

Bolodurina Irina Pavlovna, Doctor of Technical Science, Professor, the Head of Department of Applied Mathematics, Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation. Tel.: +73532372536. E-mail: prmat@mail.osu.ru.

Volkova Tatyana Victorovna, PhD in Technical Science, the Head of Department of Information Systems, Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation. Tel.: +73532372593. E-mail: tv@mail.osu.ru.

Ashcheulova Nadezhda Alekseevna, the Head of Sector of Database Systems, Orenburg State University. Tel.: +73532372593. E-mail: nadya@mail.osu.ru

References

1. Bolodurina I.P., Volkova T.V. Raspredeleonnaya obrabotka dannykh sredstvami avtomatizirovannykh sistem vuza [Distributed data processing means of the automated systems of the university]. *Programmnye produkty i sistemy*, 2011, no. 4, pp. 186–188.
2. Kite T. *Oracle dlii professionalov* [Oracle for professionals]. Moscow, Williams Publ., 2008. 848 p.
3. Feuerstein S., Pribyl B. *Oracle PL/SQL dlii professionalov* [Oracle PL/SQL for professionals]. St. Petersburg, Piter Publ., 2004. 941 p.

Received 06.03.2015

УДК 621.391.83.004: 621.395.374

РАСЧЕТ КОНТРОЛЬНЫХ ДОПУСКОВ НА ПАРАМЕТРЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Овсянников А.С.¹, Бузова М.А.²

¹Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ

²Самарский государственный университет путей сообщений, Самара, РФ

E-mail: oats23@mail.ru

Рассматривается методика расчета контрольных допусков на параметры динамического объекта по независимым параметрам с учетом памяти результатов контроля.

Ключевые слова: контроль, динамический объект, принятие решения, гарантийный допуск, контрольный допуск, память результатов контроля.

Введение

Контроль динамических объектов в зависимости от типа, назначения, сложности и т.д. может осуществляться по одному параметру или по нескольким параметрам. При контроле объекта в процессе эксплуатации принимается решение о его состоянии – допустить ли его к дальнейшей эксплуатации (работоспособен) или не допустить (неработоспособен). Такое решение осуществляется по результатам измерения параметров динамического объекта.

В соответствии с этим процесс контроля состоит из двух этапов: измерение параметров и принятие решения по результатам измерений. При расчете контрольных допусков на параметры объекта в статье учитываются следующие допущения:

- в качестве моделей процессов изменения во времени параметров динамического объекта для целей контроля принимаются стационарные нормальные случайные процессы;

- наблюдаемый при измерении каждого параметра процесс является аддитивной смесью истинного значения параметра и ошибок измерителя;
- процессы изменения во времени каждого параметра и ошибок измерителя независимы друг от друга;
- существует память в результатах измерения каждого параметра.

Постановка задачи

Предположим, что параметры динамического объекта независимы друг от друга и для каждого параметра определено поле гарантийного допуска $\Delta_1^{(i)}; \Delta_2^{(i)}$ (допуска, определяемого соответствующими нормами и ГОСТ). С учетом этих условий за обобщенный показатель качества W динамического объекта принимается произведение характеристических функций полей гарантийных допусков [1]:

$$W = \prod_{i=1}^N l_i(U_i), \quad (1)$$

где N – общее количество параметров, по которым контролируется объект; $l_i(U_i)$ – характеристическая функция поля гарантийного допуска i -го параметра, причем считается, что при $l_i(U_i) = 1$ – объект работоспособен, при $l_i(U_i) = 0$ – объект неработоспособен;

$$l_i(U_i) = \begin{cases} 1, & \text{при } U_i \in [\Delta_1^{(i)}; \Delta_2^{(i)}]; \\ 0, & \text{при } U_i \notin [\Delta_1^{(i)}; \Delta_2^{(i)}], \end{cases} \quad i = \overline{1, N}; \quad (2)$$

где U_i – оценка i -го параметра, полученная при измерении; $\Delta_1^{(i)}; \Delta_2^{(i)}$ – нижняя и верхняя границы поля гарантийного допуска i -го параметра.

