



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DECIO TADEU ZINI LUZ BRAGA

**SSI - SISTEMA DE SUPERVISÃO E MONITORAÇÃO ATRAVES
DE IMAGENS OBTIDAS POR CÂMERAS DIGITAIS NAS
INSTALAÇÕES DA CTEEP.**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção de
Especialização em Tecnologia da Informação.

São Paulo

2002

DÉCIO TADEU ZINI LUZ BRAGA

**SSI - SISTEMA DE SUPERVISÃO E MONITORAÇÃO ATRAVES DE
IMAGENS OBTIDAS POR CÂMERAS DIGITAIS NAS INSTALAÇÕES DA
CTEEP.**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção de Especialização
em Tecnologia da Informação.

Área de Coordenação:

Engenharia Elétrica.

Orientador:

Prof. Dr. Moacyr Martucci Júnior

São Paulo

2002

AGRADECIMENTOS

Primeiramente devemos elevar nossos pensamentos ao Grande Arquiteto do Universo (DEUS) e agradecer por tudo que vem ocorrendo em minha vida. Não podemos também deixar de lembrar o quanto minha família tem sido importante em especial minha esposa pela força nos momentos mais difíceis na realização deste trabalho.

À CTEEP pela oportunidade dada no aprimoramento de meus conhecimentos com a realização deste MTI.

Ao amigo, orientador e incentivador Prof. Dr. Moacyr Martucci Júnior pela orientação e estímulo para realização do presente trabalho.

SUMARIO

1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – MOTIVAÇÃO	2
1.2 – OBJETIVO	2
1.3 – ESTRUTURA DO TRABALHO	3
1.4 – METODOLOGIA	3
2 – CONCEITOS.....	4
2.1 - TRANSMISSÃO/RECEPÇÃO DE SINAIS DE VIDEO	4
2.2 –ARMAZENAMENTO DE DADOS/IMAGENS DE VIDEO.....	6
2.3 - MEIO DE TRANSMISSÃO DE DADOS	7
2.4 – VPN - SEGURANÇA NA TRANSMISSÃO DE DADOS	15
3 – APRESENTAÇÃO DE CASO.....	17
4 – PROJETO PARA IMPLANTAÇÃO DO SSI	22
4.1 – INTRODUÇÃO	22
4.2 – ABRANGÊNCIA	23
4.3 — IMPLANTAÇÃO NAS SUBESTAÇÕES	25
4.4 - TECNOLOGIA EMPREGADA NO SSI	28
4.5 – ARMAZENAMENTO DOS DADOS DO SSI	29
4.6 - SISTEMA DE COMUNICAÇÃO DA CTEEP	30
5 – APÊNDICE	33
5.1 – EQUIPAMENTOS (HARDWARE)	33
5.2 – APLICATIVOS (SOFTWARE)	35
6 – CONCLUSÃO	36
7 –REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Forma de Conversão de Sinais Analógicos em Digitais [1]

Figura 2 – Esquema Básico de um Sistema DWDM [6]

Figura 3 – Relação entre as Camadas OSI e ATM [8]

Figura 4 – Estrutura do Sistema de Operação da CTEEP

Figura 5 – Configuração Básica do SSI

Figura 6 – Estrutura do SSI nas Subestações da CTEEP

Figura 7 – Estrutura de comunicações da CTEEP

RESUMO

Este trabalho visa estabelecer elementos para elaboração de um projeto com o objetivo de supervisionar, através de câmeras de video, as atividades de operação, manutenção e segurança dos equipamentos instalados nas subestações da CTEEP, haja vista, que a mesma possui um parque instalado distribuído por todo Estado de São Paulo, sendo que algumas subestações estão localizadas em áreas desertas, distantes o que torna necessário o monitoramento através de câmeras (imagens e alarmes).

ABSTRAT

This work seeks to establish elements for elaboration of a project with the objective of supervising, through video cameras, the operation activities, maintenance and safety of the equipments installed in the substations of CTEEP, have seen, that the same possesses an installed park distributed by every State of São Paulo, and some substations are located in areas deserted, distant what turns necessary the monitoramento through cameras (images and alarms).

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem sido observado o desenvolvimento de tecnologias necessárias para criar, armazenar e distribuir informação visual na forma de imagens e vídeos. Esta evolução digital tem trazido a necessidade de ferramentas visuais que atendam a interfaces de usuários em aplicações que possuam a finalidade de programar o ambiente para diversas atividades.

Este avanço tecnológico tem provocado uma maior atuação/modernização nos sistemas energéticos e considerando as exigências do mercado em se manter um fornecimento de energia ininterrupto faz-se necessário um gerenciamento de toda operação do Sistema Elétrico.

