

TIBENSZKYNÉ DR. FÓRIKA KRISZTINA EGYETEMI DOCENS

KATONAI CÉLÚ INFORMATIKAI KLASZTER ÉPÍTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI ÉS FELTÉTELEI

POSSIBILITIES AND REQUIREMENTS OF THE DEVELOPMENT OF IT CLUSTERS FOR MILITARY USE

A honvédelem, rendvédelem, katasztrófavédelem, információvédelem napjaink olyan kiemelt területei, amelyek kutatása a Közszerológáti Egyetem fő irányultságába tartoznak. Itt olyan oktatási és kutatási problémák megoldása folyik, amelyek az ország biztonságának megőrzését célozza. A fent említett kutatási területek magas szintű informatikai támogatása és a katonai célú Informatikai Klaszter létrehozásának igénye majd tudományos Gridbe való kapcsolása valós igény. Jelen cikkben a szerző összefoglalja egy katonai célú tudományos Klaszter tervezett létrehozásának lehetőségeit és feltételeit. Kulcszavak: Katonai célú Klaszter, kutatás, Közszerológáti Egyetem, honvédelem

State defense, civil defense, rescue management, and IT security are today's main fields for research at the National University of Public Service. The main objective for resolving these educational problems and facing these research challenges are to serve Hungary's overall security. Developing of an Information Technology Klaszter and its further connection into a scientific Grid in order to support the above mentioned study fields is a real need in the country. In this article, the author briefly summarizes the possibilities and requirements for development of a scientific Klaszter for military use.

Bevezetés

Az utóbbi években az informatika robbanásszerű fejlődését éljük mind hardver, mint szoftver területeken. A permanens fejlődés követése a szakemberek részéről állandó új kutatási területek és célok megjelenését vonja maga után. Az egyre bővülő lehetőségek kiaknázása sokszor anyagi és más természetű nehézségekbe ütközik, ez olyan technikák kialakulását eredményezi, amely nemcsak a tudósok kreatív kezdeményező-készségét teszi próbára, hanem nagy számítási igényű informatikai eszközök meglétét is nehezíti. Jelenleg az országban több olyan kezdeményezés van folyamatban, amelyben társadalomtudományi és

természettudományi kutatási területeken gridekbe szervezett klaszterek segítségével végeznek kutatásokat a fizikai, biológiai, üzleti, orvostudományi, informatikai, csillagászati és egyéb tudományterületeken.

A honvédelem, rendvédelem, katasztrófavédelem, információvédelem napjaink olyan kiemelt területei, amelyek kutatása a Közszerológiai Egyetem fő irányultságába tartoznak. Itt olyan oktatási és kutatási problémák megoldása folyik, amelyek az ország biztonságának megőrzését célozza. A fent említett kutatási területek magas szintű informatikai támogatása és az egyetemi tudományos gridekbe való kapcsolása valós igény.

A klaszter fogalma napjainkban egyre gyakrabban használt kifejezés. Amennyiben általánosan szeretnénk a fogalmat megfogalmazni, akkor azt mondhatjuk, hogy az alkotó informatikai eszközök egységei laza hálózatáról beszélünk, amelyek együttműködése hozzájárul az abban résztvevők teljesítményének növekedéséhez. [1] Meg kell különböztetnünk azonban a társadalmi értékláncok mentén szerveződő, illetve az informatikai rendszerekből képzett klaszterek fogalmát.

