

Celso de Souza Lima (*)
Faical Farhat de Carvalho (**) (****)
José Augusto Teixeira de Lima Baptista (**)
José Marcos Silva Nogueira (*)
José Monteiro da Mata (*)
Marcos Ferreira (***)
Rudolf Schwaner (**)
Shiqueo Yoshizane (**)

(*) Depto. de Ciência da Computação, UFMG
(**) Telecomunicações de Minas Gerais S.A. (TELEMIG)
(***) Telecomunicações de Pernambuco S.A. (TELPE)
(****) (Atualmente na Batik Equipamentos Ltda.)

Resumo

O sistema PBXKAN consiste de microcomputadores dedicados que substituem os módulos PBX e KAN das centrais telefônicas Ericsson ARF-102, permitindo maior flexibilidade e operacionalidade na reconfiguração e no tratamento de séries PBX e de categorias de assinantes. A introdução de microcomputadores permite também efetuar diversas tarefas adicionais tais como medição de tráfego e supervisão de linha de assinante. Estes microcomputadores são interligados a uma estação de monitoração e operação.

Este sistema encontra-se implementado, com dois protótipos funcionando em regime de tempo integral, um em Belo Horizonte e outro em Recife. Além de atingir todos os objetivos esperados, o sistema é totalmente tolerante a falhas.

Abstract

The PBXKAN system consists of dedicated microcomputers which replace the PBX and KAN modules of the Ericsson ARF-102 telephone switching station. This improves the way of handling PBX series and line classes. The microcomputers allow performing other tasks such as traffic measurements and line supervising. These microcomputers are connected to a controlling station.

This system has been implemented, and we have two prototypes working full time. Besides reaching all the expected goals, the system is completely fault tolerant.

1 - Introdução

O sistema PBXKAN introduz modificações nas centrais telefônicas Ericsson ARF-102 de forma a permitir maior flexibilidade e operacionalidade na reconfiguração e no tratamento de séries PBX e de categorias de assinantes. Estas modificações consistem na substituição dos módulos PBX e KAN por microcomputadores dedicados. Com a introdução de microcomputadores pode-se efetuar diversas tarefas adicionais, dentre as quais destacam-se a supervisão de linha de assinante e medição de tráfego.

Originalmente a reconfiguração de séries PBX é feita através de soldagem de fios e instalação de relés, envolvendo pessoal especializado e enorme quantidade de trabalho. Além disso, existem restrições quanto ao número chave para acesso a uma série PBX e quanto à quantidade de troncos que a compõem. A redefinição de categoria de assinante também é feita de forma artesanal.

No sistema PBXKAN os microcomputadores dedicados são interligados a um terminal de controle, que permite a um operador executar de maneira simples, através de teclado, operações tais como redefinição de séries PBX, redefinição de categorias e obtenção de dados sobre tráfego.

A escolha dos módulos PBX e KAN para serem automatizados se deve ao fato de que ambos os módulos possuem íntima relação com o grupo de mil, são apêndices do sistema com interfaces bem delimitadas e ocupam mão de obra especializada permanente na central. A possibilidade de se acrescentar "inteligência" à central nestes dois módulos possibilita um melhor remanejamento das linhas da central, reduz o tempo de resposta dos módulos PBX e KAN, permite abortar chamadas com linha ocupada antes de chamar o marcador (melhorando o escoamento de tráfego), permite bloquear e liberar assinantes diretamente da gerência de operações, e obtém como subproduto dados sobre o tráfego, além de liberar mão de obra especializada na central.

O sistema pode ser estendido às centrais Siemens ESK-10000 e Standard Electric PC-1000, que funcionam de forma semelhante à central Ericsson ARF-102.

Este trabalho foi desenvolvido através de convênio entre a Universidade Federal de Minas Gerais e a Telecomunicações de Minas Gerais S.A. (TELEMIG), com participação da Telecomunicações de Pernambuco S.A. (TELPE).

2 - Aspectos das centrais Ericsson

2.1 - Estrutura geral

Cada central Ericsson é composta por até 10.000 assinantes, divididos em grupos de 1.000 assinantes. Um assinante é identificado por um número de 7 dígitos. Os três primeiros dígitos compõem o prefixo e identificam a central. O dígito seguinte identifica o grupo de mil assinantes e os três últimos dígitos identificam o assinante dentro do grupo.

