

Diszkrét idejű hálózatok számítógépes analízise I.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a szerző által készített ANDI /ANOther Discrete Network Analyser/ programot ismerteti. A program célja közepes bonyolultságú /maximum 20 csomópontot és 40 késleltető elemet tartalmazó/ diszkrét hálózatok gyors, interaktív tervezését lehetővé tevő analízise. Az analízis lehetővé tesz időtartományi szimulációt, valamint a hálózatjellemző függvények megjelenítését mind Z-, mind F-, mind pedig időtartományban.

A hálózat teljesebb leírása érdekében pólus-zérus elrendezés is számítható.

A cikk ismerteti a szerző által definiált hálózatleíró nyelvet, a választott félszimbólikus analízis módszert és annak gyakorlati megvalósítását, majd a programot. A cikk alapját képező dolgozat a BME Villamos Kari TDK konferenciáján 1988-ban a HTE I. díjában részesült.

Bevezetés

Az IBM PC és a hozzá hasonló személyi számítógépek teljesítőképessége már elegendően nagy ahhoz, hogy azokon interaktív működésű grafikus input/output lehetőségekkel ellátott tervező- és analízis programok fussanak.

Míthogy a diszkrét és digitális hálózatok jelentősége, alkalmazásuk köre /elsősorban a jelfeldolgozás és jelanalízis területén/ folyamatosan bővül, így a SW-piacon is megjelentek az ilyen hálózatok tervezését lehetővé tevő programok.

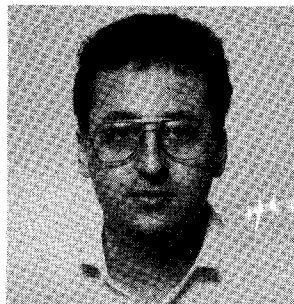
Az e cikkben ismertetésre kerülő ANDI program célja a mérnöki gyakorlatban gyakorta előforduló méretű, közepes nagyságú diszkrét hálózatok gyors, interaktív analízise, ugyanakkor a program fejlesztése során fontos szempont volt az, hogy az ANDI alkalmazható legyen a diszkrét hálózatok elméletének oktatásában is.

A program a BME HEI-ben és a BME Elméleti Villamosságtan Tanszékén készült és 1989 februárja óta az oktatásban /az Elméleti Villamosságtan tárgy keretében/ alkalmazást nyert.

Diszkrét idejű hálózatok leírása

Számítógépes analízis megvalósítása esetén a tervezés első lépése annak a modellnek a rögzítése, amelyen az analízist elvégezni kívánjuk.

A modellben definiálni kell a megengedett elemek halmazát, illetve az elemek átvitelét valamint az elemek összekötési szabályait. Az ANDI elemkészlete a diszkrét hálózatok esetében megszokott elemkészletből /[1], [2], [4]/ annyiban tér el, hogy összegző elemet nem enged meg. Az összegző hiányát azonban pótolja, hogy az összekötési szabályok szerint bármely azonos



SOMOGYI GÁBOR

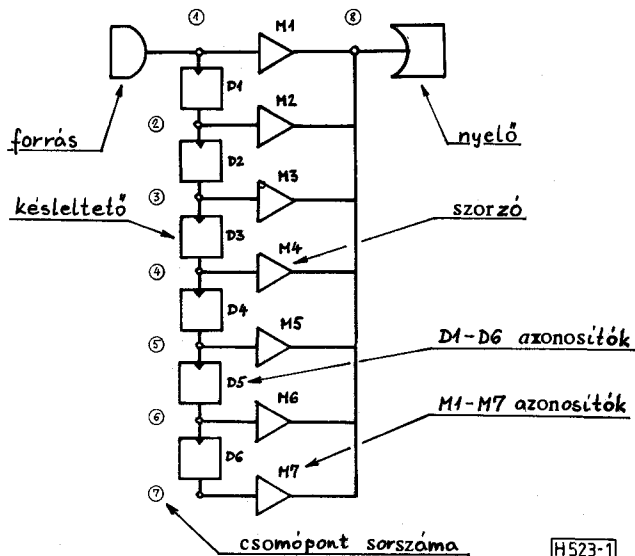
Villamosmérnöki oklevelét 1989-ben szerezte meg a Budapesti Műszaki Egyetemen. Ugyanez évben tudományos diákköri tevékenységéért elnyerte az MTA "Pro scientia" aranyérmét és az MHB "A magyar műszaki haladásért" pályázatának díját. Jelenleg az MTA ösztöndíjasa. Szakterülete hálózatok számítógépes analízise.

csomópontba futó jelek a csomópontban összegzőnek és a csomópontot csak összegük hagyja el. Tehát az összekötési szabályok csak azt írják elő, hogy a hálózathoz egyértelműen rendelhető legyen jelfolyamgráf.