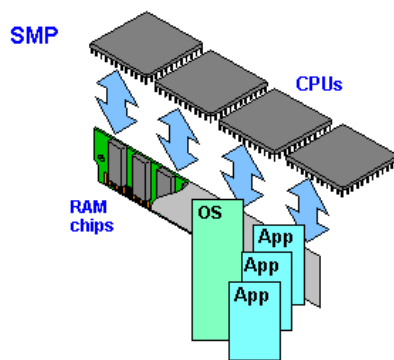
Amennyiben egy iparágban vagy értéklánc mentén egymással szerveződő vagy versengő független gazdasági szereplők és non-profit intézmények hálózatáról beszélünk, amelyek területileg koncentrált együttműködéséről beszélünk, amik hozzájárulnak az adott régió vagy térség versenyképességének növekedéséhez, akkor társadalmi célú klaszterről beszélhetünk. Ha azonban az együttműködés résztvevői informatikai eszközök, akkor a fűrtözött rendszerekről, azaz klaszterekről, a nagy számítás teljesítményt igénylő alkalmazások futtatása kapcsán, szuperszámítógépek kiváltására tervezett megoldásként tárgyalhatjuk őket.

Nagy sebességű számítógépek architektúráis felépítései

Az utóbbi években az asztali számítógépek teljesítményének valamint a hálózati kapcsolatok sebességének növekedése a klaszterek általános használatának széles körű elterjedéséhez vezetett. A hálózati technológiák fejlődése révén mára az elosztott számítás és tárolás rendszerek megjelenése hatékony és gazdaságos megoldásokat nyújt a megnövekedett számítás igényből adódó problémák kezelésére. Az egymással

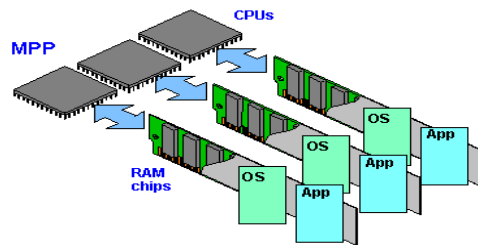
kommunikációs hálózaton kapcsolódó több-számítógépes rendszerek új technológiai megoldások alkalmazásához vezetett. A szimmetrikus multiprocesszorok (Symmetric MultiProcessing, SMP), masszívan párhuzamos processzorok (Massively Parallel Processing MPP) és a klaszterek adta technológiák ugyanúgy képesek párhuzamos programokat futtatni, mint egyetlen számítógép a processzorai között, de az elosztás technológiája jelentősen különbözik.[2]

Az SMP olyan multi-architektúra, amely több CPU-t használ, amely egy helyen van elhelyezve, ugyanakkor ugyanazt a memóriát használja. Az egyik a CPU betölti, az SMP operációs rendszert, amely a többi CPU-t online állapotba hozza. Az operációs rendszernek egyetlen példánya fut, és az alkalmazás egy példánya a memóriában kap helyet. Az operációs rendszer a CPU-kat a feldolgozás erőforrás igényeinek kielégítésére használja és az összes végrehajtás egyidejűleg történik, akár csak az éppen aktuális adatfeldolgozás vagy valamely más tevékenység. A rendszer hátránya, hogy egy CPU meghibásodása a teljes SMP rendszer működését lehetetlenné teheti. A közös memórián keresztül történő kommunikáció összhangjának megteremtése az egyes processzek között a programozó feladata, tehát sokszor nehezen kezelhetővé teszi a rendszert a felhasználók számára, ezért a technológia kiszorulását figyelhetjük meg az MPP-vel szemben. [3] Magyarországon az MTA SZTAKI Párhuzamos és Elosztott Rendszerek Laboratóriumában kifejlesztettek egy olyan párhuzamos programok készítésére szolgáló programozási környezetet (P-GRADE), amely grafikus felhasználói felület segítségével támogatja párhuzamos programok fejlesztését C, C++ vagy FORTRAN nyelven.



1. ábra. SMP architektúrális rendszer felépítése

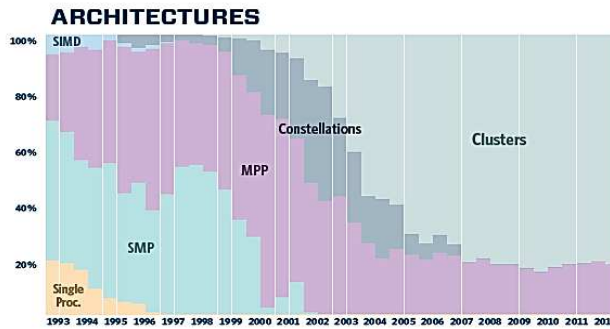
Az MPP olyan multiprocesszoros architektúra, amelyben sok proceszort és különböző programozási paradigmákat használnak. Minden CPU egy alrendszer a saját memóriájával és operációs rendszerével és minden alrendszer nagy sebességű kapcsolatokon keresztül kommunikál a másikkal.