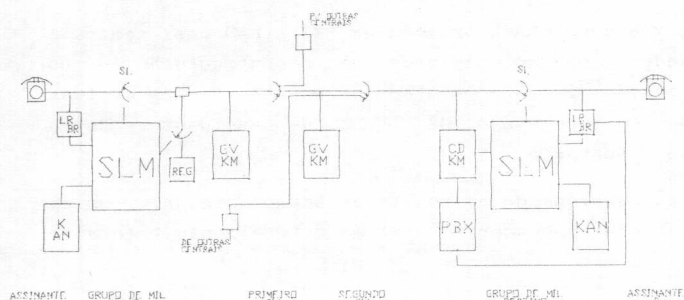


Figura 1 - Central Ericsson

Ao receber uma chamada para um assinante, a central decodifica o prefixo do número no primeiro GV. Se o prefixo pertence à central, a chamada é então encaminhada para o próximo bloco, o segundo GV. O segundo GV decodifica o quarto dígito e seleciona o grupo de mil correspondente, encaminhando para ele a chamada. No grupo de mil, os três últimos algarismos são decodificados e armazenados pelo bloco CDKM. Ao receber o último algarismo, o CDKM consulta o módulo PBX antes de completar a chamada.

Se o número pertence a um assinante comum, a chamada prossegue normalmente através do SLM (marcador). Se o número chamado tiver associado a ele uma série de troncos, o módulo PBX procura o primeiro número da série que esteja desocupado e redireciona a chamada para o novo número.

A análise de categoria é uma função efetuada pelo módulo KAN, e que a princípio nada tem a ver com o PBX. O SLM consulta o KAN antes de iniciar uma chamada e ao completar uma chamada, utilizando esta informação para tarifação, bloqueio de chamada, etc.

2.2 - Módulo PBX

O módulo PBX é chamado quando o receptor de código do estágio de assinantes (módulo CDKM) recebe os três últimos algarismos do número discado. Em um grupo de mil podem haver até 5 módulos CDKM, porém apenas um deles é atendido de cada vez pelo módulo PBX.

Uma programação através de fiação define para o módulo PBX os números que compõem cada série. O módulo PBX pode testar um máximo de 40 troncos, incluindo o chave. O "fio C" de cada tronco que compõe uma série PBX é ligado ao módulo PBX (o fio C indica o estado do assinante).

Devido a restrições físicas (espaço e número de relés disponíveis), o número máximo de troncos PBX é de 280 por módulo PBX. Os números destinados a funcionar como número chave devem ser, de preferência, aqueles cujos algarismos de dezena e unidade são iguais, já que o equipamento está preparado para esta condição. Não obstante, existe possibilidade de utilizar uma quantidade limitada de números arbitrários.

O acesso a uma série PBX deve ser feito necessariamente pelo número chave, a menos que se utilizem artifícios, como o equipamento BAEP (busca automática em equipamento PBX), que podem dificultar ainda mais a reconfiguração do PBX.

A programação de um seriado PBX é feita por lógica cabeada, consistindo de uma sequência complexa de fiação e solda sobre circuitos ativados.

2.3 - Módulo KAN

O analisador de categoria é consultado pelo marcador ao ser originada uma chamada (assinante A) e antes de completar uma chamada (assinante B). Podem existir até dois marcadores em um grupo de mil; no entanto, somente um deles é atendido de cada vez pelo KAN.

Marca-se a categoria de um assinante por meio de uma interconexão executada no bloco de terminais para um dos 15 terminais que corresponder à categoria desejada. Um assinante pode ser marcado com uma categoria no tráfego originado, no tráfego terminado ou em ambos.

3 - O sistema PBXKAN

3.1 - Arquitetura do sistema

A idéia básica do sistema PBXKAN é substituir os módulos PBX e KAN por microcomputadores dedicados, um para cada grupo de mil. Estes microcomputadores são interligados a uma estação de monitoração e operação (EMO), que serve de elemento de interação entre o operador e o sistema.

