A megbízhatósági modell kiválasztása az adatátvitelhez

DOC. ING. PAVOL TOMASOV,
CSc. Zsolnai Közlekedési Egyetem

DOC. ING. PAVOL TOMASOV

1939. március 26-án született. A zsolnai közlekedési egyetemen 1963-ban végzett. Üzemi gyakorlat után 1971-ben megvédte a disszertációs munkáját. 1984-től docensként folytatja pedagógiai és kutató munkáját. A 25 éves pedagógiai pályfutása mellett a zsolnai közlekedési egyetemen 15 éve az új információs technológiák kutatásával foglalkozó kutató csoportot is vezeti. Két monográfia és több mint 50 tudományos cikk szerzője.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az adatátvitel megbízhatosága leírható a híradástechnikai hálózatban a P(i, j) matrixszal.

A matrix elemei annak a valószínűségnek az értékei, hogy a hálózat két csomópontja között létezik-e egy megadott időközben átviteli út.

A matrix elemei a valóságos hálózatban a hibák struktúrájának analízisével megkaphatók. A nemstacionáris elementáris hibafolyamat átvezethető stacionáris hibacsomó folyamatra. A stacionárius intervallum hossza korrelációban van a hibacsomók sűrűségével.

Az adatátviteli hálózatban az átvitel megbízhatósága az egyik fő minőségi paraméter. Az elérhető megbízhatósági modellekből (1), (4) az első lépés egy olyan modell kiválasztása, amelyik figyelembe veszi a hálózat lényeges sajátosságait és alkalmazható a hálózat egyes elemeire is. Lehetővé teszi továbbá a megbízhatóság vizsgálatát egyszerű matematikai aparátussal és az eredmények ellenőrizhetők méréssel.

Az általában használt megbízhatósági paraméterek a híradástechnikai hálózatban jellemezhetők a P_i valószínűséggel mely megadja annak valószínűségét, hogy az átviendő információ a megadott időben az i-edik címzetthez megérkezik-e. A P_1 valószínűséget időfüggvénynek kell tekinteni. Meg kell különböztetni az átviteli út meghibásodásait az átviteli út jellemzőinek változásaitól. Az átviteli út jellemzőinek változásai az információ elemi részeiben okoznak hibákat. Ezeknek a hibáknak az értékelése az információ típusától függ. Folyamatos átvitelnél a zavarok főleg a vezérlés minőségét befolyásolják. Impulzus átvitelnél a hibák a vezérlő elemek minőségén kívül befolyásolják az egész információ átvitelt.

A hálózatnak mint egységnek a megbízhatósága összefügg a csatornák terhelésével. A relatív terhelés csökkentésével nő a hálózat megbízhatósága mert egy meghatározott számú csatorna tartalékolható. A hálózat használhatósága adatátvitelre kifejezhető azzal a P(i, j) valószínűséggel, amely megadja hogy a hálózat akármely két (i, j) csomópontja között létezik-e az átviteli út egy megadott időközben. Az összes csomópont-párok P(i, j) valószínűségi értékei matrixot képeznek, amely a hálózatot használhatóság szempontjából jellemzi. A matrix átlóján lévő P(i, j) elemek az i-edik csomópont hibanélküli működésének a valószínűségét fejezik ki.

A P(i, j) értékei, amelyek megadják a hálózat átviteli képességét, az (i, j) relációkban növelhető P(i, j) a csatornák tartalékolásával vagy a hálózat konfigurációjának a változásával. Az első esetben érvényes:

$$P_1(i, j) = \left\{ \prod_{u=1}^{k-1} P_u \prod_{u=1}^{k} \left[1 - \prod_{v=1}^{m_1+1} (1 - P_{uv})\right]\right\} \qquad (1)$$

$$P_{(i,i)} \cdot P_{(j,j)}$$

ahol a P_u annak a valószínűsége, hogy az a_u csomópont az a_i és a_j között nem foglalt; P_{uv} az a_u és a_v közti csatorna használhatóságának valószínűsége; m_t az a_u és a_v közti tartalék csatornák száma; $P_{(i,i)}$ és $P_{(j,j)}$ az a_i és a_j csomópontok használhatósága.