2. ábra. MPP architektúrális rendszer felépítése

Az MPP működése során a probléma megoldása különálló darabokra bontva történik, amelyeket párhuzamosan hajtanak végre. Az SMP-ben a következő feladat vagy szál annak a CPU-nak van alárendelve, amelyik egy időben, szimultán képes a végrehajtására. A klaszter technológia megjelenésének oka az volt, hogy a gyorsaság kérdése központi, a hatékony működés fontossá és a sajátos problémák megoldása szükségessé vált. A különböző technológiák megjelenését általában a hardware architektúrák fejlődése előzte meg, majd ezt követte a software technológiák fejlődése, ami az operációs rendszerek változásában jelenik meg, amelyre a különböző alkalmazások épülnek. A klaszter párhuzamos vagy elosztott rendszerek olyan típusa, amely összekapcsolt különálló számítógépekből áll, amik egy integrált számítási erőforrásként működnek. [3] Ma már szinte bárki összeépíthet egy szuper számítógépes teljesítményt nyújtó, tudományos célú fürtözött rendszert, miközben a bekerülés költsége töredéke lehet egy azonos számítási teljesítményt nyújtó szuperszámítógépnek.

Az alábbi ábrán megfigyelhető, hogy a világ legnagyobb teljesítményű szuperszámítógépeit számba vevő Top500 listán az elmúlt 10 év során hogy növekedett a fürtözött rendszerek száma az egyéb párhuzamos programozási technológiákkal szemben, mint az MPP vagy az SMP (3. ábra).



3. ábra Az architektúrális felépítések típusai az utóbbi 10 évben

A szuperszámítógépek megjelenése Magyarországon a 2000-es években kezdődött el és a NIIF Iroda szuperszámítógépének üzembe helyezésével és az ehhez kapcsolódó szuperszámítógép projekt elindításával néhány év múlva országsszerte számos szuperszámítógépet alkalmazó kutatási projekt indulása várható. [4] A Nemzeti Közzolgálati Egyetem érdeke, hogy részt vegyen az országos akadémiai hálózatnak, és emelkedjen azon kutatók száma, akik értik és tudják használni a szuperszámítógépeket. Ehhez elengedhetetlen az oktatók és hallgatók megismertetése a klaszter technológia alkalmazásának elveivel, eszközeivel és módszereivel, amelyhez egy oktatási kabinet létrehozása szükséges. A technológiai fejlődés követése a szakemberek megfelelő képzését igényli és a közzolgálati, honvédelmi és rendvédelmi képzési területeken.

Az igény valós, hiszen a közzolgálati felsőoktatásban felmerülő tudományos informatikai problémák megoldására a nagy számítási igényeket kiszolgáló informatikai lehetőség oktatási, tudományos célokra jelenleg nem elérhető. Ez indokolja egy olyan tudományos elosztott informatikai rendszer létrehozását, amely képes az említett problémakörök vizsgálatára.[5] Nyilván a megoldás hatékonysága nagyban függhet a rendelkezésre álló erőforrásoktól, és az összeépítési gyakorlattól, de nem kell meghátrálni attól, ha az első próbálkozás nem az elérhető legoptimálisabb megoldást szolgáltatja. Jelen cikkben az elosztott rendszerek egy lehetséges oktatási célú megvalósítására létrehozott katonai elosztott számítási modellű informatikai rendszer összeállíthatónak vélt megoldási lehetőségeit és feltételeit tekintem át. Ez korántsem jelent végleges megoldást, mindössze érzékelteti a probléma kezelésének kezdeti fázisát, hiszen nem lehet egy maga nemében egyedi alkalmazásról

teljes magabiztossággal nyilatkozni, de az előre látható, hogy évekre meghatározó, permanens fejlesztés eredménye lehet a jövő oktatási célú informatikai hálózata.

