

**СПб ГУТ )))**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Направление подготовки**

**09.06.01**

**ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

**дисциплина**

**Высокопроизводительные технологии  
информационных инфраструктур**

СПб ГУТ)))

**ОТОБРАЖЕНИЕ СИСТЕМНО-  
АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЛОКАЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА  
УПРАВЛЕНИЯ НА  
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ  
ПЛАТФОРМЫ**

**Объект управления качеством – локальный  
интерфейс управления технологии FRAME  
RELAY**

## Технология Frame Relay

- **Стандарт ANSI T1.617 :**
- логические и процедурные характеристики LMI;
- диапазоны параметров для синхронизации процедур управления;
- не определяет качество.
  
- **Преимущества Frame Relay:**
- высокоскоростное соединение локальных сетей,
- снижение стоимости передачи информации из локальной сети в глобальную,
- уменьшение времени задержки при передаче информации через сеть.

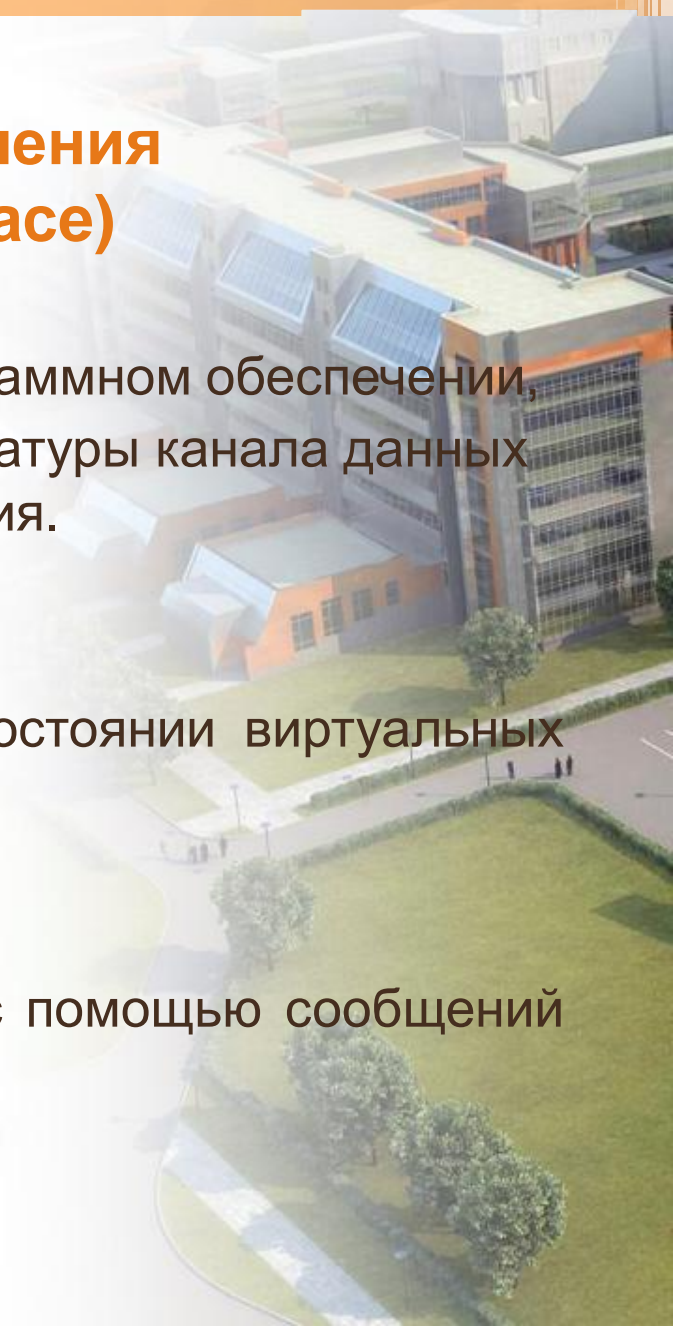
### Недостатки:

- Frame Relay определяет лишь базовый механизм передачи данных;
- не предполагает никакого механизма локального управления и контроля за состоянием связи.

## Локальный интерфейс управления LMI (Local Management Interface)

### LMI:

- применяется в оконечном аппаратно-программном обеспечении,
- выполняет последовательный опрос аппаратуры канала данных для подтверждения целостности соединения.
  