A megbízhatóság növelésének másik eljárására érvényes

$$P_2(i, j) = \left\{1 - \prod_{u=1}^{m_2+1} \left[1 - \prod_{u=1}^{k-1} P_u \prod_{v=1}^{k} P_{uv}\right]\right\}$$

$$P_{(1,i)} \cdot P_{(j,j)} \qquad (2)$$

A kifejezésben az m_2 a kerülő utak száma az a_i és a_j csomópontok között. A többi szimbólum értelme megegyezik az (1) egyenletben használt szimbólumokéval. A P(i,j) értékének növelésére az (1) egyenlet szerinti eljárás addig használható, amíg a költségek a tartalék csatornák létesítéséhez nem lépik túl a hálózat bővítéséhez szükséges költségeket.

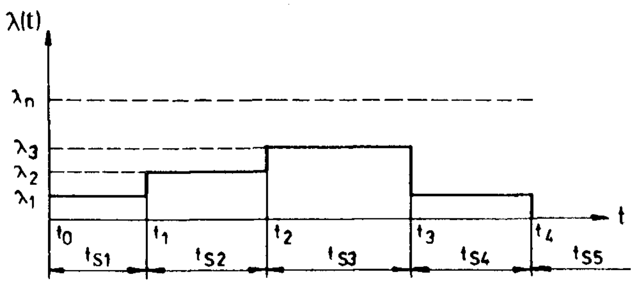
A matrix elemei

$$\begin{vmatrix} P(1,1) & P(1,2) \ldots\ldots & P(1,r) \\ \vdots & & \\ P(i,1) & P(i,2) \ldots\ldots & P(i,r) \\ \vdots & & \\ P(r,1) & P(r,2) \ldots\ldots & P(r,r) \end{vmatrix}$$

Beérkezett: 1989. VIII. 31. (II)

jellemzik a hálózat r csomópontos részének a használhatóságát a Δt időközben. A következő időközben a P(i,j) más értékei érvényesek. A hálózati rész használhatósági jellemzőinek meghatározásához meg kell állapítani az $E[P(i,j)]$ várható értékét, $D^2[P(i,j)]$ szórást továbbá az R(t) korrelációs függvényt a Δt intervallum hossza és az intervallum P(i j) valószínűsége között.

Az egyes típusú relációk számára (csatorna típusokra) a hálózatban szükséges a P(i,j) valószínűség megállapítása. Ezért elvetjük azt a megbízhatósági modellt amelyben a hibák sorozata az intenzitásukkal van meghatározva. A különbség a hibák hatásában van. A diszkrét csatornánál megkülönböztethetők az átviteli hibák egy elemnél, egy jelnél, egy tömbnél vagy egy hírnél. A hírátvitel a komutált csatornán egyes fázisokra van osztva az *1. ábra* szerint.



H558-1

Ha a hiba az 1. fázisban következik be, akkor átmegy a folyamat az 5. fázisba. Ha a zavar a 2. fázisban van, következik a 4. vagy az 5. fázis. Ha a hiba a 3. fázisban van, akkor a hibát javítani kell, ami csökkenti a csatorna átviteli kapacitását és növeli az átvitel eredő megbízhatóságát. Az elemi hibák befolyása attól függ, hogy melyik fázisban következik be és milyen időtartamú.

Az (i,j) reláció hibáját megadhatjuk mint a csatorna azonnali kapacitásának csökkenését az átviteli sebesség alá

$$v = B.\log_2 s \qquad \text{(bit/s)}$$

ahol a B modulációs sebesség és s a jelzés állapotainak száma. A kapacitás csökkenés csak akkor tekinthető elemi hibának, ha a hossza legalább egy mintavételi intervallum.