Для идеального случая, когда не учитывается случайный характер изменения во времени параметров объекта, конечное время измерения и ошибки измерительного прибора, правило принятия решения при контроле объекта по N параметрам будет иметь вид

$$\begin{cases} Y = 1, & \text{если } W = 1; \\ Y = 0, & \text{если } W = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где Y – принимаемое при контроле объекта решение: при $Y = 1$ – канал работоспособен; при $Y = 0$ – канал неработоспособен.

Однако в реальности необходимо считаться с ошибками измерений, конечным временем наблюдения за параметрами и случайным характером изменения во времени значений параметров. В этом случае оптимальное, по критерию минимума среднего риска, правило принятия решения будет иметь вид [1]

$$\begin{cases} Y^* = 1, & \text{если } \prod_{i=1}^N p_i^*(x_i) \geq \frac{1}{1+C}; \\ Y^* = 0, & \text{если } \prod_{i=1}^N p_i^*(x_i) < \frac{1}{1+C}, \end{cases} \quad (4)$$

где Y^* – принимаемое решение при оптимальном, по критерию минимума среднего риска, правиле принятия решений; $p_i^*(x_i)$ – апостериорная вероятность нахождения i -го параметра в поле контрольного допуска при условии наблюдения процесса x_i (истинного значения параметра в смеси с ошибками измерения); C – параметр, определяемый потерями:

$$C = \frac{\Pi_{10} - \Pi_{11}}{\Pi_{01} - \Pi_{00}}, \quad (5)$$

где Π_{10} – потери для случая, когда канал работоспособен, а принимается решение о его неработоспособности; Π_{01} – потери для случая, когда канал неработоспособен, а принимается решение о его работоспособности; Π_{11}, Π_{00} – потери при правиль-

ных решениях для случаев, когда канал работоспособен и неработоспособен соответственно.

При $\Pi_{00} = \Pi_{11} = 0$ и $\Pi_{10} = \Pi_{01} = 1$ величина $C = 1$. Для практического применения правило принятия решения (4) можно заменить на более простое [1]

$$\begin{cases} Y^* = 1, & \text{если } U_i^* \in [\Delta_1^{*(i)}; \Delta_2^{*(i)}]; \\ Y^* = 0, & \text{если } U_i^* \notin [\Delta_1^{*(i)}; \Delta_2^{*(i)}], \end{cases} \quad i = \overline{1, N}; \quad (6)$$

где U_i^* – оценка i -го параметра канала; $\Delta_1^{*(i)}; \Delta_2^{*(i)}$ – нижняя и верхняя границы поля контрольного допуска i -го параметра.

Значения полей контрольных допусков для каждого параметра определяются решением уравнения

$$\prod_{i=1}^N p_i^*(x_i) = \frac{1}{1+C}, \quad (7)$$

Следовательно, основной задачей синтеза оптимальной системы контроля является определение полей контрольных допусков, которые вычисляются по формуле (7). Рассмотрим решение этой задачи для двух случаев: контроль по независимым параметрам и учет памяти результатов контроля объекта.

Контроль объекта по независимым параметрам без памяти

В качестве модели процесса контроля по N независимым параметрам динамического объекта в [3] предложена модель сложного процесса испытания при независимых частичных испытаниях [4]. С учетом этого предложения правило принятия решения будет иметь вид

$$\begin{cases} Y^* = 1, & \text{если } \bigcap \left\{ U_i^* \in [\Delta_1^{*(i)}; \Delta_2^{*(i)}] \right\}; \\ Y^* = 0, & \text{если } \bigcup \left\{ U_i^* \notin [\Delta_1^{*(i)}; \Delta_2^{*(i)}] \right\}, \end{cases} \quad i = \overline{1, N}; \quad (8)$$

где обозначения соответствуют (6). Значения контрольных допусков для каждого параметра объекта определяются решением уравнений

$$\begin{aligned} p_1^*(x_1) &= \frac{1}{1+C_1}; \quad p_2^*(x_2) = \frac{1}{1+C_2}; \\ \dots \quad p_N^*(x_N) &= \frac{1}{1+C_N}, \end{aligned} \quad (9)$$

где $p_i^*(x_i)$ – апостериорная вероятность нахождения i -го параметра в поле контрольного допуска, при условии наблюдения процесса изменения

значений параметра во времени [5]; C_i – параметр, определяемый обобщенными потерями при принятии конкретных решений по i -му параметру $i = 1; 2 \dots N$.

