

SOTE Számítástechnikai Csoport

Biológiai analóg jelfeldolgozó laboratórium létrehozása TPA/I kisszámítógépen és használatának tapasztalatai

Kismarty-Lechner Ildikó és Viszt Éva

Egyetemünkön sok helyen folyik analóg jelek értékelésével kapcsolatos kutatómunka, legtöbb helyen hagyományos eszközökkel és módszerekkel. Különböző intézetek fejlesztő-kutató tevékenységének eredményeképpen léteznek jól működő rendszerek, de ezek csak egy-egy kiemelt terület speciális problémáit oldják meg.

A Számítástechnikai Csoport több - a biológiai analóg jelek mérésével és értékelésével foglalkozó - elméleti és klinikai kutatómunkában vesz részt a problémák megfogalmazásától a módszer kiválasztáson keresztül a rendszeres értékelés beindulásáig. A teljesség igénye nélkül felsorolunk néhány, az analóg laboratóriumban végzett orvos-biológiai feladatot:

- orális glicerín terápia során végzett EEG vizsgálatok elemzése,
- szimpatikus efferens idegek összetett aktivitásának kvantitatív analízise,
- spontán és szupramaximális ingerléssel kiváltott potenciálok analízise,
- Tensilon-hatás vizsgálata külső szemizmok tónusára és elektromos aktivitására,
- léguti áramlási sebesség és oesophagus nyomásgörbék spektrális analízise,

- placentáris transzfúzió hatása újszülöttek adaptációjára,
- szülés alatt mért intrauterin nyomás és magzati szivfrekvencia görbék értékelése.

A sokrétű felhasználói igények kielégítésére hoztuk létre a központi analóg jelfeldolgozó laboratóriumot a Számítástechnikai Csoport eszközbázisára építve, és ilymódon off-line feldolgozási lehetőséget biztosítottunk az analóg mérőhelyek számára. A laboratórium olyan általános célu, moduláris felépítésű, sorozatmérésre és -értékelésre alkalmas rendszer, mely speciális feladatok megoldását is lehetővé teszi. Ilyen rendszer tudomásunk szerint hazánkban nem volt, és jelenleg sincs kereskedelmi forgalomban. Az előadás célja, hogy ismeresse a laboratóriumi jelleggel működő jelenlegi rendszert és - a használata során szerzett tapasztalatok alapján - továbbfejlesztésének irányait és lehetőségeit.

A laboratórium létrehozása érdekében 1976/77-ben egy 16K szavas TPA/I kisszámítógépet installáltunk 256K szavas fixfejes diszkkal. Az analóg jelekkel kapcsolatos különböző típusu feladatok elvégzésére leggyakrabban CAMAC rendszert használunk, melynek fontos moduljai:

- CAM 1.02 keretvezérlő
- CAM 5.01 óra
- CAM 4.05 A/D konverter és CAM 4.07 multiplexer
- CAM 3.02 display vezérlő és CAM 3.03 plotter vezérlő,

ill. RA-01 típusu rajzdigitalizáló berendezést.

Az analóg jeleket mágnesszalagra rögzítve vagy papirregisztrátumon kapjuk, nem zárva ki annak lehetőségét, hogy más laboratóriumban digitalizált adatokat is fogadjunk. A digitalizált adatok és eredmények tárolásá-

ra mágnesszalagos egységeket /EC 5017/, megjelenítésükre X-Y rajzolót /BAK 5T/, CAMAC display-t /CAM 3.01/ és maximum 4 csatornás gyors regisztrálót használhatunk.

A laboratórium kialakításával nem célfeladatokat kívántunk megoldani, hanem olyan software-t létrehozni, amely a felmerülő célfeladatok megoldásának alapjait képezheti, s kisebb kiegészítéssel megoldását teljessé teheti.

Az OS/I operációs rendszer alatt működő off-line programrendszerünk legnagyobb részét SLANG1 assembler nyelven irtuk, a gép lehetőségeinek jobb kihasználása és a futási idők csökkentése érdekében. Az analóg jelek értékeléséhez használjuk még az R-20-on működő BMDP és idősor analízis programcsomagokat, illetve a mindkét gépre magasszintű programnyelveken megírt egyedi programokat is.

A laboratóriumban az alábbi feladatokat végezhetjük el:

- analóg jelek digitalizálása,
- a digitalizált jelek értékelése,
- a digitalizált és értékelt jelek megjelenítése,
- adatok fogadása és átvitele a TPA/I és az R-20 számítógépek magasszintű programnyelvei felé.

A rendszert laboratóriumi jelleggel használhatjuk.