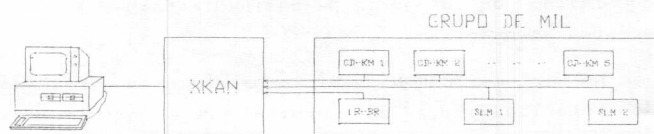


Figura 2 - Sistema PBXKAN, fase I

A figura 2 mostra a interligação do sistema em um grupo de mil. Chamamos de módulo XKAN o microcomputador dedicado que substitui os módulos PBX e KAN. A figura 3 mostra a organização do sistema para uma central inteira (10 grupos de mil).

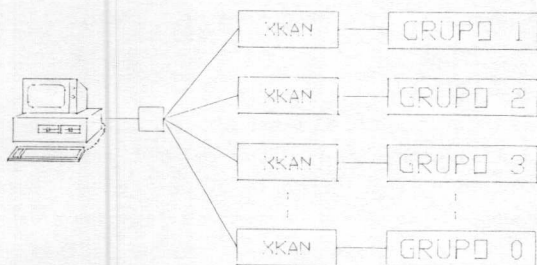


Figura 3 - Sistema PBXKAN, fase II

As estações de controle de diversas centrais podem estar ligadas a uma central de operação.

3.2 - Módulo XKAN

O módulo XKAN se comunica com o CDKM, com o SLM e com os fios C, além de se comunicar com a estação de monitoração e operação. Existe também comunicação com uma interface serial para onde são enviadas mensagens de erro; nessa interface pode ser conectada uma impressora ou terminal de vídeo. Existem ainda alguns "leds" indicadores de operação e de falhas.

Uma primeira característica deste sistema é que ele tem acesso a todos os fios C, e não apenas aqueles de troncos PBX. Existe uma linha através da qual o módulo XKAN pode informar ao CDKM o estado de ocupado da linha do assinante chamado, causando o cancelamento da chamada e evitando a ocupação do marcador.

Uma limitação que persiste no sistema é que estamos restritos a um grupo de mil: seriados PBX ou reencaminhamento de chamadas só podem ser feitos dentro de um grupo de mil.

3.3 - Aspectos funcionais

3.3.1 - Busca em seriado PBX

Esta é a função básica realizada pelo módulo PBX. No módulo XKAN esta função é realizada com as seguintes características:

- não há restrições quanto à forma do número chave;
- o acesso à série se dá a partir de qualquer tronco, e não apenas do número chave;
- não há limitações quanto ao número de troncos em uma série PBX (exceto que pertençam ao mesmo grupo de mil);
- não há limitações quanto ao número de séries PBX;
- busca cíclica: a busca sempre se inicia no tronco seguinte ao que foi alocado para a última chamada.

3.3.2 - Redefinição de série PBX

A redefinição de séries PBX é feita através de comandos no teclado do terminal de controle, de forma simples. As funções possíveis de serem executadas são:

- inserir/retirar tronco da série;
- criar/remover série;
- obter relatórios:
 - . séries por grupo de mil.
 - . troncos por série;

3.3.3 - Redefinição de categoria

O tratamento de categoria de assinante também é feito através de comandos no teclado do terminal de controle, com possibilidade de executar as seguintes funções:

- alterar a categoria de um assinante;
- verificar a categoria de um assinante;
- obter relação de assinantes por categoria;
- obter relação de todos os assinantes com respectiva categoria.

3.3.4 - Interceptação de chamadas

Qualquer terminal pode ser interceptado, quando então chamadas a ele dirigidas são reencaminhadas para outro número dentro do grupo de mil; este novo número pode ou não fazer parte de um seriado PBX. A definição de terminais interceptados também é feita através do terminal de controle.

Aplicações de interceptação de chamadas incluem situações de mudança de número de assinante e linha de assinante com defeito, quando as chamadas podem ser reencaminhadas para uma secretária eletrônica.

3.3.5 - Medição de tráfego

As medidas de tráfego telefônico estão relacionadas com volume de chamadas e tempo de chamada. Estas medições são importantes tanto a nível de grupo de mil quanto a nível de assinante, PBX ou não.

Os dados sobre volume de chamadas são facilmente obtidos, já que o módulo XKAN é ativado para cada chamada originada ou terminada, e ele pode consultar a linha que indica o estado do assinante (fio C). Os dados sobre o tempo de ocupação de cada terminal podem ser coletados através de consultas sucessivas ao fio C do assinante.