Az elemi hibák sorozatát a hibacsomók közti intervallumok eloszlása határozza meg

$$h(t) = \sum_{i=1}^{n} \epsilon\, e^{\lambda_i t} \qquad t \geq 0. \qquad (3)$$

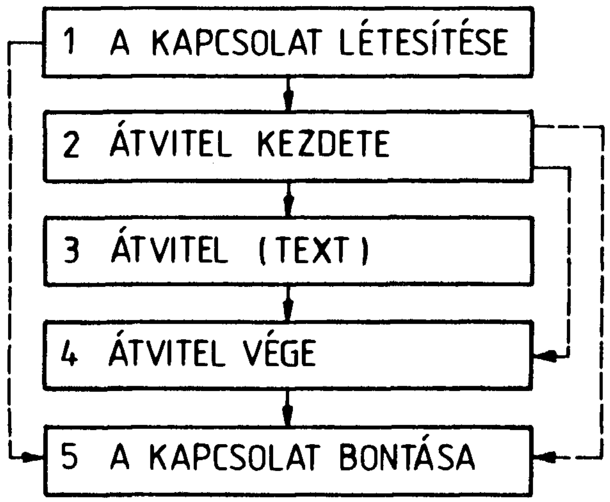
A $t \geq t_m$ értékétől az eloszlás

$$h(t) = \epsilon\, e^{-\lambda t} \qquad t > t_m \qquad (4)$$

ahol a λ az exponenciális eloszlás paramétere.

A hibák sorozata Poisson eloszlású és ez az összetett rendszerekben megfelel a valóságnak. Ez azonban nem stacionárius folyamat. A hibák sorozatát a $\lambda(t)$, a λ sűrűség pillanatnyi értékének időfüggvénye jellemzi. A távközlési hálózatban az egyes relációk $\lambda(t)$ függvényei a kísérletileg meghatározott adatokból a *2. ábra* szerint következőképpen határozhatók meg:

$$\begin{aligned} \lambda(t) &= \lambda_1 \qquad t_0 \leq t < t_1 \\ \lambda(t) &= \lambda_2 \qquad t_1 \leq t < t_2 \\ \lambda(t) &= \lambda_3 \qquad t_2 \leq t < t_3 \\ &\;\;\vdots \end{aligned} \qquad (5)$$



H558-2

Így az elementáris hibák folyamatát az átvitelnél a t_s hosszúságú részenkénti szakaszok sorozatával helyettesítjük, ahol a λ_i megfelelő pontossággal konstans.

A kísérletileg meghatározott elemi hibákból a megadott típusú csatornánál a stacionárius szakaszok a következő algoritmus szerint alakulnak:

- az elemi hibák folyamatából a kiválasztott összefutási kritérium szerint hibacsomókat kell kialakítani,
- a csomósodást egyforma sűrűségű szakaszokra kell osztani,
- meg kell határozni a csomók várható értékét és szórását,
- meg kell határozni a stacionárius szakaszok hosszának eloszlásfüggvényét.

A hibacsomók intenzitásának sűrésségfüggvénye

$$h(\lambda) = A \cdot \lambda \cdot e^{-a\lambda}, \qquad (6)$$

ahol a az Erlang elöszlás paramétere, A szabályozó tényező. Az alábbi feltételből

$$\int_0^\infty h(\lambda) \cdot d\lambda = \int_0^\infty A \cdot e^{-a\lambda} \cdot d\lambda = Aa^2 = 1$$

megállapítható, hogy $A=a^2$, így a (6) egyenlet a következő formában írható fel

$$h(\lambda) = a^2\lambda \cdot e^{-a\lambda}. \quad (7)$$

A várható érték megállapítható az m_λ számtani középből

$$E(\lambda) = \int_0^\infty \lambda h(\lambda)d\lambda = a^2 \int_0^\infty \lambda^2 e^{-a\lambda} \cdot d\lambda = 2a^{-1} = m_\lambda. \quad (8)$$

Ennek az eloszlásnak a szórás négyzete:

$$D^2(\lambda) = \int_0^\infty \lambda^2 h(\lambda) \cdot d\lambda - m_\lambda^2 =$$

$$= a^2 \int_0^\infty \lambda^3 e^{-a\lambda} \cdot d\lambda - 4a^{-2} =$$

$$= \frac{3!a^2}{a^4} - 4a^{-2} = 2a^{-2} = 0{,}5m^2_\lambda. \quad (10)$$

A szórás pedig

$$D(\lambda) = a^{-1}\sqrt{2} = \frac{m_\lambda}{\sqrt{2}}.$$

Tehát az Erlang eloszlás valamennyi paramétere a kísérleti eredményekből így meghatározható.