A laboratóriumi programok használatának egyszerűbb elsajátítása érdekében egységes kezelési módot alakítottunk ki. Ezért

- vezérlésük /elindítás, leállítás, módosítás/ a konzol írógép /display/ billentyűzetéről történik,
- kezdeti beszélgetéssel indulnak, mellyel az adott program funkcióiból kiválasztjuk a megfelelőket /paraméter-definiálás/.

A fentiekén kívül közös jellemzőik:

- sorozatfeldolgozásra készültek, így több file egymás utáni feldolgozása lehetséges a paraméter-definiálás megismétlése nélkül /leggyakrabban mágnesszalag egységet használunk, egy szalagra több file-t írunk/,
- maximálisan 8 csatorna adatainak feldolgozására alkalmasak,
- az adatokat egy file-on belül általában 4-4096 pontból álló blokkokba rendezzük, ez a feldolgozásra kerülő tartomány egyik kijelölési lehetősége,
- a programok futásáról - ahol célszerű - sornyomtatón jegyzőkönyv készíthető.

Az analóg jelek digitalizálására két analóg bemeneti lehetőségünk van.

11-előjel bites A/D konverzió CAMAC-on keresztül, amelyet az ADC programok valósítanak meg. Analóg magnetofonról érkező jelek digitalizálására alkalmasak. Az analóg jelek bemeneti feszültség tartománya a CAMAC multiplexer bemenetén  $\pm 5V$ , így a szintfelbontás  $\sim 2,5mV$ . A jelek csatlakoztatására és a multiplexer védelmére egy nálunk fejlesztett egységet használunk.

A mintavételi frekvencia a CAMAC óra diszkrét értékeit, illetve annak egy részhalmazát veheti fel. Korlátozó tényező a TPA/I sebessége és a programok szervezése /pl. digitalizálás alatt csatornánkénti rendezés/. Csatornánként azonos vagy eltérő mintavételi frekvenciával mérhetünk. Az elérhető maximális mintavételi frekvenciát a  $10.000/\text{csatornaszám}$  hányados adja meg Hz-ben. Eltérő mintavételi frekvenciák esetén azok legkisebb közös többszörösével mérünk, az adatokat csatornánként mindig rendezzük, így az előbb említett maximumok egynegyede érhető

el. A mintavételi frekvenciát az analóg magnetofonok sebességváltási lehetőségének kihasználásával korrigáljuk.

A digitalizált adatok rögzítése mágnesszalagra történik.

A/D konverzió RA-01 rajzdigitalizáló berendezéssel, amelyet 1979-ben illesztettünk a TPA/I-hez. A rajzdigitalizáló 1,25, ill. 2,5 mm-es felbontásra állítható be. Lassan változó egy- és kétváltozós jelek digitalizálására használjuk. Az adatok fogadása a MATH programcsomaggal történik, amelyről később még szó lesz.

A digitalizált jelek értékelésére leggyakrabban - az assemblerben irt - MATH programcsomag műveleti rutin-készletét használjuk.

Valamennyire jellemző, hogy az egyidejűleg feldolgozásra kerülő komplex pontok száma kettő hatványaként definiálható 4-től legfeljebb 4096-ig. A valós-képzetes résszel megadott komplex adatok abszolútérték-fázisra való konverziója is elvégeztethető.

A MATH programcsomag műveleti rutinjai által használt számábrázolás egyszavas kettős komplementes fixpontos, nagyságrendjét blokkonként és csatornánként egy skálafaktor korrigálja. Az ilyen szerkezetű adatokat "értékelő formátumu"-nak neveztük el.

Az analóg jelek értékelésének gyakran használt módszere a Fourier transzformációra alapozott teljesítményspektrum számítása. Ezért a programcsomag műveleti rutinjai között kiemelt fontosságú a Cooley-Tukey algoritmus alapján működő Fast Fourier /FFT/ és Inverz Fast Fourier /IFFT/ transzformációt végrehajtó szubrutin (1). Ezek futási ideje kedvező, mert 1024 pont esetén 4,5 sec és 4096 pont esetén is csak kb. 10 sec.

A programcsomag műveletei között szerepelnek az IFFT

és FFT felhasználásával számítható auto- és keresztkorrelogrammok. Ezek futási ideje az FFT futási idejének kb. 2-, ill. 3-szorosa. A keresztkorrelogramm számítása max. 2048 ponton végezhető el.

Az integrál transzformáció hibáinak korrigálására ablakfüggvényeket használunk /Cosinus, Bingham-, Parzen, Hann-, Hamming-féle ablakfüggvények/.

A MATH programcsomag műveleti rutinkészlete további algoritmusokkal bővíthető, a rutinok 2K szónál nagyobb területet nem foglalhatnak el.

