INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

REFERATY PROBLEMOWE

Zeszyt 16

Andrzej Waśniewski

KOMBINATORYCZNE ASPEKTY PLANOWANIA BADAŃ SIECI TELEKOMUNIKACYJNEJ ZA POMOCĄ SYSTEMU ABA-3

Warszawa - kwiecień 1979

I N S T Y T U T   Ł Ą C Z N O Ś C I

Na prawach rękopisu

R E F E R A T Y   P R O B L E M O W E

Zeszyt 16

Andrzej Waśniewski

KOMBINATORYCZNE ASPEKTY PLANOWANIA BADAŃ SIECI TELEKOMUNIKACYJNEJ ZA POMOCĄ SYSTEMU *ABA*-3

Warszawa - kwiecień 1979

Opracował:

mgr Andrzej Waśniewski
Zakład Miernictwa i Automatyzacji Badań /Z-2/

Instytut Łączności
04-894 Warszawa, ul. Szachowa, 1 tel. 128-227

Uzupełnienie do sprawozdania z realizacji pracy nr 19.01.D.01

Opiniował: dr L. Zaremba - GUTM

Maszynopis dostarczono dnia 2.03.1979 r.

Referat zawiera sformułowanie w języku kombinatoryki matematycznej niektórych pojęć i problemów związanych z badaniem sieci telekomunikacyjnej za pomocą systemu *ABA*-3.

Redaktor: J. Borkowska Montaż tekstu: B. Drabik

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
dnia 12.03.1979 r.
Nakład 70 egz.

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP

Badanie sieci telekomunikacyjnej za pomocą systemu pomiarowego *ABA*-3 pociąga za sobą konieczność ustalenia sposobu współpracy wielu aparatur systemu rozmieszczonych w różnych punktach sieci /centralach/ i spełniających różne zadania w procesie pomiarowym.

Teoretyczne rozważania dotyczące tego problemu można podzielić na dwie części, tj.:

- część topologiczno-kombinatoryczną, w której interesują nas przede wszystkim pomiary jednocześnie możliwe do wykonania przy upraszczającym założeniu pełnej dostępności łączy;
- część obejmującą rozważania statystyczne dotyczące dostępności łączy.

Podział ten jest oczywiście czysto schematyczny; pełne rozwiązanie problemu musi obejmować obydwa jego aspekty.

W tym opracowaniu zajmujemy się wyłącznie zagadnieniami z części pierwszej. Głównym celem będzie sformułowanie problemów dotyczących planowania badań sieci za pomocą systemu *ABA*-3 w języku współczesnej kombinatoryki. Okazuje się, że prowadzi to do pytań z dziedziny kombinatoryki, które zostały sformułowane już dawno [3]. Pytania te są jednakże nadal otwarte. Są to jednak sprawy znajdujące się w centrum współczesnych badań kombinatoryki. Eleganckie i ogólne odpowiedzi na wyżej wspomniane pytania nie są koniecznym warunkiem stosowania metody, którą przedstawię, do rozwiązywania problemów praktycznych. Znalezienie matematycznych odpowiedników /w postaci zbiorów i funkcji/ pojęć, którymi opisuje się proces badania łączy, jest oczywistym i niezbędnym warunkiem na przykład do zastosowania *ETO*.

2. WPROWADZENIE MATEMATYCZNE

W dalszych częściach opracowania wykorzystywane będą następujące oznaczenia:

$X \cup Y$ - suma zbiorów X i Y

$X \cap Y$ - iloczyn zbiorów X i Y

$X \setminus Y$ - różnica zbiorów X i Y

$\# X$ - moc /ilość elementów/ zbioru X

ϕ - zbiór pusty

$P(X)$ - zbiór wszystkich podzbiorów zbioru X

$\{x\}$ - zbiór, którego jedynym elementem jest x

$x \in X$ - x jest elementem zbioru X

$X \subset Y$ - zbiór X jest podzbiorem zbioru Y

$\forall$ ... - dla każdego /np. zbioru, liczby, funkcji, itp./

$\exists$ ... - istnieje /np. zbiór, liczba, funkcja, itp./

Niech $E = \{e_1, \ldots, e_m\}$ będzie zbiorem skończonym, a $\nabla = \{A_1, \ldots, A_n\} \subset P(E)$ pewną rodziną jego niepustych podzbiorów. Można postawić następujące pytanie sformułowane w 1972 roku przez Mirsky'ego [3]:

Dla jakich rodzin podzbiorów $\nabla \subset P(E) \setminus \{\phi\}$ zadanego zbioru skończonego E istnieje podzbiór $R \subset E$ taki, że jeśli $\nabla = \{A_1, \ldots, A_n\}$ to $\forall\ 1 \leq i \leq n\ \#(R \cap A_i) = 1$?

Będzie interesował nas dalej pewien szczególny przypadek tego pytania.

D e f i n i c j a 1

Jeśli $E = \{e_1, \ldots, e_m\}$ jest zbiorem skończonym, a $\nabla = \{A_1, \ldots, A_n\}$ rodziną jego niepustych podzbiorów, to podzbiór $R \subset E$ nazwiemy stabilnym dla rodziny ∇, jeśli $\forall\ 1 \leq i \leq n\ \#(A_i \cap R) \leq 1$.

D e f i n i c j a 2

Niech E będzie zbiorem skończonym, a N - liczbą całkowitą nieujemną. Każdą funkcję przyporządkowującą elementom zbioru E liczby ze zbioru $\{0,\ldots,N\}$ nazywamy funkcją wagi.
Dowolną taką funkcję

$$\omega : E \longrightarrow \{0,\ldots,N\}$$

można przedłużyć do funkcji

$$\bar{\omega} : P(E) \longrightarrow \{0,\ldots,(\# E)\cdot N\}$$

w następujący sposób:

$$\forall A \in P(E) \quad \bar{\omega}(A) := \sum_{x\in A} \omega(x)$$

Oczywiście wtedy dla dowolnego $x\in E$ $\omega(x) = \bar{\omega}(\{x\})$

P y t a n i e 1

Załóżmy, że mamy dany zbiór skończony $E = \{e_1,\ldots,e_m\}$, rodzinę jego niepustych podzbiorów $\nabla = \{A_1,\ldots,A_n\}$ oraz liczbę całkowitą nieujemną N.
Dla jakich funkcji wagi

$$\omega : E \longrightarrow \{0,\ldots,N\}$$

istnieje zbiór stabilny R dla rodziny ∇ taki, że jeśli

$$\nabla^{\omega} := \{A \in \nabla / \forall B \in \nabla \;\; \bar{\omega}(B) \leqslant \bar{\omega}(A)\}$$

to

$$\forall A \in \nabla^{\omega} \quad \#(R \cap A) = 1$$

Sformułowanie następnego pytania wymaga pewnych uwag wstępnych. Załóżmy jak poprzednio, że mamy zadany zbiór $E=\{e_1,\ldots e\}$.

rodzinę jego niepustych podzbiorów $\nabla = \{A_1,\ldots,A_n\}$ oraz liczbę całkowitą nieujemną N. Niech

$$\{R_1,\ldots,R_k\} \subset P(E)\setminus\{\emptyset\}$$

będzie dowolnym ciągiem zbiorów stabilnych dla rodziny ∇,

$$\varrho : \{R_1,\ldots,R_k\} \longmapsto \{0,\ldots,N\}$$

pewną funkcją, a $\omega : E \longrightarrow \{0,\ldots,N\}$ funkcją wagi. Oznaczmy także

$$\nabla_j := \{A \in \nabla \mid \#(A \cap R_j) = 1\}$$

Zdefiniujemy teraz indukcyjnie ciąg funkcji $\overline{\omega}_0,\ldots\overline{\omega}_k$ oraz ciąg podrodzin $\nabla_0^{\omega},\ldots,\nabla_k^{\omega}$ rodziny ∇:

Pierwszy krok:

$$\overline{\omega}_0 := \overline{\omega}$$

$$\nabla_0^{\omega} := \{A \in \nabla \mid \forall B \in \nabla \ \overline{\omega}_0(B) \leqslant \overline{\omega}_0(A)\}$$

Załóżmy teraz, że określiliśmy już $\overline{\omega}_{j-1}$ oraz

$$\nabla_{j-1}^{\omega} = \{A \in \nabla \mid \forall B \in \nabla \ \overline{\omega}_{j-1}(B) \leqslant \overline{\omega}_{j-1}(A)\}$$

dla pewnego $j-1<k$.