A t_s stacionárius szakaszok hosszára szintén érvényes az Erlang eloszlás. A kísérleti adatokkal való összehang egyszerű programmal határozható meg, mégpedig személyi számítógéppel a Kolmogorov kritérium alapján.

Hasonlóan a (7) egyenlethez, érvényes

$$h(t_s) = b^2 t_s e^{-bt_s}. \quad (12)$$

A várható érték

$$E(t_s) = \int_0^\infty t_s h(t_s) \cdot dt = m_{t_s} \quad (13)$$

ebből $b = 2m^{-1}_{t_s}$

Az eloszlás (12) egyenletébe ezt behelyettesítve

$$h(t_s) = 4m^{-2}_{t_s} \cdot t_s \cdot e^{-2t_s m^{-1}_{t_s}} \quad (14)$$

Ennek szórás négyzete

$$D^2(t_s) = \int_0^\infty b^2 t^3_s e^{-bt_s} dt - m^2_{t_s} = 2b^{-2} = 0{,}5m^2_{t_s}$$

és a szórás

$$D(t_s) = b^{-1}\sqrt{2} = m_{t_s} \frac{1}{\sqrt{2}}. \quad (15)$$

Így a nemstacionárius elemi hiba folyamatából stacionárius hibacsomó folyamatot kapunk. Az m_λ és m_{t_s} értékei az egyes relációkra jellemzők.

A λ és m_{t_s} közti kapcsolat megállapítható méréssel az elemi hibák sorozatából. A regresszió görbe zárt alakban

$$t_s = g - h \cdot \lambda. \quad (16)$$

A t_s és λ közti korrelációs tényező

$$R(\lambda, t_s) = h \cdot \frac{D(\lambda)}{D(t_s)} = h \cdot \frac{b}{a} = h \cdot \frac{m_2}{m_{t_s}}. \quad (17)$$

Annak az apriori valószínűsége, hogy $\lambda < \lambda_n$ a 2. ábra szerint

$$P(\lambda < \lambda_n) = \int_0^{\lambda_n} h(\lambda) \cdot d\lambda = a^2 \int_0^{\lambda_n} e^{-a\lambda} \cdot d\lambda. \quad (18)$$

A hálózat valóságos állapota leírható a λ és t_s változókkal. Az ilyen folyamat valószínűségi eloszlása

$$h(\lambda, t_s) = h(\lambda) \cdot h(t_s | \lambda). \quad (19)$$

A $h(t_s|\lambda)$ feltételes valószínűség sűrűsége a (16) egyenlet szerinti regressziós összefüggéssel határozható meg. A (19) egyenlet a (7) egyenlet felhasználásával következőképpen írható

$$h(ts \mid \lambda) = C(g - h\lambda) \cdot \lambda \cdot e^{-a\lambda}. \quad (20)$$

Ahol

$$C \int_0^\infty \lambda e^{-a\lambda} (g - h\lambda) \cdot d\lambda = Cga^{-2} - 2Cha^{-3} = 1.$$

Ezt C-re megoldva

$$C = \frac{a^3}{ag - 2h}. \quad (21)$$

Ezután a (20) egyenlet a következőképpen írható át

$$h(t_s \mid \lambda) = \frac{a^3 g}{ag - 2h} \cdot \lambda \cdot e^{-a} - \frac{a^3 h}{ag - 2h} \cdot \lambda^2 \cdot e^{-a\lambda} \quad (22)$$

Az apriori valószínűség értékét a (18) egyenlet szerint szükséges korrigálni a $t_s|\lambda$ koreláció figyelembe vételével

$$P[(t_s \mid \lambda) < \lambda_n] = \int_0^{\lambda_n} h(t_s \mid \lambda) \cdot (t_s \mid \lambda) =$$

$$= \frac{a^3 g}{ag - 2h} \cdot \int_0^{\lambda_n} (t_s \mid \lambda)\, e^{-a(t_s|\lambda)}\, d(t_s \mid \lambda) -$$

$$- \frac{a^3 h}{ag - 2h} \int_0^{\lambda_n} (t_s \mid \lambda)^2 e^{-a(t_s|\lambda)} d(t_s \mid \lambda). \quad (23)$$