Fürtözött rendszerek típusai létrehozásuk célja szerint

A nagy sebességű számítógépes architektúrák létrehozására gyakran speciális feladatok megoldása miatt van szükség. [5] Az informatikai eszközökből létrehozott fürtözött rendszerek létrehozásának célja általában négy alapvető kategóriába sorolható, attól függően, hogy a számítási igény növelése milyen szándékkal valósul meg a felhasználó részéről, a rendelkezésre állás növelése, a terhelés elosztás biztosítása, vagy a nagy számítási igényű feladatok elvégzése és az alkalmazások finomhangolása.

A nagy rendelkezésre állást biztosító (un. High Availability, HA) klaszterek célja, hogy a különböző szolgáltatások rendelkezésre állását biztosítsák az összekapcsolódó számítógépek teljesítményének párhuzamosításával és a megoldandó feladatok elosztásával az egyes klaszter elemek között. A nagy rendelkezésre állást biztosító fürtök célja, hogy több számítógép és periféria olyan módon kapcsolódjon össze, hogy azok egyetlen rendszert alkossanak, amely akkor is működőképes marad, ha valamely komponens meghibásodik – ez legalább két csomópont meglétét feltételezi, amelyek az egyik meghibásodása esetén képesek átvenni annak funkcióját. Magas rendelkezésre állás az üzleti alkalmazások esetében használatos, ilyen jellegű rendszerek általában bankokban, tőzsdéken, internetes áruházakban, illetve más, elektronikus tranzakciókat bonyolító helyeken találhatók. Az összekötő hálózat jellemzően Fast Ethernet, ennél gyorsabb megoldásra csak általában nincs szükség.

A terhelés elosztását biztosító (un. Load Performance, LP) klaszterek célja a szolgáltatás megosztása az egyes informatikai egységek között és az egyes feladatok szétosztása úgy, hogy a rendszer kívülről egyetlen szerverfarmnak tűnjön. Ez a megoldás természetesen magában hordozza a nagy rendelkezésre állás lehetőségét is. Az elsődleges cél a nagy hálózati terhelés megosztása a csomópontok között. A fürtök

többnyire két csomópontot tartalmaznak és azonos adatbázist kezelnek, amelyek tárolóhálózaton (Storage Area Network, (SAN)) keresztül kapcsolódnak. Erre a feladatra jellemzően Gigabit Ethernet összeköttetést szoktak használni.

A nagy teljesítményű (un. High-performance, HP) klaszterek a számítógépeknek abból a célból történő összekapcsolását jelentik, amelyek a tudományos számítási problémák megoldását osztják meg az egyes csomópontok között. A számítógépek közötti parallel feladatvégzést olyan, többnyire egyedi alkalmazások futtatásával lehet a leghatékonyabban kihasználni, amelyek támogatják a feladatok párhuzamosítását, és az osztott környezet növelheti az alkalmazás hatékonyságát.

A fürtözéses technológia célja lehet az összekapcsolásban használt eszközök gyártója által kínált klaszter platform (Single System Image, SSI) használata is. A klaszter technológiának az egyre szélesebb elterjedése a szerverek, adattároló eszközök gyártóiban a különböző platformok fejlesztését idézte elő, tehát a számítógépek összekapcsolását támogató SSI (Single System image) rendszerek megjelenése mára általánossá vált. Az SSI által összekapcsolt fürtök az alkalmazások és az operációs rendszer felé is egy számítógépnek látszanak. Mivel speciálisan finomhangolt operációs rendszert és alkalmazásokat igényelnek, ezért a gyártók igyekeznek olyan lehetőséget biztosítani a felhasználók számára, amely nem igényli a klaszter programozási képesség meglétét, hanem egyszerűbb felületet biztosít az elosztott rendszerekben az egymással kölcsönhatásban álló folyamatok kezelésére.