Definiujemy teraz $\overline{\omega}_j$.

Dla $A \in P(E)$

$$\overline{\omega}_j(A) = \begin{cases} \overline{\omega}_{j-1}(A) & gdy \ \ A \notin \nabla_{j-1} \\ \overline{\omega}_{j-1}(A) - \varrho(R_{j-1}) & gdy \ \ A \in \nabla_{j-1} \end{cases}$$

∇_j^{ω} definiujemy analogicznie jak poprzednio.

P y t a n i e 2

Załóżmy, że mamy zadany zbiór skończony $E=\{e_1,\ldots,e_m\}$, rodzinę jego niepustych podzbiorów $\nabla = \{A_1,\ldots,A_n\}$ oraz liczbę całkowitą nieujemną N. Niech oznaczenia będą takie jak wyżej.

Dla jakich funkcji wagi $\omega : E \longmapsto \{0,\ldots,N\}$ istnieje ciąg $\{R_1,\ldots,R_k\}$ zbiorów stabilnych dla rodziny ∇ oraz funkcja

$$\varrho : \{R_1,\ldots, R_k\} \longrightarrow \{0,\ldots,N\}$$

dla których

1/ $\forall\, 1 \leqslant j \leqslant k \qquad \nabla^{\omega}_{j-1} \subset \nabla_j$

2/ $\forall\, 1 \leqslant i \leqslant n \qquad \overline{\omega}_k(A_i) = 0$

3. ZESTAWY POMIAROWE I SFORMUŁOWANIE PROBLEMU POMIARÓW JEDNOCZESNYCH

Przez zestaw pomiarowy będziemy rozumieli każde połączenie aparatur systemu *ABA*-3, które jest możliwe ze względu na strukturę topologiczną sieci i techniczno-użytkowe właściwości systemu. Każdemu takiemu połączeniu odpowiada pomiar dokonywany w którymś z czterech rodzajów pracy [1].

W materiałach seminaryjnych [3] został podany jeden z możliwych sposobów kodowania zestawu pomiarowego jako ciągu liczb całkowitych nieujemnych w taki sposób, aby kod /ciąg liczb/ jednoznacznie określał między jakimi centralami i w jakim rodzaju pracy systemu wykonywany jest pomiar oraz jakie aparatury biorą w nim udział. Kody zestawów pomiarowych można ponumerować. Niech $Z = \{p_1,\ldots,p_m\}$ będzie zbiorem kodów. Załóżmy też, że wszystkie aparatury systemu *ABA*-3 stojące w centralach sieci zostały ponumerowane liczbami $1,\ldots,n$.

Struktura topologiczna sieci reprezentowana jest przez macierz

$$K=[k_{ij}] \quad 1\leqslant i,j\leqslant N,$$

w której liczba k_{ij} oznacza liczbę łączy z centrali o numerze i do centrali o numerze j.

Niech
$$N_0 := \max_{i,j\leqslant N} k_{ij}$$

Dla aparatury o numerze $1\leqslant i\leqslant n$ zdefiniujemy odpowiadający jej podzbiór $A_i \subset Z$:

Dla $1\leqslant s\leqslant m$ $p_s\in A_i$ wtedy i tylko wtedy, jeśli aparatura o numerze i wchodzi w skład zestawu pomiarowego o numerze s. Przyporządkowanie aparaturom podzbiorów zbioru kodów jest jednoznaczne. W ten sposób otrzymujemy rodzinę $\nabla=\{A_1,\ldots,A_n\}$ podzbiorów zbioru kodów Z.