- **Необходимость:**
- оперативное получение информации о состоянии виртуальных соединений;
- своевременное управление сетью.
  
- LMI проверяет целостность соединения с помощью сообщений двух типов:
- «Запрос состояния»,
- «Состояние».



# СПб ГУТ)))

## Локальный интерфейс управления LMI (Local Management Interface)

- **Алгоритм:**

- 1. Оконечное оборудование периодически запрашивает через интерфейс LMI состояние сети: через определенный временной интервал **T391** посылает в сеть сообщение «Запрос состояния».
- 2. Сеть отвечает сообщением «Состояние», содержащем информацию о целостности соединения.
- 3. Интерфейс LMI ведет подсчет числа опросов. По достижении какого-то числа переданных сообщений «Запрос состояния» **N391** оконечное оборудование запрашивает у сети информацию о полном состоянии, также используя сообщение «Запрос состояния».
- 4. Аппаратура отвечает сообщением «Состояние».

- **Международные обозначения:**

- T391 – временной интервал опроса (отправки «Запроса состояния»).
- N391 – количество отправленных сообщений «Запрос состояние», при достижении которого отправляется запрос о полном состоянии.
- T392 – временной регламент отправки сообщения ( $T392 > T391$ ).
- N392 – максимально допустимое число ошибок.
- N393 – установленный период подсчета ошибок.

# СПб ГУТ)))

## Локальный интерфейс управления LMI (Local Management Interface)

- **Ошибки, обнаруженные аппаратурой канала данных:**
- прием кадра LMI, информирующего о целостности связи, с неправильным порядковым номером (не соответствующим порядковому номеру последнего переданного кадра);
- сообщение «Запрос состояния» не принято по истечении тайм-аута (этот интервал имеет международное обозначение **T392** и должен быть больше, чем **T391**).
  
- **Ошибки, обнаруженные оконечным оборудованием:**
- прием кадра LMI, информирующего о целостности соединения, с неправильным порядковым номером (не соответствующим порядковому номеру последнего переданного кадра);
- сообщение «Состояние» не принято по истечении временного интервала **T391** – после передачи сообщения «Запрос состояния».

Если для **N393** отправленных сообщений количество ошибок превышает заданный порог **N392**, определяется временная неготовность канала, передача данных прекращается.

## Локальный интерфейс управления LMI (Local Management Interface)

- **Стратегия LMI** – обнаружение нарушений целостности виртуальных соединений.
- → Выбираемые показатели качества должны учитывать факт появления дефекта в процессе реализации контрольных процедур.
- $k_0$  – любой момент времени, в который состояние соединения может измениться.
- $k^*$  – момент времени, в которой принимается решение (при обнаружении нарушения целостности соединения).
- $p_{k^*/k_0}$  – вероятность принятия решений относительно момента времени  $k_0$ .
- **Принимается решение о появлении дефекта:**
  - $k^* < k_0$  – ложная тревога (ложное обнаружение);
  - $k^* > k_0$  – нарушение целостности соединения обнаружено с запаздыванием ( $k^* - k_0$ ).

В

- Птицына Л. К., Шikuнов Д.А. Математическое обеспечение локального интерфейса управления технологии Frame Relay // Научно-технические ведомости СПбГПУ 3' 2008. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та. 2008. С. 271-278.
- Птицына Л. К., Шikuнов Д.А. Расширение функциональной спецификации математического обеспечения локального интерфейса управления технологии Frame Relay // Научно-технические ведомости СПбГПУ 4' 2008. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та. 2008. С. 139-146.

раскрывается математическое обеспечение локального интерфейса управления, позволяющего выявить характер зависимости его качества от параметров контрольных процедур и решить задачу выбора наилучшего их сочетания на уровне каждого отдельного виртуального соединения.



### **Цель исследований:**

развитие математического и программного обеспечения локального интерфейса управления LMI посредством формализации мониторинга цифровых трактов связи на базе параллельной обработки результатов оценки состояния виртуальных соединений, расширяющей известные представления об его процедурных характеристиках, и разработки метода определения динамических характеристик сопутствующего программного обеспечения.