A nível de grupo de mil, de seriado PBX, e de tronco ou assinante, são feitas as seguintes medições (para um intervalo de medição programado):

- número de chamadas originadas;
- número de chamadas terminadas com linha livre;
- número de chamadas terminadas com linha ocupada;
- tempo total de ocupação (em segundos) para chamadas originadas;

- tempo total de ocupação (em segundos) para chamadas terminadas;
- hora de maior movimento (HMM) e ocupação correspondente;

O levantamento de HMM é feito através de medições sucessivas de 15 em 15 minutos. Todos os fios C são lidos a cada 4 segundos, para fins de determinação de ocupação.

3.3.6 - Supervisão de linha de assinante

O sistema permite obter uma relação de terminais em bloqueio de linha permanente, e também uma relação de terminais com fio C em condição de defeito. Estas informações são obtidas através de leituras periódicas aos fios C.

4 - Implementação do sistema

4.1 - Estrutura do módulo XKAN

O módulo XKAN consiste do hardware e software que substitui os módulos PBX e KAN da central. Maiores detalhes de especificação e implementação do sistema podem ser encontrados em [5].

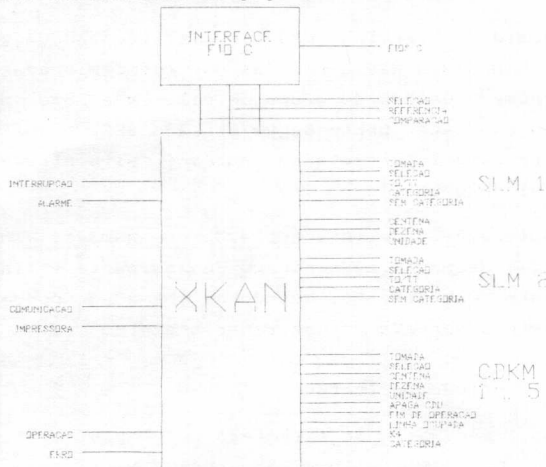


Figura 4 - Interface do módulo XKAN

4.2 - Hardware

4.2.1 - Configuração básica

O microcomputador utilizado foi um hardware utilizado como padrão na TELEMIG para este tipo de aplicação, configurado e estendido para atender às necessidades específicas do sistema PBXKAN.

O hardware padrão é um sistema modular baseado no barramento "standard-bus", o que lhe possibilita facilidade de configuração, mas apresenta restrições físicas de tamanho da placa reduzido, o que limita o número de circuitos por placa a uma faixa bastante pequena.

A configuração básica do hardware padrão adotada bem como as interfaces específicas para a aplicação proposta são descritas a seguir.

- Microprocessador

Consiste de cartão com o microprocessador Intel 8085, clock de 6.144 MHz e lógica de controle.

- Comunicação

Consiste de cartão contendo 2 controladores de entrada/saída serial tipo 8251 e um temporizador tipo 8253. Este temporizador é utilizado para controle da taxa de transmissão das interfaces de comunicação e interrupções de relógio.

- Memória do sistema

Consiste de cartão com memória estática de 32 Kbytes para armazenamento de dados de operação do XKAN e de medição de tráfego, memória EPROM de 32 Kbytes para armazenamento do código e memória tipo CMOS de 4 Kbytes com bateria para retenção dos dados de seriados e categorias, em caso de falta de alimentação ou retirada do bastidor do XKAN.

- Entrada digital

Consiste de cartão de entrada digital de dados da central para permitir a conversão de sinais da central para o módulo XKAN. Cada cartão suporta 32 entradas com sinais de 0 a 48 volts e possui acopladores óticos para isolamento dos sistemas. Este número de entradas foi escolhido para permitir uma utilização adequada do cartão "standard-bus" dentro de suas limitações físicas.

- Saída digital

Consiste de cartão de saída digital de dados para acionamento de relés na central telefônica. Cada cartão contém 16 saídas comandadas a transistor e acopladores óticos para isolamento dos sistemas. A tensão de saída é de 0 e -48 Volts com uma corrente de saída mínima de 100 mA.

- Interface com o pre-seletor de fios C

Consiste de cartão de entrada e saída para controle do módulo de leitura do estado dos fios C, chamado módulo pre-seletor.

- Circuito "watch-dog"

Consiste de circuito para ativação de alarme e recuperação do sistema em caso de falha. Em caso de qualquer problema de funcionamento do sistema este circuito força a reinicialização do sistema e ativa o alarme geral da central.