Oznaczmy przez B_{ij} zbiór tych kodów zestawów pomiarowych, które mierzą łącza z centrali i-tej do centrali j-tej.

Definiujemy teraz pewną funkcję wagi $\omega : Z \longrightarrow \{0,\ldots,N_0\}$.

Dla $p\in Z$ określimy $\omega(p)$ jako liczbę łączy, które w procesie pomiarowym przypadną na zestaw, którego kodem jest p. Wymagamy od tej funkcji, żeby była zgodna ze strukturą sieci, to znaczy:

$$\forall\, 1\leqslant i,j\leqslant N \quad \overline{\omega}(B_{ij})\leqslant k_{ij}$$

Należy pamiętać, że $\overline{\omega}$ jest rozszerzeniem ω w ten sposób, że dla $A\subset Z$

$$\overline{\omega}(A) := \sum_{p\in A}\omega(p)$$

Dla $1\leqslant i\leqslant n$ $\overline{\omega}(A_i)$ oznacza liczbę łączy, w których badaniu bierze udział aparatura o numerze i. Liczbę $\omega(p)$ i $\overline{\omega}(A)$

dla $p \in Z$ i $A \in \nabla$ nazwiemy odpowiednio obciążeniem zestawu i obciążeniem aparatury.

Zatem

$$\nabla^{\omega} = \{A \in \nabla \mid \forall B \in \nabla \bar{\omega}(B) \leq \bar{\omega}(A)\}$$

definiuje podrodzinę ∇, której elementy odpowiadają najbardziej obciążonym aparaturom.

Rozważmy teraz pewien zbiór kodów $I \subset Z$ taki, że wszystkie zestawy pomiarowe, których kody należą do I mogą być wykorzystane jednocześnie. Żadna aparatura nie może zatem wchodzić w skład dwóch różnych zestawów pomiarowych.

Zgodnie z definicją $\nabla = \{A_1, \ldots, A_n\}$ oraz zbiorów A_i odpowiadających aparaturom oznacza to, że do każdego zbioru z ∇ należy nie więcej niż jeden kod ze zbioru I.

Inaczej: $\#(I \cap A) \leq 1$ dla dowolnego $A \in \nabla$.

Dowolny podzbiór $I \subset Z$ o właściwościach opisanych powyżej jest więc zbiorem stabilnym dla rodziny ∇.

Odwrotnie: każdy zbiór stabilny dla rodziny ∇ określa pewien zbiór zestawów pomiarowych pracujących w sieci jednocześnie.

Nazwijmy taki zbiór cyklem pomiarowym. Cyklom pomiarowym odpowiadają więc jednoznacznie zbiory stabilne dla rodziny ∇.

Wygodnie jest żądać, aby po wykonaniu cyklu pomiarowego zmniejszało się obciążenie aparatur najbardziej obciążonych. Odpowiada temu warunek, aby zbiór stabilny przecinał się z elementami podrodziny ∇^{ω}.

W związku z tym pytaniu 1 z części 2 odpowiada następujący problem planowania pomiarów:

Jak /przy zadanym rozstawieniu aparatur systemu *ABA*-3 w sieci/ rozdzielić badane łącza pomiędzy zestawy pomiarowe, aby możliwa była jednoczesna praca wszystkich najbardziej obciążonych aparatur?

4. PROCEDURY POMIAROWE I CZAS TRWANIA POMIARÓW CAŁEJ SIECI

Procedurą pomiarową nazwiemy wykonanie kolejno pewnej ilości cykli pomiarowych. Z rozważań w części 3 wynika, że procedurze pomiarowej odpowiada ciąg zbiorów stabilnych dla rodziny ∇ . Każdemu zbiorowi stabilnemu możemy przyporządkować liczbę oznaczającą liczbę łączy, które zbada każdy z zestawów pomiarowych wchodzących w skład cyklu wyznaczonego przez ten zbiór /w czasie realizacji cyklu/.
Przyporządkowanie to określa funkcja:

$$\varrho : \{R_1, \ldots, R_k\} \longrightarrow \{0, \ldots, N_0\}$$

Zauważmy, że obciążenie aparatury wchodzącej w skład zestawu pomiarowego należącego do cyklu wyznaczonego przez zbiór stabilny R_j zmniejszy się o liczbę równą ϱ $/R_j/$ w stosunku do obciążenia tej aparatury po wykonaniu cyklu wyznaczonego przez zbiór stabilny R_{j-1} .