Для оценки динамических характеристик программного обеспечения систем мониторинга выбираются две итоговые плотности распределения вероятностей времени:

- 1) плотность распределения вероятностей времени запаздывания в обнаружении нарушений в полном статусе связи;
- 2) плотность распределения вероятностей времени ложного обнаружения нарушений в полном статусе связи.

$$f_s(k_s) \quad f_f(k_f)$$

- 1) вероятность обнаружения нарушений в полном статусе за время, не превышающее заданное ;
- 2) вероятность ложного обнаружения нарушений в полном статусе за время, превышающее заданное ;
- 3) среднее время запаздывания в обнаружении нарушений в полном статусе связи;
- 4) среднее время ложного обнаружения нарушений в полном статусе связи

$$P(k_s \leq N_1) \quad P(k_f > N_2) \quad E(k_s) \quad E(k_f)$$

Показатели качества локального интерфейса управления (обозначения)

$k_s$

– дискретное время запаздывания в обнаружении нарушений в полном статусе связи;

$k_f$

– дискретное время ложного обнаружения нарушений в полном статусе связи;

$N_1, N_2$

– ограничения для рассматриваемых дискретных времен, вводимые исходя из практических соображений.

## Показатели качества локального интерфейса управления (обозначения)

Посредством аналитического моделирования находятся:

- аналитические соотношения для определения средних времен запаздывания в обнаружении нарушений в целостности виртуальных соединений в зависимости от конкретных алгоритмов обработки результатов прохождения контрольных кадров;
- аналитические соотношения для определения средних времен ложного обнаружения указанных событий в зависимости от конкретных алгоритмов обработки результатов прохождения контрольных кадров;
- количество виртуальных соединений.

$$\overline{N_{iz}}$$

$$\overline{N_{il}}$$

$$i = 1, 2, \dots, I$$

Вводится гипотеза об экспоненциальном распределении времен принятия решений:

$$f_{is}(k_{is}) = \begin{cases} \frac{1}{N_{iz}} e^{\frac{-k_{is}}{N_{iz}}}, & \text{если } k_{is} > 0 \\ 0, & \text{если } k_{is} \leq 0 \end{cases}$$

– плотность распределения вероятностей времени запаздывания в обнаружении нарушения целостности  $i$ -го виртуального соединения;

$$f_{if}(k_{if}) = \begin{cases} \frac{1}{N_{il}} e^{\frac{-k_{if}}{N_{il}}}, & \text{если } k_{if} > 0 \\ 0, & \text{если } k_{if} \leq 0 \end{cases}$$

– плотность распределения вероятностей времени ложного обнаружения нарушения целостности  $i$ -ого виртуального соединения.

### ПРОФИЛЬ 1:

принятие решения при выборочном накоплении результатов анализа процессов прохождения контрольных кадров с детерминированным периодом обнуления решающей функции второго уровня.

### **ПРОФИЛЬ 2:**

принятие решения при выборочном накоплении результатов анализа процессов прохождения контрольных кадров со случайным периодом обнуления решающей функции второго уровня.



СПб ГУТ)))

Профили принятия решений  
на уровне каждого отдельного виртуального соединения

### **ПРОФИЛЬ 3:**

принятие решения при  
скользящем накоплении  
результатов анализа процессов  
прохождения контрольных  
кадров.

$$\overline{N_{il}} = \frac{N393}{P_L}$$

$$P_L \approx \frac{(1-p_1) \frac{N392}{N393}}{\frac{N392}{N393} - p_1} \frac{1}{\sqrt{2\pi N392 \left(1 - \frac{N392}{N393}\right)}} e^{-N393 D(p_1, N392, N393)}$$

$$D(p_1, N392, N393) = \frac{N392}{N393} \ln\left(\frac{p_1 N393}{N392}\right) - \left(1 - \frac{N392}{N393}\right) \ln\left(\frac{1-p_1}{1 - \frac{N392}{N393}}\right)$$

$$\overline{N_{iz}} = \frac{1}{N393} \left\{ \sum_{i=1}^{N393} \left[ p_i''(N393-i) + (1-p_i'') \sum_{k=1}^{\infty} ((k+1)N393-i)(1-p_0^{(2)})^{k-1} p_0^{(2)} \right] \right\}$$

$$p_i' = \frac{1}{N393} p_i''$$

$$P_0 = \sum_{i=1}^{N393} p_i'$$

$$p_0^{(2)} = \sum_{i=N392}^{N393} C_{N393}^i p_2^i (1-p_2)^{N393-i}$$

$P_i$ 

– вероятность того, что время запаздывания определяется соотношением

$$N_{iz} = N393 - i$$

в случае, когда дефект обнаруживается в том цикле накопления, в котором он появился;