Контроль объекта по независимым параметрам с памятью

Часто при автоматическом контроле динамических объектов интервал измерения параметра (при контроле по одному параметру) T_k меньше интервала автокорреляции τ_u процесса изменения значений параметра во времени. В таких случаях при измерениях значений параметров объекта необходимо учитывать избыточность получаемой при измерениях информации о значении измеряемого параметра. В этом случае величина относительного нормированного контрольного допуска на каждый параметр объекта рассчитывается по формулам [4]

$$\begin{aligned}\bar{\Delta}_k^{(n)} &= \bar{\Delta}_k + (\bar{\Delta}_{k-1}^{(n)} * R_1(\tau)); \\ \bar{\Delta}_{k-1}^{(n)} &= \bar{\Delta}_{k-1} + (\bar{\Delta}_{k-2}^{(n)} * R_2(\tau)); \\ \bar{\Delta}_{k-2}^{(n)} &= \bar{\Delta}_{k-2} + (\bar{\Delta}_{k-3}^{(n)} * R_3(\tau)); \\ &\dots\dots\dots \\ \bar{\Delta}_{k-l}^{(n)} &= \bar{\Delta}_{k-l} + (\bar{\Delta}_{k-l-1}^{(n)} * R_l(\tau)),\end{aligned}\quad (10)$$

где $\bar{\Delta}_k^{(n)}$ – нормированный контрольный допуск в k -ый момент времени с учетом памяти n -го порядка; $\bar{\Delta}_k$ – нормированный контрольный допуск в k -ый момент времени без учета памяти; $\bar{\Delta}_{k-l}^{(n)}$ – нормированный контрольный допуск в $(k-l)$ -ый момент времени с учетом памяти $(n-l)$ -го порядка, $l = 0; 1 \dots \infty$; $R_k(\tau)$ – избыточность величины контрольного допуска в моменты времени k .

Расчет контрольных допусков

Рассмотрим методику расчета контрольного допуска на один параметр динамического объекта. При этом в качестве модели процесса изменения во времени параметра динамического объекта для целей контроля принимается стационарный нормальный случайный процесс. Принятие такой модели для большинства реальных объектов обоснованно, так как на параметры динамических объектов влияет большое количество факторов. Апостериорная вероятность нахождения параметра в поле гарантийного допуска $\Delta_1^{(i)}; \Delta_2^{(i)}$, входящего в (2), равна интегралу от апостериорной плотности вероятности, взятому с пределами $\Delta_1^{(i)}$ и $\Delta_2^{(i)}$:

$$p_1^*(A^*) = \int_{\Delta_1^{(i)}}^{\Delta_2^{(i)}} f^*(a/A^*) da,$$

где $f^*(a/A^*)$ – апостериорная плотность вероятности параметра.

Для определения апостериорной плотности вероятности параметра введем следующие предположения, которые при автоматическом контроле канала выполняются достаточно точно:

- наблюдаемый при измерении параметра процесс является аддитивной смесью истинного значения параметра и ошибок измерителя;
- процессы изменения во времени параметра и ошибок измерителя независимы друг от друга.

Независимость процессов изменения во времени остаточного затухания и ошибок измерителя обеспечивается достижением линейности электрических схем измерителя.

Одномерная плотность вероятности параметра принимается распределенной по нормальному закону. Вследствие большого числа составляющих общей ошибки измерителя одномерная плотность вероятностей процесса изменения во времени его ошибок можно аппроксимировать нормальным законом.

При этих условиях апостериорная плотность вероятности остаточного затухания будет распределена по нормальному закону [1]

$$f^*(a/A^*) = \frac{1}{\sqrt{2\pi D^*}} \exp\left\{-\frac{(a-A^*)^2}{2D^*}\right\}, \quad (11)$$

где A^* – апостериорное математическое ожидание параметра; D^* – апостериорная дисперсия. В выражении (11) A^* является оптимальной оценкой остаточного затухания при измерениях:

$$A^* = \frac{m}{1+V} + \frac{V}{1+V} * \frac{1}{T} \int_0^T \alpha(\tau) d\tau, \quad (12)$$

где m – априорное математическое ожидание параметра; V – отношение «сигнал/помеха» при контроле параметра, где в качестве сигнала понимается процесс изменения истинного значения параметра, а в качестве помехи – ошибки измерителя; T – время наблюдения за параметром при измерении; $\alpha(\tau)$ – наблюдаемая на интервале времени $0, T$ смесь истинного значения параметра с ошибками измерителя.

