

Linux alapú gőzturbina-próbapad

Vajon a szentpétervári Központi Kazán és Turbina Intézet hogyan garantálja a biztonságot és a pontos vezérlést az erőműturbinák kipróbálásakor?

Annak ellenére, hogy a matematikai modellek és a számítógépek teljesítményének elképesztő növekedése révén szinte bármit lehet szimulálni vagy ki lehet számolni, bizonyos területeken a gyakorlati tapasztalatok nem vesztettek a jelentőségükből, és nem pótolhatók számítógépes modellezéssel.

Az ilyen területek egyike az alacsony nyomású gőzturbinák (LPMT) tervezése. Az LPMT-k fontos részei a gőz vagy kombinált gáz-gőzciklusban üzemelő erőműveknek, és az ilyen erőművek által előállított energiának akár a 20 százalékát is adhatják. A nagy- és közepes nyomású turbinákkal ellentétben – amelyeknél a gőz jól ismert jellemzőkkel rendelkezik –, az LPMT-k strukturálatlan, nem szimmetrikus, nedves gőzzel dolgoznak. Az ilyen jellegű áramlásokra jelenleg még nem léteznek teljesen megbízható matematikai modellek. A valós kísérletek nélkülözhetetlenek a turbinák áramlási útvonalainak tervezéséhez, illetve a turbinák számítógépes modelljeinek továbbfejlesztéséhez.

Az egész világon mindössze néhány próbapad létezik. Az egyik Szentpéterváron található és a Központi Kazán és Turbina Intézet tulajdona – jómagam hét éve dolgozom itt. Képzeld el egy 18 méter magas, 700 négyzetméter alapterületű, csövekkel, vezetékkel és mérőberendezésekkel teli csarnokot. Középen egy gigászi építmény áll, ez a modellturbina háza, belőle két hatalmas cső vezet ki. A próbák idején óránként 40 tonna friss gőzt használ el, amelynek nyomása 30 bar, a hőmérséklete 400°C a próbapad bevezetésén, körülbelül 4 bar és 200°C a modellturbina bevezetésén, a kivezetéseken pedig mindössze 30 mbar nyomáson távozik.

A számítógépes és mérőberendezések felépítése

Az Alstom Powerrel indított közös „Tanja” tervezetünk keretében megújítottuk a próbapad számítógépes háttérrendszerét. A rendszer most három részből áll:

1. Egy nagy pontosságú tudományos mérőrendszerből, ami az áramlási

útvonalak adatait gyűjti (a továbbiakban DAS-Flow).

2. Egy technológiai mérőrendszerből, ami a működtető személyzet számára gyűjti az adatokat (a továbbiakban DASOP).

3. A kutatók és mérnökök által használt munkaállomásokból.

A DAS-Flow rendszert eredetileg főként az ügyfeleink adták. Az áramlási útvonalon több mint 200 helyen méri a nyomást, illetve ötven helyen a hőmérsékletet. A rendszer egy különálló részével, 12 darab mozgatható érzékelővel a nyomás turbinán belüli eloszlását is nyomon követhetjük. Minden érzékelő tengelyirányban mozgatható, illetve forgatható – erről távvezérelhető léptetőmotorok gondoskodnak. A nyomásmérésekhez a PSI, Inc. PSI-9000 sorozatú érzékelőit használjuk. Ezek rendkívül pontos adatokat szolgáltatnak: az alapnyomások esetében 0,01, a többinél 0,1 százalékos pontossággal mérnek. A rendszer csak a megadott időpontokban, üzembiztos állapot mellett végez méréseket, dinamikus nyomások mérésére alkalmatlan. A DASOP rendszert magunk építettük, a pad próbák alatti folyamatos vezérlésére alakítottuk ki. Valós idejű módban működik, az adatokat több mint 150 nyomást, hőmérsékletet, fordulatszámot és rezgést mérő érzékelőtől gyűjti be. Az adatokat két képernyőn jeleníti meg a működtető személyzet számára, illetve egy soros terminál is helyet kapott a vezérlőhelyiségben. Segítségével a személyzet figyelemmel követheti a próbapad víz-, gőz- és olajkezelő rendszereinek pillanatnyi állapotát. A DASOP biztonsági ellenőrzéseket is végez, illetve figyelmeztetési és vészjelző határértékeket is kezel.

Számítógépeink – az egy darab IBM RISC munkaállomástól eltekintve – teljesen átlagos személyi számítógépek, processzoruk a 386-ostól a Pentium 4-ig és az Athlonig terjedő teljes vonalat lefedi.

Miért éppen Linux?