 $P_0$ 

– вероятность обнаружения нарушения целостности соединения в текущем цикле накопления, которому принадлежит момент времени его появления;

 $P^{(2)}$ 

– вероятность обнаружения нарушения целостности соединения в любом очередном цикле накопления, отличном от текущего цикла;

 $P_1$ 

– вероятность приема некорректного кадра или его отсутствие по истечении временного интервала тайм-аута;

$P_2$

– вероятность получения некорректного кадра или неполучения соответствующего кадра по истечении временного интервала тайм-аута;

$P_i'$

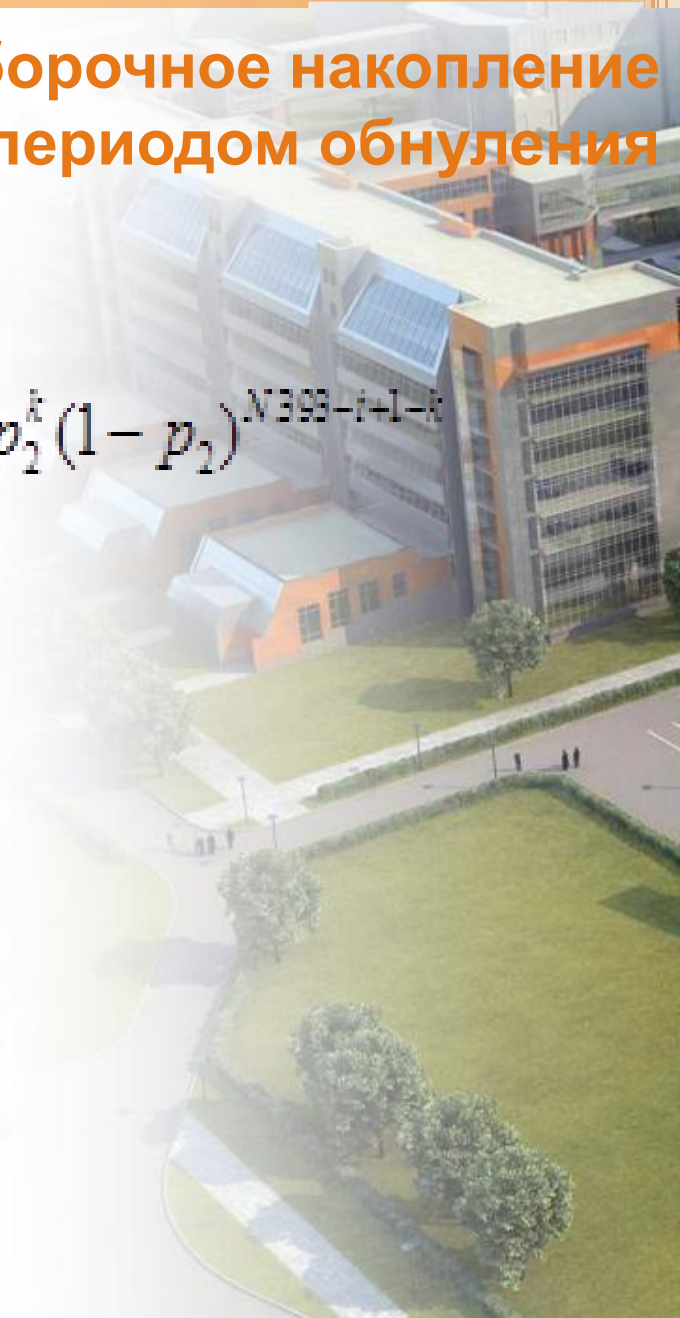
– выражения для определения вероятности раскрываются в:

Птицына Л. К., Шikuнов Д.А. Математическое обеспечение локального интерфейса управления технологии Frame Relay // Научно-технические ведомости СПбГПУ 3' 2008. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та. 2008. С. 271-278.