Учитывая, что при контроле динамического объекта на практике часто оценивается не абсолютное значение параметра, а его отклонение от номинального значения, априорное математическое ожидание в (12) равно нулю, и можно записать [5]

$$A^* = \frac{V}{1+V} * \frac{1}{T} \int_0^T \alpha(\tau) d\tau. \quad (13)$$

Апостериорная дисперсия в (11) определяется по формуле:

$$D^* = \frac{D}{1+V}, \quad (14)$$

где D – априорная дисперсия параметра.

В выражениях (13) и (14) значение V рассчитывается по формуле [5]

$$V = \frac{DT}{\Gamma_N}, \quad (15)$$

где Γ_N – дисперсия ошибок измерителя. Подставляя (11) в (10), получаем

$$p_1^*(A^*) = \int_{\Delta_1^{(1)}}^{\Delta_2^{(1)}} \frac{1}{\sqrt{2\pi D^*}} \times \exp\left\{-\frac{(a-A^*)^2}{2D^*}\right\} da = \Phi\left(\frac{\Delta_2^{(1)} - A^*}{\sqrt{D^*}}\right) - \Phi\left(\frac{\Delta_1^{(1)} - A^*}{\sqrt{D^*}}\right), \quad (16)$$

где $\Phi(x)$ – интеграл вероятности [2]. Введем: – относительные величины допусков

$$\bar{\Delta}_1^{(1)} = \frac{\Delta_1^{(1)}}{\sqrt{D^*}}; \quad \bar{\Delta}_2^{(1)} = \frac{\Delta_2^{(1)}}{\sqrt{D^*}}; \quad (17)$$

– относительную оценку параметра

$$A^* = \frac{A^*}{\sqrt{D^*}}; \quad (18)$$

– относительное значение переменной интегрирования

$$\bar{a} = \frac{a}{\sqrt{D^*}}. \quad (19)$$

С учетом этого уравнение (22) примет вид $p_1^*(A^*) = \Phi(\bar{\Delta}_2^{(1)} - A^*) - \Phi(\bar{\Delta}_1^{(1)} - A^*)$. Введем коэффициент асимметрии поля допуска k ; тогда «верхний» допуск будет равен $k\bar{\Delta}^{(1)}$, «нижний» допуск: $-\bar{\Delta}^{(1)}$, причем

$$\begin{cases} k\bar{\Delta}^{(1)} = \bar{\Delta}_2^{(1)}; \\ -\bar{\Delta}^{(1)} = \bar{\Delta}_1^{(1)}. \end{cases} \quad (20)$$

На рис. 1 поясняется принцип введения коэффициента асимметрии k для допуска на параметр.

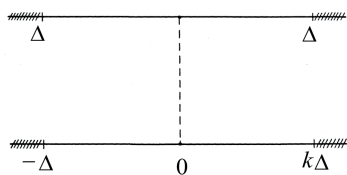


Рис. 1. К введению коэффициента асимметрии k для допуска на параметр

Окончательное выражение для $p_1^*(A^*)$ будет иметь вид:

$$p_1^*(A^*) = \Phi(k\bar{\Delta}^{(1)} - A^*) + \Phi(\bar{\Delta}^{(1)} - A^*) - 1. \quad (21)$$

Подставляя полученное выражение в формулу [1] $p^*(x) = \frac{1}{1+c}$, получаем уравнение для определения относительного контрольного допуска на остаточное затухание

$$\Phi(k\bar{\Delta}^{(1)} - \bar{\Delta}^{(1)*}) + \Phi(\bar{\Delta}^{(1)} + \bar{\Delta}^{(1)*}) - 1 = \frac{1}{1+C}, \quad (22)$$

где $\bar{\Delta}^{(1)*}$ – величина относительного контрольного допуска.

Для определения контрольного допуска на параметр по формуле (17) вычисляется значение относительного гарантийного допуска по известному гарантийному допуску; в общем случае определяется также значение коэффициента асимметрии поля допуска k .