A platformok nagy rendelkezésre állást, áttekinthetőséget, skálázhatóságot biztosítanak a fürtözött rendszerek számára, ugyanakkor gyártótól és az összekapcsolt eszköz típusától is függhet a bekerülési költségük. (IBM klaszter Platform, HP klaszter Platform, OpenSSI)

Katonai Tudományos célú Informatikai klaszter (KTC) létrehozásának feltételei

Az egyik legfontosabb kérdés egy klaszter létrehozásánál, hogy milyen problémát szeretnénk vizsgálni a tudományos klaszteren. Az előbbiekben ismertetett fürtözési típusok lehetséges technológiai alternatívát jelentenek egy még nem létező klaszter esetében. A gyakorlati megvaló-

sítást azonban meg kell előznie az architektúrális [6] tervezésnek alábbi feltételei:

- a fürtözési technológia alkalmazási céljának meghatározása,
- a kapcsolódás architektúrájának a megtervezése,
- hálózati szolgáltatások meghatározása,
- hálózat topológiájának, a fizikai kapcsolatoknak, és az aktív eszközök típusának meghatározása,
- a routing és egyéb protokollok meghatározása,
- a biztonsági és menedzsment beállítások típusainak meghatározása,
- a magas rendelkezésre álláshoz, skálázhatósághoz szükséges kiegészítések felállítása

A KTC lehetséges céljai

Kutatásom központi problémája, hogy a katonai célú tudományos Klaszter létrehozására alkalmas informatikai módszert dolgozzak ki és meghatározzam az alkalmazás feltételeit és tudományos Gridekhez való csatlakozás lehetőségeit.

Kutatásaimtól olyan eredményt várok, amely lehetővé teszi a védelmi célú alkalmazások skálázhatóságának mérését, valamint az informatikai eszközök rendelkezésre állása növelésének vizsgálatát illetve védelmi célú informatikai problémák elemzését.

A tervezett védelmi célú Klaszter létrehozásának ötletével megkerestem néhány olyan szakembert, amelyek eltérő szakterületekkel rendelkeznek ugyan, de bizonyos problémák megoldására eddig nem volt lehetőségük. A megkérdezettek számos olyan tudományos problémát vettek fel különböző tudományterületekről, amelyek megoldása csak egy nagy számítási képességű számítógép felhasználásával lehetséges. A klaszter céljaként kiemelt kritériumnak tartom a tudományos probléma megoldására szolgáló rendszer létrehozását, vagyis mindenképpen célszerű előtérbe helyezni azt, hogy a tervezett fürtözéses technológia legyen alkalmas valamilyen szinten keretet biztosítani a Honvédséget érintő kutatási területeken végzett kutatások gyakorlati kipróbálására, tesztelésére. Nyilván a rendszer tényleges üzembe helyezésének és a vélt tudományos probléma felkutatásának időben történő összehangolá-

sának meg kell történnie, ugyanakkor számolni kell azzal, hogy a kutatói vállalkozó kedvet elő lehetne segíteni olyan aktuális probléma megoldásának feltevésével és kísérleti vizsgálatával, amelynek eredményei esetleg növelhetik a rendszer megléte és fejlesztése iránti igényt.

Ezt bizonyítja, hogy 2013 elejétől számos tanszék jelentkezett különböző tudományos problémákkal, amelyek bizonyos mértékig köthetők a Katonai célú tudományos Klaszter létrehozásának ötletéhez.

A tervezett rendszer céljaiként számos alternatív lehetőség merült fel, amelyek a rendszer további felépítését jelentősen meghatározhatják. A Honvédségi területen a kiemelten fontos a hálózat folyamatos működésének garantálása, és az ehhez szükséges eszközök, módszerek és eljárások alkalmazása. A katonai célú Tudományos klaszter (KTC) kiemelt feladatának tartom olyan informatikai rendszer létrehozását, amelyen azt ezt biztosító technikák használata oktatható. Különösen fontos a különböző hálózatok együttműködésének, interoperabilitásának vizsgálata, illetve a hallgatók felkészítése arra, hogyan paraméterezhető a hálózatok együttműködése.