A (18) egyenletet valamint módosított változatát a (23) egyenletet a P(i,j) értékének lehet tekinteni az (1) vagy (2) egyenlet értelmében. A P(i,j) adja annak a valószínűségét, hogy az a_i és a_j csomópontok között létezik olyan átviteli út amelynek a minősége a $t_s[m_{ts}, D^2(t_s), D(t_s)]$ időközben jobb, mint a λ_n előírt értéke.

A $P[(t_s \mid \lambda) > \lambda_n]$ annak a valószínűsége, hogy nem létezik ilyen átviteli út. Mivel ismert a $P(t_s|\lambda)$ feltételes valószínűsége, ez lehetővé teszi a (23) egyenlet alapján az átviteli út állapotának prognózisát.

A leírt megbízhatósági modellt telefon összeköttetésen ellenőriztük. Feldolgoztuk a hibák struktúráját egy 160 órás mérés eredményei alapján. A λ_n előírt értéke az 1200 Bd modulációs sebességnél és 350 jelnél egy csomóban 0,4. A mért folyamatot 1920 darab 5-perces intervallumra osztottuk.

Az eredmények:

$h(\lambda) = 26{,}4 \cdot e^{-5{,}14\lambda}$; $m_\lambda = 0{,}389$

$D^2(\lambda) = 0{,}075$

$D(\lambda) = 0{,}275$

$h(t_s) = 0 \cdot 23 \cdot t_s \cdot e^{-0{,}48t_s}$; $m_{ts} = 4{,}15$

$D^2(t_s) = 8{,}69$

$D(t_s) = 2{,}95 \cdot h$

regressziós egyenes:

$t_s = g - h\lambda = 8 - 5{,}33\lambda$

$C = 4{,}45$

$h(t_s|\lambda) = 4{,}45(8\text{-}5{,}33\lambda).\lambda e^{-5{,}14}$

$P(\lambda < \lambda_n) = 0{,}720$

$P[(t_s|\lambda) < \lambda_n] = 0{,}928$

Az eredmény meghatározza a hálózat mért megbízhatóságát.

A leírt megbízhatósági modell felhasználható a következőképpen:

a/ a P(i,j) matrix értékek a hálózat egy összeköttetésének megbízhatóságát jellemzik. Két vagy több résznek a megbízhatóságát úgy kapjuk meg, hogy az egyes matrixszokat szorozzuk egy olyan matrixszal amely az összeköttetést jellemzi;

b/ a csatorna kapacitásának rövid időtartamú csökkentése és a hibák együttes hatása leírható a következőképpen $(t_s \mid \lambda) < \lambda_n$. Két különböző típusú eloszlású véletlen mennyiség kombinációinak a számításáról van szó;

c/ összetett információs rendszerekben szükséges a használhatóság prognózisának vizsgálata, annak a valószínűségnek igazolása, hogy létezik átviteli út a csomópontok illetve hálózati utak tartalékolásával;

d/ olyan eljárás kialakítása amely a forgalom irányításra nézve a felosztott hálózatban javítja a csatornák kihasználását.

IRODALOM

[1] *Barlow, R.E., Proschan, F.:* Mathematical Theory of reliability. Wiley and Sous, New York 1965

[2] *Barlow, R.E., Proschan, F.:* Importance of system components and fault tree events. Operation Reserech Center Report 74-4. University of California, Berkeley, 1974

[3] *Sor, J.B.:* Statistické metody analyzy a kontroly jakosti a spolehlivosti. SNTL, Praha 1965

[4] *Ross, S.M.:* Introduction to Probability Models. Academie Press, New York 1972

[5] *Tomasov, P.:* Kanály prenosu dát v oznamovacej sieti. Nadas, Praha 1988