4.2.2 - Interface de fio C

É a interface que liga o XKAN ao bloco LR-BR para medição do estado dos fios C dos 1000 terminais. Devido ao grande número de fios existentes, um estágio pre-seletor intermediário faz a divisão dos 1000 fios C que saem do bloco XY em 16 grupos de 64 fios. Cada grupo faz a multiplexação de 64 fios de entrada em 8 fios de saída. Somente um conjunto de 8 fios de saída é habilitado em cada instante, permitindo a ligação em paralelo das saídas dos multiplexadores.

Especial atenção foi dada a esta interface, uma vez que em função dela são feitas as medições, como teste de ocupação (que permite a tomada de decisões sobre o reencaminhamento PBX), medição de tráfego, detecção de defeitos, etc. Como é possível que o módulo XKAN teste o fio C de um assinante enquanto estão sendo efetuadas outras operações sobre este fio, é importante que o circuito de teste não altere ou seja insensível a pequenas alterações no estado desse fio.

Um circuito conversor digital/analógico previamente carregado com o valor da tensão a ser utilizado para comparação analógica com o fio C fornece a tensão de referência para comparação. O sinal analógico dos fios C selecionados é então comparado com o valor de referência, gerando um sinal digital de fio C comparado que é enviado ao XKAN.

O conversor digital/analógico permite maior flexibilidade na obtenção de dados sobre o estado dos assinantes, permitindo que se implante funções de detecção de linhas abertas ou em curto para diagnóstico de defeitos ("lock-out") ou executar outras funções ainda não previstas no atual sistema sem alteração do hardware.

Esta forma de agrupamento dos fios C em um módulo à parte permitiu que os testes fossem feitos fora da central. Futuramente será possível agrupar todos os XKAN em um único armário dentro da central, simplificando sua manutenção e reduzindo custos.

A configuração básica do pre-seletor é descrita a seguir:

- Interface com o XKAN

Consiste de cartão de entrada, saída e controle de leitura dos fios C. O cartão possui circuitos receptores e transmissores diferenciais em laço de corrente de 10 mA, para permitir a comunicação em alta velocidade com o XKAN.

- Multiplexador de fios C

Consiste de cartão utilizado para multiplexação dos sinais analógicos dos fios C. Cada cartão possui 64 entradas de 0 a -48 Volts e 8 saídas analógicas com o sinal dos fios C. Circuitos atenuadores na entrada permitem ajustar a tensão de entrada a uma faixa de operação mais adequada na saída, ajustando-a de 0 a -15 Volts. As saídas dos multiplexadores possuem um estado de saída em alta impedância, que permite sua ligação em barramento.

- Comparador

Consiste de cartão que faz a comparação entre o sinal dos fios C multiplexados e um sinal analógico de referência. O valor correspondente a este sinal analógico é enviado pelo XKAN ao pre-seletor, o que permite escolher o estado do fio C que se quer medir em uma entre 16 possibilidades.

4.3 - Software

O software do XKAN se constitui de diversos processos, executando atividades distintas em pseudo-parallelismo e compartilhando estruturas de dados. Para permitir esse parallelismo foi desenvolvido um núcleo de programação concorrente [3], com primitivas para permitir sincronismo, comunicação e exclusão mútua entre processos[1][2][4][6].

O sistema consiste de 8 processos distintos.

- PBX: Executa a função PBX.
- KAN: Executa a função KAN.
- EMO: Atende comandos da estação de monitoração e operação.
- RELOGIO: Atualiza a hora e a data do sistema.
- TRAFEGO: Faz medição de ocupação dos fios C.
- HMM: Faz medição de HMM, a partir das medidas de ocupação.
- SAIDA: Controla a impressão de mensagens de erro.
- MONITOR: Monitora os fios C para detecção de defeito e de bloqueio permanente, o funcionamento da interface de fio C e verifica a integridade dos outros processos, forçando a reinicialização do sistema e ativando alarme em caso de falha.

Existe também o software da estação de monitoração e operação (EMO). A iniciativa da comunicação EMO-XKAN é sempre da EMO, e a cada comando corresponde exatamente uma resposta.