Obciążenie aparatury A po wykonaniu cyklu R_j określa funkcja:

$$\bar{\omega}_j(A) = \begin{cases} \bar{\omega}_{j-1}(A) & \text{gdy } A \notin \nabla_j \\ \bar{\omega}_{j-1}(A) - \varrho(R_j) & \text{gdy } A \in \nabla_j \end{cases}$$

gdzie podrodzina

$$\nabla_j = \{A \in \nabla \mid \#(A \cap R_j) = 1\}$$

zawiera zbiory odpowiadające aparaturom pracującym w czasie wykonywania cyklu wyznaczonego przez zbiór stabilny R_j. Chcemy, aby każdy cykl pomiarowy zawierał zestawy pomiarowe, w skład których wchodzą aparatury najbardziej obciążone po wykonaniu poprzedniego cyklu. Zbiory odpowiadające tym aparaturom należą do podrodziny:

$$\nabla_{j-1}^{\omega} = \{A \in \nabla \mid \forall B \in \nabla \ \bar{\omega}_{j-1}(B) \leq \bar{\omega}_{j-1}(A)\}$$

Nasze żądanie przybiera więc postać

$$\nabla_{j-1}^{\omega} \subset \nabla_j$$

Warunek ukończenia badań w całej sieci wyrażony jest przez równość:

$$\forall A \in \nabla \qquad \bar{\omega}_k(A)=0$$

Funkcja $\bar{\omega}_k$ określa obciążenie każdej z aparatur systemu po wykonaniu k-tego cyklu pomiarowego. Jeśli jest ono zerowe, to znaczy, że wszystkie łącza w sieci zostały zbadane.

Problem planowania pomiarów, któremu odpowiada pytanie 2 brzmi następująco:

> Jak /przy zadanym ustawieniu aparatury systemu *ABA*-3 w sieci/ rozdzielić łącza badane na poszczególne zestawy pomiarowe, aby istniała procedura pomiarowa taka, że w każdym momencie jej trwania /w każdym cyklu pomiarowym wchodzącym w jej skład/ pracują wszystkie aktualnie najbardziej obciążone aparatury?

Zauważmy, że powyższy warunek odpowiada dokładnie żądaniu,aby czas badania całej sieci był identyczny z czasem nieprzerwanej pracy aparatury, która ma brać udział w pomiarach największej liczby łączy.

5. ZAKOŃCZENIE

Przedstawione powyżej kombinatoryczne sformułowanie procesów badaniowych jest nieco ogólniejsze niż jest to konieczne w przypadku systemu ABA-3.

1/ W rozważaniach nie robiliśmy żadnych założeń dotyczących liczby aparatur biorących udział w pojedynczym pomiarze.

2/ Rodzina $\nabla = \{A_1, \ldots, A_n\}$ skonstruowana dla systemu ABA-3 /np. na bazie kodowania zestawów pomiarowych wprowadzonego w [4] ma pewne oczywiste szczególne własności kombinatoryczne:

- istnieje podział $\nabla = \nabla_1 \cup \nabla_2 \cup \nabla_3 \cup \nabla_4$ na podrodziny takie, że $\nabla_i \cap \nabla_j = \emptyset$ dla $i \neq j$ oraz $1 \leq i,j \leq 4$;
- $\forall\, 1 \leq i \leq 4 \quad \forall\, A, B \in \nabla_i \qquad A \cap B = \emptyset$;
- każdy kod zestawu pomiarowego należy do co najmniej dwóch i co najwyżej trzech elementów rodziny ∇.