A ANDI az analizálható hálózatok köreit leszűkíti az egy bemeneti és egy kimeneti ponttal rendelkező hálózatok körére.

Egy hálózat struktúráját és az elemek paramétereit számítógépes analízis céljára úgy kell megadni, hogy abból a hálózat topológiáját rekonstruálni lehessen, ugyanakkor az adathalmaz kényelmesen feldolgozható legyen.

További követelmény, hogy a hálózatok leírása könnyen áttekinthető legyen. Mindezen feltételeknek elegendő tesz egy hálózatleíró nyelv, amelyben szövegesen megfogalmazható az egyes hálózatok struktúrája és összes paramétere.



1. ábra. Diszkrét idejű, lineárfázisú aluláteresztő szűrő felépítése

Beérkezett: 1989. III. 8. (*)

```

I-----I
I
I Network: FIR
I ;
I NN : 8
I ;
I IN : 1
I ;
I D1 : 1 : 2
I D2 : 2 : 3
I D3 : 3 : 4
I D4 : 4 : 5
I D5 : 5 : 6
I D6 : 6 : 7
I ;
I M1 : 1 : 8 : -1
I M2 : 2 : 8 : 2
I M3 : 3 : 8 : 4
I M4 : 4 : 8 : 5
I M5 : 5 : 8 : 4
I M6 : 6 : 8 : 2
I M7 : 7 : 8 : -1
I ;
I OUT : 8
I ;
I END
I-----I

```

H523-2

2. ábra. Lincárfázisú atuláteresztő szűrő leírása hálózatleíró nyelv segítségével

A választott leírási forma az assembly nyelvhez hasonló felépítésű és egy hálózatról a következő információkat tartalmazza:

- a hálózat neve, a NETWORK kulcsszó után
- csomópontok száma, az NN /number of nodes/ kulcsszó után
- a bemeneti- vagy forrás csomópont sorszáma az IN kulcsszó után
- a kimeneti- vagy nyelő csomópont sorszáma az OUT kulcsszó után
- a hálózat késleltető és szorzó elemei a kapcsolódó csomópontok sorszámaival, illetve a szorzó paraméterével együtt.

A fenti nyelv segítségével az 1. ábrán látható hálózat a 2. ábrán látható módon írható le.

Számítógépes csomóponti analízis-módszerek

A számítógépes csomóponti analízis eljárások csoportosíthatók aszerint, hogy a hálózat adataiból mit tekintenek paraméternek és mit numerikus adatnak. Megkülönböztethetünk szimbólikus- és félszimbólikus analízist.

Szimbólikus analízis esetén a hálózat minden szorzója paraméteres és így az analízis eredményeként kaptunk pl. $W/z/$ átviteli függvényt egy paraméterekből álló racionális törtfüggvény. Például az 1. ábrán látható hálózat átvitele a következő lenne

$$W/z/ = \frac{OUT}{IN} = \frac{M1 \cdot M2}{z - M2 \cdot M3}$$

Az általunk választott félszimbólikus analízis módszer csupán az analízis tartomány /idő-, frekvencia-, vagy Z tartomány/ változóját /nT, θ , z/ kezeli szimbólikusként, a szorzók együtthatóit azonban numerikus adatnak tekinti.

Az analízis eredménye egy racionális egyváltozós törtfüggvény, amely paramétereket nem tartalmaz. Formálisan a szimbólikus analízis paramétereibe való "behelyettesítés" eredménye.

Ismét az 1. ábra hálózatából:

$$W/z/ = \frac{OUT}{IN} = - \frac{1,36}{z - 0,24}$$

lenne a félszimbólikus analízis eredménye Z-ben.