O software do XKAN foi desenvolvido usando o sistema de desenvolvimento HP 64000, nas linguagens Pascal e Assembler 8085. Ele ocupa 30 K bytes de área de código e 31 K bytes de área de dados.

4.4 - Tratamento de falhas

Uma das principais características do sistema PBXKAN é a sua capacidade de detecção, localização, indicação e recuperação de falhas. Falhas podem ocorrer no interfaceamento com a central e com a estação de monitoração e operação, no hardware de interface, no hardware do XKAN (incluindo o próprio processador) ou no software do XKAN.

O sistema é totalmente tolerante a falhas, recuperando-se automaticamente quando possível ou disparando alarme caso contrário. São determinados os locais exatos das falhas, com impressão de mensagens explicativas e armazenamento no registro de falhas para posterior consulta pela EMO.

Cada módulo XKAN possui uma identificação, programável externamente através de chaves. Para iniciar corretamente seu funcionamento a auto-identificação do XKAN deve coincidir com a identificação armazenada em memória não volátil. Além disso, as memórias não voláteis devem estar corretas, de tal forma que dados de categorias e seriados possam ser reinicializados. Em caso de qualquer problema o alarme é disparado.

No interfaceamento com o SLM, CDKM e EMO, são feitos todos os tipos de consistência possíveis, com a indicação precisa de falhas, permitindo detectar falhas nos circuitos de interface e até mesmo em alguns órgãos da central.

Para testar o funcionamento da interface de fio C são feitas periodicamente leituras de fios C com valores pré-definidos: os valores lidos devem coincidir com os valores conhecidos. A leitura periódica de todos os fios C para localização de defeito em linha de assinante também permite localizar falhas na interface de fio C. O diagnóstico de falhas permite identificar exatamente as placas de interface com defeito.

A auto-supervisão do sistema é feita por um circuito "watch-dog", que dispara o alarme e tenta reinicializar o sistema caso ele não seja reativado periodicamente. Esta reativação do "watch-dog" é feita através de programa do sistema (processo MONITOR), após receber indicação de integridade de todos os processos do sistema. Em caso de falha geral do software ou do processador o "watch-dog" deixará de ser reativado e passará então a atuar.

5 - Conclusões

O sistema PBXKAN encontra-se implementado, estando sendo iniciada a fase de industrialização. A fase de desenvolvimento durou aproximadamente 2 anos.

Uma dificuldade encontrada no desenvolvimento do sistema foi ajustar os valores adequados para as tensões de referência para comparação com o fio C, e para o tempo de estabilização dessas tensões. Esta dificuldade se deve a que o valor analógico correspondente ao estado do fio C sofre pequenas variações decorrentes de diversos fatores, tais como execução pela central de outras operações sobre esse fio.

Existe um protótipo do sistema instalado na TELEMIG em Belo Horizonte e outro na TELPE em Recife, ambos funcionando em regime de tempo integral, sem apresentar falhas e já trazendo benefícios à central, tais como melhoria no escoamento de tráfego e identificação de terminais com defeito.

Um aspecto importantíssimo é que o sistema tem revelado extrema confiabilidade, devido à sua forma de tratamento de falhas.

Conseguimos uma melhoria significativa no tempo de atendimento das funções KAN e PBX. Um fator maior de melhoria no desempenho da central não pode ser conseguido devido à própria inércia da central, que opera com relês.

6 - Referências

- [1] Allworth, S.T.
Introduction to Real-Time Software Design
Springer-Verlag, 1981.
- [2] Bowen, B.A. & Buhr, R.J.A.
The Logical Design of Multiple-Microprocessor Systems.
Prentice-Hall, 1978.
- [3] Carvalho, F.F.
Núcleo de Programação Concorrente: Manual de Referência.
Relatório Técnico, Depto. de Pesquisa e Desenvolvimento - TELEMIG, junho/1987.
- [4] Holt, R.C., Graham, G.S., Lazowska, E.A. & Scott, M.A.
Structured Concurrent Programming with Operating Systems Applications.
Addison-Wesley, 1978.
- [5] Lima, C.S et alii.
Projeto PBXKAN: Especificação do Sistema
Relatório Técnico n. 02, Depto. de Ciência da Computação - UFMG, 1988.
- [6] Magalhães, M.F.
Software para Tempo Real.
I Escola Brasileiro-Argentina de Informática, Unicamp, fev/1986.