3/ Uwzględnienie faktu, że aparatura $B32$ to właściwie trzy aparatury, z których w cyklu pomiarowym może brać udział tylko jedna, wymaga wprowadzenia drobnej modyfikacji: Załóżmy, że mamy $\nabla = \{A_1, \ldots, A_n\}$ i niech A_{n-2}, A_{n-1}, A_n będą zbiorami odpowiadającymi aparaturom w sytuacji przedstawionej powyżej. Jeśli zbudujemy cykl pomiarowy odpowiadający zbiorowi stabilnemu dla rodziny $\nabla' = \{A_1, \ldots, A'_{n-2}\}$, gdzie $A'_{n-2} = A_{n-2} \cup A_{n-1} \cup A_n$, to tym samym w sposób oczywisty uwzględnimy własność systemu wspomnianą powyżej.

WYKAZ LITERATURY

1. Stanisław Sońta: Aparatura badań automatycznych *ABA*-3. Materiały konferencyjne SEP. Warszawa 5-6.X.1978 - Automatyzacja procesów badaniowych w telekomunikacji.

2. Materiał seminaryjny Zakładu Miernictwa i Automatyzacji Badań IŁ pt.: Formalizacja procesu badania łączy telefonicznych za pomocą aparatury systemu *ABA*-3. Opr. A. Waśniewski.

3. Mirsky L.: Transversal Theory. Seria Mathematics in Science and Engeneering 1971.

4. Berge C.: Graphs and hypergraphs. North Holland 1973, część druga pt. Hypergraphs.

D o t y c h c z a s   u k a z a ł y   s i ę :

1. Białobrzeski R., Sońta S.: Zastosowanie testu chi kwadrat Pearsona do weryfikacji hipotezy statystycznej na podstawie empirycznej gęstości prawdopodobieństwa. Grudzień 1977.
2. Blinkiewicz A., Mędrzycki B., Hutnik M., Sambierski R.: Zastosowanie pamięci kasetowej PK-1 do rejestracji danych w systemie komutacyjnym E-10. Styczeń 1978.
3. Orłowski A.: Optymalizacja układu ogranicznika dynamiki zwłaszcza dla radiofonii krótkofalowej. Luty 1978.
4. Frączek K.: Zasady opracowywania wymagań techniczno-eksploatacyjnych na urządzenia pomiarowe w resorcie łączności. Marzec 1978.
5. Białobrzeski R., Dudziewicz J.: Minimalna częstość próbkowania sygnału losowego przy pomiarze jego mocy średniej. Marzec 1978.
6. Lewandowski W.: Wprowadzenie komutacji teledacyjnych kanałów cyfrowych w powszechnej telefonicznej sieci komutacyjnej z centralami elektronicznymi E-10. Kwiecień 1978.
7. Dudziewicz J.: Ogólne wytyczne w sprawie prowadzeria i dokumentowania prac naukowo-badawczych wykonywanych w Instytucie Łączności. Kwiecień 1978.
8. Stagrowski A.: Metoda detekcji i pomiaru impulsów o maksymalnych i minimalnych czasach trwania w ciągu. Maj 1978.
9. Chamski J.: System CTI-B dla maszyny cyfrowej R-10. Maj 1978.
10. Puchalski E.: Kompensator napięcia stałego stosowany w układach do sprawdzania przetworników termoelektrycznych i mikropotencjometrów. Czerwiec 1978.

11. Kozłowski A.: Elektroniczny sygnalizator przywołania abonenta w aparacie telefonicznym CB. Wrzesień 1978.

12. Stasierski L.: Wyładowania łukowe w.cz. na izolatorach odciągów pionowych anten radiofonicznych. Październik 1978.

13. Walaszek S.: Zastosowanie uogólnionego rozwiązania układu o trzech stanach do analizy niezawodności. Styczeń 1979.

14. Sońta S.: Aparatura automatycznych badań sieci łączy międzymiastowych systemu ABA-3.

15. Godlewski P.: Język programowania badań w systemie ABA2 i ABA3. Marzec 1979.