$$p_i' = \frac{1}{N393} \sum_{j=0}^{i-1} C_{i-1}^j p_1^j (1-p_1)^{i-1-j} \sum_{k=N392-j}^{N393-i+1} C_{N393-i+1}^k p_2^k (1-p_2)^{N393-i+1-k}$$

При  $i \in [1, N393 - N392 + 1]$ , если  $N392 \geq \frac{N393}{2} + 1$

или при  $i \in [1, N392]$ , если  $N392 < \frac{N393}{2} + 1$



$$p_i' = \frac{1}{N393} \left[ \sum_{j=0}^{N392-1} C_{i-1}^j p_1^j (1-p_1)^{i-1-j} \sum_{k=N392-j}^{N393-i+1} C_{N393-i+1}^k p_2^k (1-p_2)^{N393-i+1-k} + \sum_{j=N392}^{i-1} C_{i-1}^j p_1^j (1-p_1)^{i-1-j} \right]$$

при  $i \in [N392+1, N393-N392+1]$ , если  $N392 < \frac{N393}{2} + 1$

$$p_i' = \frac{1}{N393} \sum_{j=N392-N393+i-1}^{i-1} C_{i-1}^j p_1^j (1-p_1)^{i-1-j} \sum_{k=N392-j}^{N393-i+1} C_{N393-i+1}^k p_2^k (1-p_2)^{N393-i+1-k}$$

при  $i \in [N393-N392+2, N392]$ , если  $N392 \geq \frac{N393}{2} + 1$

## Выборочное накопление с детерминированным периодом обнуления

$$p_i' = \frac{1}{N393} \left[ \sum_{j=N392-N393+i-1}^{N392-1} C_{i-1}^j p_1^j (1-p_1)^{i-1-j} \sum_{k=N392-j}^{N393-i+1} C_{N393-i+1}^k p_2^k (1-p_2)^{N393-i+1-k} + \sum_{j=N392}^{i-1} C_{i-1}^j p_1^j (1-p_1)^{i-1-j} \right]$$

при  $i \in [N392+1, N393]$ , если

$$N392 \geq \frac{N393}{2} + 1$$

или при  $i \in [N393-N392+2, N393]$ , если

$$N392 < \frac{N393}{2} + 1$$

Предполагается равномерное распределение момента времени появления дефекта в пределах цикла накопления и учитывается выражение для бинома Ньютона:

$$\sum_{k=0}^{N393-i+1} C_{N393-i+1}^k p_2^k (1-p_2)^{N393-i+1-k} = 1$$



С учетом бинома Ньютона внутренние суммы могут представляться в виде:

$$\sum_{k=N392-j}^{N393-i+1} C_{N393-i+1}^k p_2^k (1-p_2)^{N393-i+1-k} = 1 - P(N393-i+1, N392-j-1; p_2)$$

При  $\frac{N392-j}{N393-i+1} < p_2$ ,  $(N392-j) \gg 1$ ,  $(N393-i+1) \gg 1$  для вычисления значений

$P(N393-i+1, N392-j-1; p_2)$  можно воспользоваться

асимптотической формулой:

$$P(N393-i+1, N392-j-1, p_2) \approx \frac{(1-p_2) \cdot \frac{N392-j}{N393-i+1}}{p_2 - \frac{N392-j}{N393-i+1}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot (N392-j) \cdot (1 - \frac{N392-j}{N393-i+1})}} \cdot e^{-\frac{(N393-i+1) \cdot D(p_2, \frac{N392-j}{N393-i+1})^2}{2 \cdot (N392-j) \cdot (1 - \frac{N392-j}{N393-i+1})}}$$

$$D\left(p_2, \frac{N392-j}{N393-i+1}\right) = -\frac{N392-j}{N393-i+1} \ln \frac{p_2}{\frac{N392-j}{N393-i+1}} - \left(1 - \frac{N392-j}{N393-i+1}\right) \ln \frac{1-p_2}{1 - \frac{N392-j}{N393-i+1}}$$

Когда

$$p_2 < \frac{N392-j}{N393-i+1}, \quad (N392-j) \gg 1, \quad (N393-i+1) \gg 1$$

$$P(N393-i+1, N392-j-1, p_2) \approx 1 - \frac{(1-p_2) \frac{N392-j}{N393-i+1}}{\frac{N392-j}{N393-i+1} - p_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi (N392-j) \left(1 - \frac{N392-j}{N393-i+1}\right)}} \cdot e^{-\frac{(N393-i+1) D\left(p_2, \frac{N392-j}{N393-i+1}\right)}{2}}$$