Далее, исходя из условий эксплуатации динамического объекта, определяются численные значения потерь Π_{10} , Π_{01} , Π_{11} , Π_{00} и вычисляется величина C . Значение относительного контрольного допуска определяется путем решения уравнения (22) относительно $\bar{\Delta}^{(1)*}$. Значения полей контрольных допусков $\bar{\Delta}_1^{(1)*}$ и $\bar{\Delta}_2^{(1)*}$ вычисляются согласно (17) и (18) с учетом коэффициента асимметрии поля допуска k , если поле контрольного допуска несимметрично.

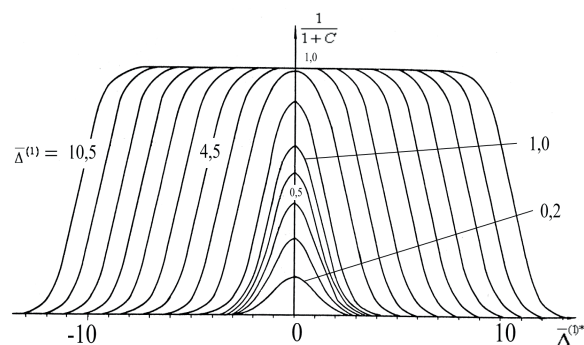


Рис. 2. Функция контрольного допуска $\bar{\Delta}^{(1)*}$ при различных значениях гарантийного допуска $\bar{\Delta}^{(1)}$

На рис. 2 приведены графики зависимости функции (21) при различных значениях относительного гарантийного допуска $\bar{\Delta}^{(1)}$ и при $k = 1$. Как видно из этого рис. 2, эта функция монотонная в области от $A^* = 0$ в положительную (или отрицательную) сторону, что позволяет решить уравнение (22) путем нахождения минимума функции

$$\Phi\left(k\bar{\Delta}^{(1)} - \bar{\Delta}^{(1)*}\right) + \Phi\left(\bar{\Delta}^{(1)} + \bar{\Delta}^{(1)*}\right) - 1 - \frac{1}{1+C} = 0 \quad (23)$$

в диапазоне от $\bar{A}^* = 0$ до ∞ и $-\infty$ итерационным методом на ЭВМ. С достаточной для практики точностью контрольные допуски при $k = 1$ можно определить по графикам (см. рис. 2). Значение относительного контрольного допуска определяется на пересечении горизонтальной линии, соответствующей величине $1/(1+C)$, с кривой, соответствующей заданной величине относительного гарантийного допуска $\bar{\Delta}^{(1)}$. Далее, с учетом формул (10), вводятся поправки в величины контрольных допусков на параметры объекта в тех случаях, когда необходимо учитывать память, а именно когда интервал измерения i -го параметра T_k меньше интервала автокорреляции t_u процесса изменения значений параметра во времени.

Выводы

Приводятся теоретические основы расчета контрольных допусков на независимые параметры динамического объекта при его контроле с учетом памяти результатов контроля.

Дана методика расчета контрольных допусков. При этом память не учитывается, но в эти допуски можно внести поправки для учета памяти.

Овсянников Александр Сергеевич, к.т.н., доцент Кафедры информационных систем и технологий (ИСТ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. 8-917-817-48-07. E-mail: oats23@mail.ru

Бурова Мария Александровна, аспирант кафедры ИСТ Самарского государственного университета путей сообщений. Тел. 8-917-109-40-26. E-mail: mb612@rambler

COMPUTING OF ACCEPTANCE TOLERANCE FOR DYNAMIC OBJECT PARAMETERS

Ovsyannikov, A.C., Burova M.A.

¹*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation*

²*Samara State Railway University, Samara, Russian Federation*

E-mail: oats23@mail.ru

We described method for computing of acceptance tolerance for dynamic objects via independent parameters and by taking into account the memory of control results. The first and second paragraphs are devoted to theoretical background and problem statement. The last paragraph illustrates computing of acceptance tolerance for object parameters under the following suppositions. Stationary, normal and random processes are considered as models of parameter varying in time with regards to dynamical object. Any process is observed during the every parameter variation, and it is considered as an additive mixture of true value and measurement error. Processes of parameter variation in time and measurement error are independent. Every measurements of parameters are saved in memory.