Célszerű előtérbe helyezni azt, hogy a tervezett klaszter legyen alkalmas valamilyen szinten keretet biztosítani a Honvédséget érintő kutatási területeken végzett kutatások gyakorlati kipróbálására, tesztelésére. Nyilván a rendszer tényleges üzembe helyezésének és a vélt tudományos probléma megoldásának időben történő összehangolásának meg kell történnie, ugyanakkor számolni kell azzal, hogy a kutatói vállalkozó kedvet elő lehetne segíteni olyan aktuális probléma megoldásának feltevésével és kísérleti vizsgálatával, amelynek eredményei esetleg növelhetik a rendszer további fejlesztése iránti igényt. A következőkben áttekintem a lehetséges alternatívákat.

KBIR rendszer rendelkezésre állásának növelése

Az állami szervezeteknél, így a Honvédségnél is fontos feladat a papír alapú adatok digitalizálása és a keletkező információ adattisztítási, adatkinyerési lehetőségeinek vizsgálata. A digitális adatok szűrése elengedhetetlen, így az adatbányászati megoldások feltárása és a lekérdezések lehetőségeinek feltárása fontos feladat. Az adatok kinyerésénél figyelembe kell venni a minősített adatok kezelésének törvényi szabálya-

it, a biztonsági és adatvédelmi kockázatok csökkentését és kezelését szolgáló technológiákat, értékelő és audit módszertanokat. A jelenleg Honvédségben használt Katonai Beszerzési és Információs rendszer feladata a katonai beszerzésekkel kapcsolatos okmányok digitális nyilvántartásba vétele és a katonai beszerzések valódi eseményeinek tervezése, megvalósulása, nyilvántartása, kezelése. Az adatok helyessége és megbízhatósága döntő fontosságú, hiszen a rosszul rögzített adatok a további információkinyerési és összehasonlító eljárások hatékonyságát és értékét kérdőjelezhetik meg. A KTC fontos célja lehet az adatok megfelelőségének ellenőrzése, és a rendszer rendelkezésre állásának növelése érdekében végzett kutatások folytatása, illetve az informatikai rendszerek interoperabilitásának kezelése, ugyanis a KBI R-ből generált jelentéseket az államigazgatási szervek felé szükséges továbbítani, ami időnként problémákat okoz a különböző típusú hálózatok megléte miatt.

Távoktatási módszerek eljárások tesztelése

Egy másik alternatíva lehet a távoktatási rendszerek nagy felhasználói tömegben történő alkalmazásának tesztelésére irányuló kutatások végzése. Ismert a Moodle távoktatási rendszer alkalmazására irányuló törekvés a Közzolgálati Egyetemen, amelynek alkalmazása egyes karokon már megvalósult, ugyanakkor a karok közötti összhang biztosítása és a különböző hálózatok együttműködésének vizsgálata, illetve az adatbázisok nagy felhasználói létszámokra történő tesztelése a különböző informatikai rendszerek miatt nem megvalósítható. Amennyiben feltételezzük, hogy a keretrendszer támogatja a párhuzamos folyamatok végrehajtását és megoldható az együttműködés egy klaszter rendszerrel, akkor megoldható a távoktatási folyamat egyéni modellezése és tesztelése a kísérleti klaszteren.

Klaszterhez kapcsolható új kutatási célok

A klaszter pályázat számos kutató figyelmét felkeltette és innovatív ötletek jelentek meg az Egyetemi Pályázati Iroda Koordinálásában. Ezek például a természeti – és ipari katasztrófák idején alkalmazható hálózatok kifejlesztése és tesztelésére irányuló kutatási célok, a modell-

repülőgépek távirányítása internet technológiák alkalmazását megcélzó kutatások, a nagy tömegű adatok biztonságos tárolására és adatbányászati célú elemzésére irányuló kutatások a felhő alapú adatbázisokban. Figyelembe véve, hogy a kutatások kezdeményezés főleg a Közzolgálati Egyetem Hadtudományi Karáról indultak, jelentős a térinformatikai alapú katonai műveleti vezetésirányítási rendszer kifejlesztésének informatikai igénye is illetve az energia hatékony adatközpontok tervezésének és hadrendbe állítási lehetőségeinek kutatására irányuló kezdeményezések.