Amikor – 1995-ben – bekapcsolódtam a Tanja tervezetbe, már jókora tapasztalattal szereztem adatgyűjtő és -értékelő



DASOP adatmegjelenítő modulok

rendszerek építésében a Digital PDP-11-es gépek RT-11 vagy RSX-11 operációs rendszert futtató orosz másolataival. Mike, a testvérem 1994 körül vette meg nekem az első Linux-terjesztésemet, ami egy – ha jól emlékszem – nagyjából 0.99-es Linux-rendszerre épülő Slackware volt. Hamar rájöttem, hogy szinte minden feladatomban meg tudom oldani a hasonló programok forrásának tanulmányozásával, illetve kiindulópontként használva őket. Első adatgyűjtő rendszeremmel 1994-ben készültem el. Az ncurses volt az alapja, korábbi munkahelyemen azóta is működik, hozzá sem kellett nyúlnom.

A Tanja tervezet kezdetekor csak az ügyfeleink által adott DAS-Flow rendszer állt rendelkezésünkre. Operációs rendszerek sokasága volt itt, egyaránt volt benne MS-DOS, Microsoft Windows 3.11 és NT, QNX és AIX. Hogy valami jót is mondjak: a számítógépek TCP/IP alapú helyi hálózaton át kapcsolódtak egymáshoz. A teljes rendszer fejlesztési irányvonalán gondolkodva, illetve az addigi tapasztalataimra alapozva úgy döntöttünk, hogy technológiai mérőrendszerünk, a DASOP, illetve hálózatunk központi részének az alapja a Linux lesz. A fő okok a következők voltak:

- Használatra kész alkalmazások széles választéka állt rendelkezésükre, amelyeknek tanulmányozás céljából a forráskódját is el lehetett érni, illetve alapul lehetett használni őket további programok fejlesztéséhez.
- Megbízható működés olcsó személyi számítógépeken – esetünkben ez a legfontosabb követelmények egyike.

- Költségvetésünk szűkös, így a Linux ingyenessége fontos szempont volt. Mivel dolgozunk most? Számítógépes rendszerünk most hat linuxos PC köré épül. Több mint hat év alatt soha nem volt meghibásodás, a gépek éveken át folyamatosan üzemeltek, újraindítás csak két okból fordul elő: a gépek bővítésekor, illetve a hosszabb áramkimaradások alkalmával, amikor már a szünetmentes tápegységek is kifulladtak. Red Hat terjesztéssel kezdtünk. Később a KSI nevű, orosz nyelvre honosított, RPM alapú terjesztést kezdtük el használni, tavaly pedig a Debian jutott szerephez. Jelenleg a központi kiszolgálónk és az én fejlesztői gépem Debian/Woody rendszert futtat. Nagyon elégedettek vagyunk a Debiannal, és úgy vélem, idén az összes linuxos gépünkre ez fog kerülni.

A hálózat

Minden számítógépünk rendelkezik helyi hálózati kapcsolattal; a hálózat három részből áll. Az első szegmensben a DAS-Flow számítógépek, a másodikban a DASOP és az irodai számítógépek találhatóak, a harmadik pedig a külvilág felé vezet egy bérelt vonalon keresztül. A harmadik szegmensben csupán egy számítógép van, ezt használjuk átjáróként az Internet felé, illetve IP Chains alapú tűzfal és levelezőkiszolgáló is fut rajta. A hálózat „közepén” helyezkedik el a központi kiszolgálónk. Fájllista- és nyomtatókiszolgálóként szolgál a többi számítógép számára, de a legfőbb feladata nem ez. A próbák alkalmával nagy mennyiségű adatot gyűjtünk össze. Ezek az adatok – nyers formában – mérési eredményeként, illetve később kiértékelte értékeként önműködően bekerülnek egy MySQL-adatbázisba. Egy Apache webkiszolgáló HTTPS protokollon keresztül az összes felhasználó számára – a kutatóktól kezdve egészen az ügyfelekig – sokoldalú felületet biztosít az adatbázisához. A bejegyzett felhasználóknak csak egy böngészőre van szükségük az adatbázis eléréséhez, az adatok közötti kereséshez és az eredmény grafikus vagy szöveges formában való megjelenítéséhez. A rendszer PNG, CGM és PDF formátumokat használ. Az adatok megjelenítésére szolgáló oldalakat elsősorban – Apache mod_php modulként futó – PHP segítségével hozzuk létre. Szinte az összes grafikont valós időben állítjuk elő, gnuplot és Perl CGI-parancsfájlok segítségével, amelyek kiválasztják a megfelelő értékeket az adatbázisból, át-

adják őket a gnuplot-nak, majd a létrejött képet továbbítják az Apache felé. Több mint ötven különböző CGI-parancsfájlt írtunk, így a felhasználók rengeteg különféle megjelenítési módot használhatnak, illetve választási lehetőségük gyakorlatilag mindenre kiterjed: mely értékeket szeretnénk megjeleníteni, mik legyenek a keresési feltételek, milyen jellemzőket akarnak kirajzoltatni, önműködő vagy kézi legyen-e a tengelyek méretezése, milyen legyen a simítás és a közéleti stb.