A félszimbólikus analízis memória-igénye kisebb, mint a szimbólikus analízisé, futása gyorsabb, ugyanakkor eredménye közvetlenül nem használható fel például érzékenység vagy gyökhely görbe számítására, mivel a hálózat paramétereinek előfordulási helyét az eredményben már nem tartalmazza. A paraméterek megváltozása esetén a teljes analízist újra el kell végezni, ezért pl. egy félszimbólikus analízisre alapozott interaktív szintézis eljárás várhatóan lassúbb lesz, mint egy szimbólikus analízisre alapozott; ugyanakkor az egyszerű analízis félszimbólikus esetben lesz gyorsabb. A félszimbólikus analízis által igényelt adatstruktúrák egyszerűbbek /file, numerikus tömbök, vektorok/ így kis hálózatok esetén már mikrogepes megvalósítás is lehetséges akár interpreteres nyelven /pl. BASIC/ is.

Félszimbólikus számítógépes analízis

A Z és frekvenciatartományi félszimbólikus csomóponti analízis alap gondolata a következő: keressünk olyan mátrix egyenletet, amely tetszőleges gerjesztés esetén / v ill. z tetszőleges értéke mellett/ a hálózat minden csomópontjára szolgáltatja a csomópontban fellépő jelet. Ekkor a csomópontok közül kiválasztva a kimeneti csomópontot, megkapjuk a gerjesztés - felelet kapcsolatot.

Vezessük be a következő jelöléseket:

- φ a hálózat csomópontjaiban fellépő jelek vektora
- U a hálózati kétpólusok bemenetein található jelek vektora
- V az U bemenetekhez rendelt kimenetek vektora
- E a hálózatot gerjesztő jel
- F a hálózat kimenő jele
- Q Q_E P R^T csak 1 és 0 elemeket tartalmazó kapcsolódási mátrixok, ill. vektorok
- H a kétpólusok átvitelét tartalmazó /diagonál/ mátrix
- W a hálózat keresett átvitele

A fenti adatok között a következő öt egyenlet teremt kapcsolatot:

- I. $\varphi = QV + Q_E E$
- II. $U = P\varphi$
- III. $V = HU$
- IV. $F = R^T \varphi$
- V. $F = WE$

Az egyenletek magyarázata:

- I. A hálózat csomóponti jelei a kétpólusok kimeneti jeleiből és a gerjesztésből előállíthatók.
- II. A kétpólusok bemeneti jelei a csomóponti jelek közül kiválaszthatók.
- III. A kétpólusok kimenő jelei bemenetük és átvitelük ismeretében megkaphatók.
- IV. A hálózat kimenete a csomóponti jelekből kiválasztható.
- V. A hálózat átvitele teremt kapcsolatot bemenete és kimenete között.

Az I. - IV. egyenletrendszerből /5/ a következő nyerhető:

$$/1 - QHP/\varphi - Q_E E = 0 \quad (1)$$

míg a IV. és V. egyenletből:

$$-W^{-1}R^T\varphi + E = 0 \quad (2)$$

Az /1/ és /2/ egyenletek összevonva egyetlen mátrix egyenletbe:

$$\begin{pmatrix} /1 - QHP/ & -Q_E \\ -W^{-1}R^T & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varphi \\ E \end{pmatrix} = 0 \quad (3)$$

Jelölje az egyenlet bal oldali mátrixát K .

A K mátrix - amennyiben W^{-1} -et, mint paramétert kezelni tudjuk - a hálózat leírása alapján felépíthető, hiszen csak a kapcsolódási mátrixokat és a H átviteli mátrixot tartalmazza.

K mátrix determinánsa 0, mert az I.-V. egyenletrendszer lineárisan összefügg /hiszen az I.-IV. egyenletek V.-tel azonos módon összekapcsolják F-et és E-t/.

K -nak ezen tulajdonsága felhasználható W meghatározásához:

a hálózat átvitelét a hálózat struktúrája alapján felépített K csomóponti mátrix determinánsának meghatározásával nyerhetjük a $\det /K/ = 0$ egyenlet megoldásával.