A BASIC nyelven kifejlesztett értékelő programjaink közül példaként említjük a következőket:

- időfüggvények amplitudó analizisét végző programcsomag /átlag, szórás, terjedelem, ferdeség, lapultság, amplitudó-hisztogramm stb./,
- alapvonal és hitelesítőjel értékelése,
- markerjel alapján akciós potenciálok keresése, latencia idő, nullátmenetek, szélsőértékek, sulypontok számítása,
- speciális csucskereső program alap- és felharmónikusok keresésére.

A digitalizált adatok megjelenítésére három eszközt használhatunk:

A CAMAC *display* elsősorban ellenőrzési és válogatási célokat szolgál. Az ADC programokkal digitalizált jelekből egyidejűleg legfeljebb 2 csatorna adatait jeleníthetjük meg, automatikusan egyik blokkot a másik után. Lehetőség van a kép megállítására, előre- és visszaugrásra, valamint a konzol display-n a blokkorszám kiiratására. Más típusu adatok ellenőrzésére a MATH programcsomag alkalmazható.

A *plotter (X-Y író)* elsősorban dokumentációs célokat szolgál. Előnye, hogy a kép később is ellenőrizhető. Hátránya viszont, hogy a pontonkénti kiíráshoz legalább 100 msec-os késleltetést kell használni, a papírt képenként cserélni kell. Kevésbé mutatós ábrák a MATH programcsomaggal gyorsan készíthetők. Szép ábrákat BASIC programokkal tudunk rajzolni, ezek futási ideje az előzőek többszöröse.

A *gyorsregisztráló* szintén ellenőrzési és válogatási célokat szolgál. Elsősorban hosszú adat file-ok esetén használjuk és főként akkor, ha az oszcilloszkópon való megjelenítés nem elegendő. A MATH programcsomaggal két csatornás regisztráló vezérelhető. Lehetőség van digitalizált adatok négycsatornás megjelenítésére is.

A *magasszintű programnyelvekhez* a MATH programcsomag "üres" műveletének felhasználásával csatlakozhatunk. Ezt az teszi lehetővé, hogy mind a műveleti és megjelenítő modulok, mind az input/output modulok önállóan fejleszthetők, rugalmasan változtathatók.

Az input/output modulok az OS/I operációs rendszer periféria kezelését további funkciókkal egészítik ki, illetve lehetővé teszik más perifériák /pl. RA-01 rajzdigitalizáló/ kezelését. Ezért ezeket "álhandler"-eknek neveztük el. Az input álhandlerek végzik a különböző adatszerkezetű adatok fogadását és átalakítását az értékelő formátumra. Az output álhandlerek ebből az ábrázolási módból kiindulva a kiválasztott adatszerkezetű file-okat hozzák létre.

Álhandlereket készítettünk a TPA/I BASIC és az R-20 FORTRAN, illetve PL/1 programnyelvek felé, lehetővé téve ezzel a korábban említett értékelő programokhoz való csatlakozást. Ennek a lehetőségnek különös fontosságot tulajdonítunk, mert ezáltal válik rendszerünk nyitottá a további kis- és nagygépes feldolgozások felé.

A SOTE központi analóg jelfeldolgozó laboratóriumát TPA/I + CAMAC hardware-re telepítettük. A software-t assembler nyelven írtuk. A moduláris felépítés következtében a rendszer könnyen továbbfejleszthető. Több kisebb hardware fejlesztést végeztünk, az alapsoftwareben néhány módosítást eszközöltünk, illetve az operációs rendszert speciális, de máshol is felhasználható programokkal bővítettük. Más rendszerekkel és gépekkel a kapcsolatot mágnesszalagok segítségével tudjuk biztosítani.

Rendszerünk továbbfejlesztésére két irányú lehetőséget is látunk:

- magát a rendszert egy nagyobb ESZR géphez lehetne csatlakoztatni, mely az on-line adatátvitelen kívül a kis gépen nem realizálható feladatok azonnali elvégzését is lehetővé tenné,
- elképzelhető ezenkívül a meglévő rendszer megfelelő moduljainak felhasználásával, laboratóriumi célrendszerek létrehozása is, abban az esetben, amikor a kiválasztott módszerek rutinszerű alkalmazására sor kerülhet.

A laboratórium fejlesztési munkáiban részt vettek a szerzőkön kívül Ormai Lóránt, Szalayné Keszthelyi Éva, Bydeskuty Zoltán és Szekeres László is.

#### Irodalomjegyzék

- (1) Robert K. Otnes, Loren Enochson: Digital time series analysis
- (2) Kismarty-Lechner Ildikó: MATH dokumentáció /kézirat/
- (3) Viszt Éva: EAN-DIG dokumentáció /kézirat/
- (4) Az analóg laboratórium felhasználói kézikönyve /kézirat/.