При

$$\frac{N392-j}{N393-i+1} = p_2, \quad P(N393-i+1, N392-j-1, p_2) \approx 0.5$$

## Выборочное накопление с детерминированным периодом обнуления

При малых значениях  $P_0$   $\bar{p}^{(2)}$  получается приближение:  $\bar{N}_z = \frac{N393}{\bar{p}^{(2)}}$

где 
$$\bar{p}^{(2)} = \sum_{i=N392}^{N393} C_{N393}^i p_2^i (1-p_2)^{N393-i} = 1 - P(N393, N392-1, p_2)$$

При 
$$p_2 < \frac{N392}{N393}$$

$$P(N393, N392-1, p_2) \approx 1 - \frac{(1-p_2) \cdot \frac{N392}{N393}}{\frac{N392}{N393} - p_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot N392 \cdot (1 - \frac{N392}{N393})}} \cdot e^{-N393 \cdot D(p_2, \frac{N392}{N393})}$$

При 
$$\frac{N392}{N393} < p_2$$

$$P(N393, N392-1, p_2) \approx \frac{(1-p_2) \cdot \frac{N392}{N393}}{p_2 - \frac{N392}{N393}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot N392 \cdot (1 - \frac{N392}{N393})}} \cdot e^{-N393 \cdot D(p_2, \frac{N392}{N393})}$$

$$\overline{N}_{il} = \frac{N392 - 1 - N393p_1}{p_1(1 - p_1)} + \frac{(N393 - N392)p_1 + 1}{p_1(1 - p_1)} - \frac{1}{1 - P(N393 - 1, N392 - 2; p_1)}$$

$$\frac{(N393 - 1)C_{N393 - 2}^{N392 - 2} p_1^{N392 - 2} (1 - p_1)^{N393 - N392}}{1 - P(N393 - 1, N392 - 2; p_1)}$$

$$\overline{N}_{iz} = \frac{N392 - 1 - N393p_2}{p_2(1 - p_2)} + \frac{(N393 - N392)p_2 + 1}{p_2(1 - p_2)} - \frac{1}{1 - P(N393 - 1, N392 - 2; p_2)}$$

$$\frac{(N393 - 1)C_{N393 - 2}^{N392 - 2} p_2^{N392 - 2} (1 - p_2)^{N393 - N392}}{1 - P(N393 - 1, N392 - 2; p_2)}$$

СПб ГУТ)))

Выборочное накопление  
со случайным периодом обнуления

$$P(N393-1, N392-2, k) \approx \frac{(1-k) \frac{N392-1}{N393-1}}{\frac{N392-1}{N393-1} - k} \frac{1}{\sqrt{2\pi(N392-1)\left(1 - \frac{N392-1}{N393-1}\right)}} \times e^{-(N393-1)D(k, N392, N393)}$$

$$k = p_1; p_2$$

$$\overline{N_{il}} \approx \frac{\left[ \frac{1-p_1}{p_1} \right]^{N392-1}}{p_1 C_{N393-1}^{N392-1}}$$

$$\begin{aligned} \overline{N_{iz}} \approx & \sum_{i=0}^{N393-N392} (N392+i) p_2^{N392} (1-p_2)^i C_{N392+i}^i + \\ & + \sum_{k=0}^{N392-1} \left( N393 + \sum_{s=N393-N392+1}^{N393-k} \frac{N393}{s p_2} \right) \times C_{N393}^k p_2^k (1-p_2)^{N393-k} \end{aligned}$$

## Качество локального интерфейса управления на уровне цифрового тракта связи (полного статуса)

При определении качества локального интерфейса управления на уровне цифрового тракта связи (полного статуса) предлагается рассмотреть три возможных профиля принятия решений:

1. Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции «И»;
2. Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции «ИЛИ»;
3. Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции « $M$  из  $N$ ».

## Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции «И»

Выражение для плотности распределения вероятностей времени запаздывания в обнаружении нарушений в полном статусе связи находится по методу свертки следующим образом:

$$f_s(k_s) = \prod_{i=1}^I \left( \sum_{\min k_{is}}^{\max k_{is}} f_{is}(k_{is}) \right) - \prod_{i=1}^I \left( \sum_{\min k_{is}}^{\max k_{is} - 1} f_{is}(k_{is}) \right)$$

$$k_s = \max_i (\min k_{1s}, \min k_{2s}, \dots, \min k_{Is}), \dots, \max_i (\max k_{1s}, \max k_{2s}, \dots, \max k_{Is})$$

$I$  – количество виртуальных соединений.



## Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции «И»

Выражение для плотности распределения вероятностей времени ложного обнаружения нарушений в полном статусе связи находится по методу свёртки:

$$f_f(k_f) = \prod_{i=1}^I \left( \sum_{\min k_{if}}^{\max k_{if}} f_{if}(k_{if}) \right) - \prod_{i=1}^I \left( \sum_{\min k_{if}}^{\max k_{if} - 1} f_{if}(k_{if}) \right)$$

$$k_f = \max_i (\min k_{1f}, \min k_{2f}, \dots, \min k_{If}), \dots, \max_i (\max k_{1f}, \max k_{2f}, \dots, \max k_{If})$$

$I$  – количество виртуальных соединений.

## Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции «ИЛИ»

Выражение для плотности распределения вероятностей времени запаздывания в обнаружении нарушений в полном статусе связи находится по методу свертки следующим образом:

$$f_s(k_s) = \prod_{i=1}^I (1 - \sum_{\min k_{is}}^{\max k_{is} - 1} f_{is}(k_{is})) - \prod_{i=1}^I (1 - \sum_{\min k_{is}}^{\max k_{is}} f_{is}(k_{is}))$$

$$k_s = \min_i (\min k_{1s}, \min k_{2s}, \dots, \min k_{Is}), \dots, \min_i (\max k_{1s}, \max k_{2s}, \dots, \max k_{Is})$$

$I$  – количество виртуальных соединений.

## Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции «ИЛИ»

Выражение для плотности распределения вероятностей времени ложного обнаружения нарушений в полном статусе связи определяется по методу свёртки

$$f_f(k_f) = \prod_{i=1}^I (1 - \sum_{\min k_{if}}^{\max k_{if} - 1} f_{if}(k_{if})) - \prod_{i=1}^I (1 - \sum_{\min k_{if}}^{\max k_{if}} f_{if}(k_{if}))$$

$$k_f = \min_i (\min k_{1f}, \min k_{2f}, \dots, \min k_{If}), \dots, \min_i (\max k_{1f}, \max k_{2f}, \dots, \max k_{If})$$

$I$  – количество виртуальных соединений.

## Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции « $M$ из $N$ »

Для спецификации объединения частных решений, описываемой функцией « $M$  из  $N$ », функция распределения вероятностей дискретного времени выполнения параллельных действий

$$Y_{M,N}(n)$$

выражается в следующем виде:

$$Y_{M,N}(n) = \begin{cases} Y_{AND}(n), & M = N \\ Y_{OR}(n), & M = 1 \\ G(N, M, N, n), & M < N, M \neq 1 \end{cases}$$

## Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции «М из N»

$$G(N, M, IND, n) = \begin{cases} 0, & M > N \\ Y_{OR}(n), & M = 1 \\ Y_{AND}(n), & M = N \\ Y_{IND}(n)G(N-1, M-1, IND-1, n) + (1-Y_{IND}(n))G(N-1, M, IND-1, n), & M < N \end{cases}$$

$IND \in N, (N-1), \dots, 2$  – порядковый номер действия из группы параллельных;

$Y_{IND}(n)$  – функция распределения вероятностей дискретного времени выполнения действия с номером  $IND$ .

