 - késleltetés, sávszélesség, CPU
 - InP profit
 - VN árazás
 - erőforrás-használat minimalizálás
 - megbízhatóság
 - hozzárendelt, megosztott védelem
 - helyreállítás

VNE optimalizálási stratégiák

- Egzakt optimalizálási módszerek
 - NP-nehéz \Rightarrow Integer Linear Program
 - csak kis problémaméretre
 - megoldó szoftverek: CPLEX, glpk, Gurobi, stb.
- Heurisztikus módszerek
 - dinamikus on-line érkező VNR igények
- Metaheurisztikus módszerek
 - pl. szimulált lehűtés, genetikus algoritmus, tabu keresés, stb.

Források

- A Fischer, JF Botero, MT Beck, H De Meer, X Hesselbach, Virtual Network Embedding: A Survey, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2013.
- N. M. M. K. Chowdhury, M. R. Rahman, and R. Boutaba, “Virtual network embedding with coordinated node and link mapping,” in *Proc. IEEE INFOCOM. IEEE Infocom*, Apr. 2009.
- X. Cheng, S. Su, Z. Zhang, H. Wang, F. Yang, Y. Luo, and J. Wang, “Virtual network embedding through topology-aware node ranking,” *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, vol. 41, pp. 38–47, April 2011.