Szeretném külön kiemelni a gnuplot-nak a munkánkban betöltött szerepét. Számomra ez a legnagyobb tudományos rajzolóalkalmazások egyike, hatalmas tudással és kimeneti formátumok széles választékával. A kiválóan tervezett JpGraph PHP osztályokat is használok bizonyos megjelenítési feladatokra, főleg a gyorskeresések eredményének kirajzolására.

Az általunk kifejlesztett programrendszer másik fontos része a DASOP technológiai adatgyűjtő rendszer. Moduláris felépítésű: adatgyűjtő, kiértékelő, foglalat alapú adatcsere és alkalmazói modulokat tartalmaz.

Az adatgyűjtő modul egy a számítógéphez RS232 felületen csatlakozó programozható adatvezérlővel (Programmable Data Controller – PDC) működik együtt. Másodpercenként 150 értéket vesz át a PDC-től, illetve szükség esetén digitális be- és kiviteli műveleteket végez vele. Minden mérési eredmény egy osztott memóriaterületre kerül, egy kétdimenziós tömbbe, ahol az egyes oszlopok nyers formában az összes jellemző értéket tartalmazzák. Az oszlopok száma rögzített, így visszamenőleg mindig adott számú adatsor áll rendelkezésre a memóriában.

A kiértékelő modul, amely jelzők segítségével marad összhangban az adatgyűjtő modulokkal, beolvassa az utolsó mérési eredményesortot az osztott memóriából, elvégez néhány azonnali számítást, majd a kiértékelte adatokat ugyanabba az oszlopba írja vissza, egyben meg is hosszabbítja azt.

A foglalat alapú adatcsere modul a távoli alkalmazói modulok számára biztosítja a hozzáférést a megosztott memóriaterülethez. Alkalmazói modulból sokféle létezik. Egyesek helyben, a mért és kiértékelte adatokat tartalmazó osztott memóriarész közvetlen elérésével futtathatók, mások távoli memória-hozzáférést az adatcsere modul teszi lehetővé. Az alkalmazói modulok között adatnaplózó, biztonsági vezérlő és adatmeg-

jelítő modulokat találunk.

Az adatmegjelenítő modulok valós időben, különféle szempontok szerint jelenítik meg az adatokat. Néhány ábrázolási példa: az értékek változása az idő függvényében, oszlopdiaagram (amelynél az oszlopok színe adja meg a hozzájuk tartozó jellemző állapotát – normál, figyelmeztetés, vészhelyzet), valódi műszerek kijelzőjét utánozó rajzok. Ütemezési elvárásaink viszonylag enyhék, nem várunk szigorúan valós idejű működést. Számunkra a programok által megvalósított valós idejű működés is megfelelő, tehát gépeinken normál Linux-rendszerrel fut. Az adatgyűjtő, kiértékelő és adatcsere modulok kizárólag C nyelven íródtak, és egyazon számítógépen futnak. A biztonsági, a naplózó és a megjelenítő modulok némelyike szintén ezen a számítógépen fut. A megjelenítő modulok egy része egy másik számítógépre került, amely az előbbi X termináljaként üzemel. Mindkét számítógép és a hozzájuk tartozó két monitor a próbapad vezérlőhelyiségében található, így a működtető személyzet minden adathoz hozzá tud jutni. Egyes megjelenítő modulok a kutatók gépein futnak, ezek az adatcsere modulon keresztül kapják az adatokat. A megjelenítő modulok viszonylag hosszabb idő alatt tisztultak le. Eleinte ncurses alapú, a szöveges linuxos konzolon dolgozó programjaink voltak. Később az X is képbe került, eleinte szabványos X11 és Xt könyvtárakkal. A következő lépés a SuSE-ből vett Motif kipróbálása volt. A nyílt forrású GTK egy vagy két évvel később jelent meg, és én azonnal áttértem rá. Az utóbbi két évben szinte az összes megjelenítő és egyéb modul Tcl/Tk alapú, illetve erőteljesen támaszkodnak a BLT kiterjesztésre.

Összegzés

Éles ipari környezetben történő sok év programfejlesztés és -használat alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy minden szempontból a nyílt forrású megoldások a leghatékonyabbak. A következő lépésünk az lesz, hogy a megmaradt kereskedelmi programokat is nyílt forrásúakra cseréljük le.

Linux Journal 2003. február, 103. szám



Alexandr E. Bravo

Szentpéterváron él. 1982-ben a Politechnikai Egyetemen automatizálás és telemechanika szakon szerzett diplomát.