Keywords: control, dynamic object, decision making, guaranteed tolerance, acceptance tolerance, memory of the control results

DOI: 10.18469/ikt.2015.13.3.17

Литература

1. Бурова М.А., Косолапов А.М., Овсянников А.С. Схема принятия решения для контроля многопараметрического динамического объекта // Материалы XIX РНТК ПГУТИ. Самара, 2012. – С. 223-224.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). М.: Наука, 1978. – 531 с.
3. Бурова М.А., Косолапов А.М., Овсянников А.С. Контроль динамического объекта по независимым параметрам // Вестник транспорта Поволжья. №1 (37), 2013. – С. 58-61.
4. Бурова М.А., Косолапов А.М., Овсянников А.С. Контроль однопараметрического динамического объекта с памятью // ИКТ. Т.12, №2, 2014. – С. 86-88.
5. Овсянников А.С. Разработка метода автоматического контроля каналов тональной частоты. Автореф. дисс. к.т.н. М.: МЭИС, 1983. – 16 с.

Получено после доработки 05.06.2015

Ovsyannikov Aleksandr Sergeevich, PhD in Technical Science, Associated Professor of the Department of Information Systems and Technology, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation. Tel.: +79178174807. E-mail: oats23@mail.ru

Burova Maria Aleksandrovna, postgraduate student, the Department of Information Systems and Technology, Samara State Railway University, Samara, Russian Federation. Tel.: +79171094026. E-mail: mb612@rambler

References

1. Burova M.A., Kosolapov A.M., Ovsyannikov A.S. Shema prinyatiya resheniya dlya kontrolya mnogoparametricheskogo dinamicheskogo obekta [Decision plan for controlling multivariable dynamic object]. *Materialy XIX RNTK PGUTI*. Samara, 2012, pp. 223-224.
2. Korn G., Korn T. *Spravochnik po matematike (dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov)* [Handbook of mathematics (for scientists and engineers)]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 531 p.
3. Burova M.A., Kosolapov A.M., Ovsyannikov A.S. Kontrol dinamicheskogo obekta po nezavisimym parametram [Monitoring a dynamic object using independent parameters]. *Vestnik transporta Povolzhya*, 2013, no. 1, pp. 58-61.
4. Burova M.A., Kosolapov A.M., Ovsyannikov A.S. Kontrol odnoparametricheskogo dinamicheskogo obekta s pamyaty [Control of one-parameter dynamic object with memory]. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2014, vol. 12, no. 2, pp. 86-88.
5. Ovsyannikov A.S. *Razrabotka metoda avtomaticheskogo kontrolya kanalov tonalnoy chastoty* [Development of a method of voice channels automatic control]. Avtoref. diss. kand. techn. nauk, Moscow, MEIS, 1983.

Received 05.06.2015

УДК 004.7

ЛАБОРАТОРНАЯ СРЕДА ДЛЯ АНАЛИЗА РАБОТЫ ПРОТОКОЛА X11

Кубалиев Ж.М., Ружников В.А.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ

E-mail: kubalievzh@gmail.com

В статье рассматривается проблема построения лабораторной среды с целью анализа графического протокола X11 оконной системы X Windows, которая является стандартом оконных систем в Unix-подобных операционных системах.

Ключевые слова: протокол X11, система X Windows.

Введение

Особенностью графической оконной системы X Windows является клиент-серверная архитектура, использующая для взаимодействия сетевой протокол X11. Как следствие удачно реализованной архитектуры появляется возможность запуска приложений локально на терминале клиента, так и удаленно на сервере с выводом графической информации на дисплей терминала удаленного клиента.

Однако различные варианты используемого на сервере программного обеспечения требуют различных условий по пропускной способности сети, в которой планируется использование клиентских терминалов. На текущий момент нет готовых решений, предназначенных для анализа протокола X11. В связи с этим в данной статье

описан метод построения сетевой среды для анализа работы протокола X11 с целью дальнейшего изучения его работы.

Оконная система X Windows использует протокол X11 для взаимодействия графического X сервера с X клиентами. В основе алгоритма работы лежит множественный контроль этапов работы (см. рис.1).

Анализ работы протокола X11

Для сбора статистических данных была разработана лабораторная среда (рис.2):

- настроены виртуальные машины клиента и сервера на базе ОС GNU/Linux;
- установлен и настроен шлюз между клиентом и сервером (по технологии WANem);
- настроена система X Windows для передачи проходящего между клиентом и сервером трафика;