A fenti alternatívák megvalósítására magas szintű koordinációs készségre, empátiára és elkötelezett, projektbe vetett hitre lesz szükség minden résztvevő részéről. A kutatás úgy tűnik, hogy projektgeneráló hatásáról az említett kutatási célkitűzéseket figyelembe véve tanúbizonyságot tesz, és az összefogás egyének, tanszékek között, az egyetemi szinten később más egyetemmel szervezettel hatással van nemzetbiztonsági, katonai és katasztrófavédelmi célú problémák megoldására.

A projektgeneráló hatás az Új Szécsényi terv keretén belül valósulhat meg, ahol további pályázatokon való részvétel az Egyetem célja.

A nagy léptékű pályázatokon való részvételi szándékukról nyilatkozó egyetemi, külső szervezeteket, és a velük történő kapcsolatfelvétel kiegészíti a katonai célú Klaszter létrehozására irányuló pályázatot. Ez azt jelenti, hogy a Katonai célú Klaszter létrehozásának ötlete legalább öt további projektötletet generált és több külső résztvevő szervezettel történt meg a kapcsolatfelvétel. A további kutatási lehetőségek és a lehetséges célok kijelölése fontos feladat, amelyet az érintetteknek kell összehangolnia és a megegyezés érdekében szorosan együtt kell működnie.

Összegzés

A cikkben bevezetést adtam a Klaszterek napjaink általánosan használt fogalmába és szétválasztottam a fogalom kétféle értelmezését társadalmi- és informatikai célú Klaszterekre. Az informatikai Klasztereknél megállapítottam melyek azok a feltételek, amelyekkel egy ilyen típusú Klaszternek rendelkeznie kell, illetve melyek azok a főbb architektúrális jellemzők, amelyek a működést befolyásolhatják.

Az informatikai típusú Klasztereknek bemutattam a lehetséges célkitűzésit azzal a szándékkal, hogy a kedves olvasó képet kaphasson a katonai-közalkalmazotti-rendvédelmi feladatokat megoldó tudományos Klaszter megépítésének alternatív lehetőségei. Megállapítottam, hogy a tudományos Klaszter megépítésének melyek a fő feltételei, amelyeket ki kell dolgozni az alkalmazhatóságának érdekében.

Felhasznált irodalom

- [1] Munk Sándor Információs szolgáltatásokat nyújtó hálózatok alapjai, HADMÉRNÖK VI:(2) pp. 227-243. (2011) http://www.hadmernok.hu/2011_2_munk.pdf
- [2] SMP and MPP processing <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/SMP> downloaded: 2013.02.20.
- [3] Rajkumar Buyya: High Performance Computing klaszter: Architektúrák és rendszerek, 1. kötet, Prentice Hall, New Jersey, USA, 1999, ISBN 0-13-013784-7
- [4] A szuperszámítógép technológiai trendje Kacsuk Péter <kacsuk@sztaki.hu> MTA SZTAKI, <http://nws.niif.hu/ncd2001/docs/eloadas/121/index.htm>
- [5] Munk Sándor, Serege Gábor A Magyar Honvédség híradó és informatikai hálózatának fogalma, értelmezése, a kapcsolódó hálózatfogalmak HADMÉRNÖK VI.:(4) pp. 293-301. (2011) http://hadmernok.hu/2011_4_munk_serege.pdf
- [6] MUNK Sándor: Hálózatok fogalma, alapjai. - Hadmérnök, 2010. (V.)/3. (176-186.o.) http://hadmernok.hu/2010_3_munk.pdf