$N=1.$

# СПб ГУТ)))

## Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции «М из N»

При нахождении плотности

$$f_s(k_s)$$

образующие компоненты выражаются следующим образом:

$$Y_{OR}(n) = \sum_{\min k_S}^n f_s(k_s)$$

$$f_s(k_s) = \prod_{i=1}^I \left(1 - \sum_{\min k_{is}}^{\max k_{is} - 1} f_{is}(k_{is})\right) - \prod_{i=1}^I \left(1 - \sum_{\min k_{is}}^{\max k_{is}} f_{is}(k_{is})\right)$$

$$k_s = \min_i (\min k_{1s}, \min k_{2s}, \dots, \min k_{Is}), \dots, \min_i (\max k_{1s}, \max k_{2s}, \dots, \max k_{Is})$$

# Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции «М из N»

При нахождении плотности

$$f_s(k_s)$$

образующие компоненты выражаются следующим образом:

$$Y_{AND}(n) = \sum_{\min k_s}^n f_s(k_s)$$

$$f_s(k_s) = \prod_{i=1}^I \left( \sum_{\min k_{is}}^{\max k_{is}} f_{is}(k_{is}) \right) - \prod_{i=1}^I \left( \sum_{\min k_{is}}^{\max k_{is}-1} f_{is}(k_{is}) \right)$$

$$k_s = \max_i (\min k_{1s}, \min k_{2s}, \dots, \min k_{Is}), \dots, \max_i (\max k_{1s}, \max k_{2s}, \dots, \max k_{Is})$$

## Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции «М из N»

При нахождении плотности

$$f_f(k_f)$$

образующие компоненты выражаются следующим образом:

$$Y_{OR}(n) = \sum_{\min k_f}^n f_f(k_f)$$

$$f_f(k_f) = \prod_{i=1}^I \left(1 - \sum_{\min k_{if}}^{\max k_{if} - 1} f_{if}(k_{if})\right) - \prod_{i=1}^I \left(1 - \sum_{\min k_{if}}^{\max k_{if}} f_{if}(k_{if})\right)$$

$$k_f = \min_i (\min k_{1f}, \min k_{2f}, \dots, \min k_{If}), \dots, \min_i (\max k_{1f}, \max k_{2f}, \dots, \max k_{If})$$



## Принятие решения по схеме объединения частных решений согласно булевой функции «М из N»

При нахождении плотности

$$f_f(k_f)$$

образующие компоненты выражаются следующим образом:

$$Y_{AND}(n) = \sum_{\min k_f}^n f_f(k_f)$$

$$f_f(k_f) = \prod_{i=1}^I \left( \sum_{\min k_{if}}^{\max k_{if}} f_{if}(k_{if}) \right) - \prod_{i=1}^I \left( \sum_{\min k_{if}}^{\max k_{if} - 1} f_{if}(k_{if}) \right)$$

$$k_f = \max_i (\min k_{1f}, \min k_{2f}, \dots, \min k_{If}), \dots, \max_i (\max k_{1f}, \max k_{2f}, \dots, \max k_{If})$$

$$P(k_s \leq N_1) = \sum_{k_s \leq N_1} f_s(k_s),$$

$$E(k_s) = \sum_{k_s} k_s f_s(k_s)$$

$$P(k_f > N_2) = \sum_{k_f > N_2} f_f(k_f),$$

$$E(k_f) = \sum_{k_f} k_f f_f(k_f)$$

$$E(t_s = k_s T391) = T391 \sum_{k_s} k_s f_s(k_s), \quad E(t_f = k_f T391) = T391 \sum_{k_f} k_f f_f(k_f)$$

$T391$  – временной интервал между последовательными моментами времени отправки контрольных кадров, регламентируемый стандартом LMI.

Разработанное математическое обеспечение является наукоемким ядром для управления эффективностью локального интерфейса управления на уровне цифровых трактов СВЯЗИ.

- выделены альтернативные процедуры принятия решений относительно состояния цифровых трактов связи;
- предложена новая система показателей качества локального интерфейса управления, учитывающая принятие решений относительно состояния цифровых трактов связи;
- выведены аналитические зависимости показателей качества локального интерфейса управления от параметров типовых схем принятия решений относительно обнаружения изменений в состояниях цифровых трактов связи.

- объединены в единую систему процедуры принятия решений о состоянии физической и логической связи между оконечным оборудованием данных и аппаратурой канала данных;
- определено взаимное влияние на качество локального интерфейса управления специальных счётчиков событий и времени, которые предназначаются для синхронизации последовательностей кадров управляющей информации, проходящих через интерфейс;

- устранена неопределённость значимости последствий установки процедурных параметров оператором связи при реализации службы передачи кадров;
- выражена в показателях степень гарантий в обеспечении стабильности и надёжности физической и логической связи между оконечным оборудованием данных и аппаратурой канала данных.