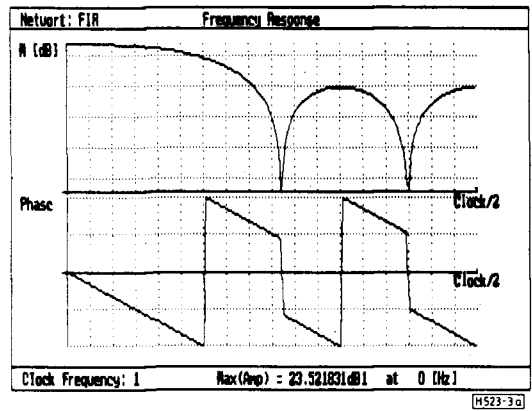
Minthogy félszimbólikus analízis esetén a

$$\det /K/ = 0$$

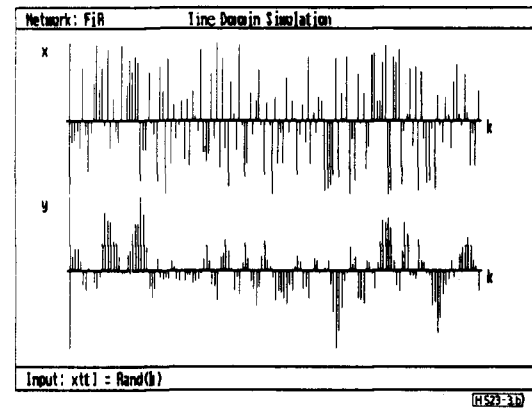
egyenlet megoldása olyan mátrix determinánsának kiszámítását követeli meg, amely szimbólumokat is tartalmaz, ezért speciális, nem numerikus determináns-kifejtő algoritmus szükséges. Ezt valósítja meg az általunk alkalmazott Saṅguti-Puri algoritmus [3].

Az ANDI program a korábban tett megfontolásokról ill. a választott analízis módszer alapján diszkrét idejű, lineáris, invariáns hálózatok analízisére készült. A program IBM PC XT vagy AT gépen, vagy azokkal kompatibilis személyi számítógépeken interaktív üzemben használható. A program /Borland/ Turbo Pascal 4.0 nyelven íródott.

A program menüvezérelt, így a felhasználatól minimális figyelem megosztást igényel a monitor és a klaviatúra között.



3/a. ábra. Lineárfázisú aluláteresztő szűrő átviteli karakterisztikája



3/b. ábra. Lineárfázisú aluláteresztő szűrő zaj-jelre adott válasza

Egy menüponton keresztül beléphetünk az ANDI szövegszerkesztőjébe és itt elkészíthetjük a hálózatleírást tartalmazó text-file-t.

A begépelte hálózatok lemezen tárolhatók, ill. onnan be is tölthetők.

Egy újabb menüpont aktivizálásával indíthatjuk el az adott hálózat analízisét. Amennyiben a hálózat leírása szintaktikailag és szemantikailag hibátlan, a program a következő eredményeket szolgáltatja:

- hálózat időtartományi szimulációja
- $w[k]$ időtartományi rendszeregyenlet
- $W(z)$ Z-tartományi átviteli függvény
- $W(e^{j\omega})$ frekvenciatartományi átviteli karakterisztika
- pólus-zérus elrendezés

A fentiek numerikusan vagy/és grafikusán megjeleníthetők. /3. ábra/

Köszönetnyilvánítás

A program fejlesztése közben kapott tanácsokért és segítségért köszönetemet fejezem ki dr. Cséfalvi Klára és dr. Jagudits László adjunktusoknak, valamint köszönettel tartozom a BME Elméleti Villamosságtan Tanszék tanárainak, akik több hónapon át megosztották velem szűkös gépparkjukat.

Somogyi Gábor
BME Villamosmérnöki
Kar

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] *Rabiner L.R.-Gold B:* Theory and Application of Digital Signal Processing
Prentice-Hall, New Jersey, 1975
- [2] *Dr. Zombory László-Dr. Veszely Gyula:* Diszkrét idejű hálózatok és rendszerek
Egyetemi jegyzet /J5-1424/, 1987

- [3] *Sannuti P.-Puri N.N.:* Symbolic Network Analysis. An Algebraic Formulation.
IEEE Trans.on Circ. and Syst. 1980 aug.
- [4] *Dr. Simonyi Ernő:* Digitális szűrők
Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1984.
- [5] *Somogyi Gábor:* Diszkrét idejű hálózatok analízise, az ANDI program. /TDK dolgozat/
BME, HEI 1988.