O sistema o qual será descrito tem como fundamento principal permitir uma visualização junto aos equipamentos instalados nas subestações da Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista (CTEEP), no que tange a operação, manutenção e segurança das instalações, fazendo com que os procedimentos de manobras e dispositivos sob intervenções sejam monitorados para facilitar as tomadas de decisões. Um outro ponto a se considerar é o melhor aproveitamento do potencial humano sob o ponto de vista de melhoria na qualidade de trabalho e rapidez nas tomadas de decisões.

Pensando em termos de segurança empresarial é imprescindível a atuação também deste sistema no controle de acesso aos locais.

Portanto, o que será descrito visa facilitar futuras implantações de câmeras digitais em subestações de energia elétrica.

1.1 – Motivação

Muitos avanços em tecnologias totalmente diferentes estão tornando a informação visual, tão importante quanto a informação visual na vida biológica humana. O ser humano é mais receptivo e sente mais confortável com informação visual, usando a visão para atividade de rotina tão bem quanto para raciocínio e planejamento sofisticado.

A comunicação entre o homem e a máquina esta se tornando cada vez mais natural. E sendo a visão um dos sentidos do homem, onde sua velocidade de transmissão de dados do nervo óptico ao cérebro é de vários milhões de bits por segundo, não é de estranhar o surgimento de novas tecnologias capazes de reconhecer, processar e interpretar automaticamente qualquer tipo de texto, gráfico e imagem.

As pesquisas neste setor da Tecnologia da Informação vêm obtendo grandes avanços nas áreas da robótica, tecnologia da automação, sistemas de supervisão e técnicas militares, o que torna interessante este segmento.

1.2 – Objetivo

O que se pretende obter com este sistema é a supervisão/segurança dos equipamentos instalados em áreas energizadas (subestações), melhorando o desempenho de operação do sistema elétrico.

1.3 – Estrutura do Trabalho

Este trabalho é constituído dos seguintes capítulos:

Capítulo 2:

- Conceitos sobre vídeo digital – Descrição sobre os princípios de funcionamento de uma transmissão digital de imagem.
- Técnicas para armazenamento das imagens – Equipamentos que se adaptam ao armazenamento de imagens.
- Meio de transmissão das informações – Descrição das técnicas de comunicações existentes e as mais acessíveis ao projeto.

Capítulo 3:

- Apresentação de caso – Comentários sobre protótipos instalados em locais que se assemelham com as instalações da CTEEP.

Capítulo 4:

- Técnicas para implantação na CTEEP – Descrição suscita de como deverá ser implantado o sistema de monitoramento em uma subestação.

Capítulo 5:

- Equipamentos necessários – Alguns exemplos de equipamentos mínimos necessários para operacionalização.

1.4– Metodologia

A realização deste trabalho baseou-se em visitas técnicas, pesquisas bibliográficas, livros, revistas técnicas, artigos técnicos e Internet.

2 – CONCEITOS

Sinais de imagens digitais e vídeos tem tornado parte integrante da comunicação humana. A facilidade de criação de imagens digitais tem permitido esta proliferação, fazendo com que a interação com recursos de informação “*online*” seja largamente feito na forma visual. Estas imagens digitais são uma fonte rica e subjetiva de informação, onde o uso de conteúdo visual para expressar idéias, reportar notícias e educar tem aumentado consideravelmente. Outro aspecto é que a informação visual é representada em várias formas: imagens, seqüências de vídeo, gráficos computadorizados, animações, imagens tridimensionais e outros. Além disso, sistemas de informação visual precisam de uma grande quantidade de recursos para transmissão, armazenamento e processamento [1].

2.1 – Transmissão/Recepção de Sinais de Vídeo

Os sinais de vídeo são ondas elétricas que permitem transmitir imagens em movimento, do transmissor até o receptor. As primeiras formas utilizadas na transmissão e gravação de sinais de televisão foram analógicas e o formato dos sinais obedecia principalmente aos requisitos do tubo de raios catódicos (CRT), que servem como elemento de visualização da imagem transmitida. A exploração analógica destes sinais consiste em varreduras horizontais rápidas, combinadas com varreduras verticais mais lentas, de modo que a imagem passa a ser explorada em linhas (no Brasil estas linhas correspondem a 625 linhas por quadro, Sistema Pal-M), onde o processo é repetido a cada término de um quadro dando a sensação de uma seqüência continua de imagens para o olho humano [1].

Para uma transmissão onde é necessário uma maior definição de detalhes da imagem com o sistema analógico existente, cuja transmissão tem uma variação finita, isto se torna impraticável.

A solução para este problema é o surgimento da tecnologia digital, onde a exploração das imagens pode atingir 1250 linhas (Sistema HDTV).

Um dos princípios básico de representar digitalmente uma forma de onda de vídeo é o da modulação por codificação de pulso (PCM), em que uma entrada de uma forma de onda de vídeo com tempo e tensões contínuas é convertida em um formato de tempo e tensões discretas, por meio da combinação dos processos de amostragem e quantificação [1].

A figura 1 mostra a forma de um sistema realizar conversões de sinais analógicos em digitais.

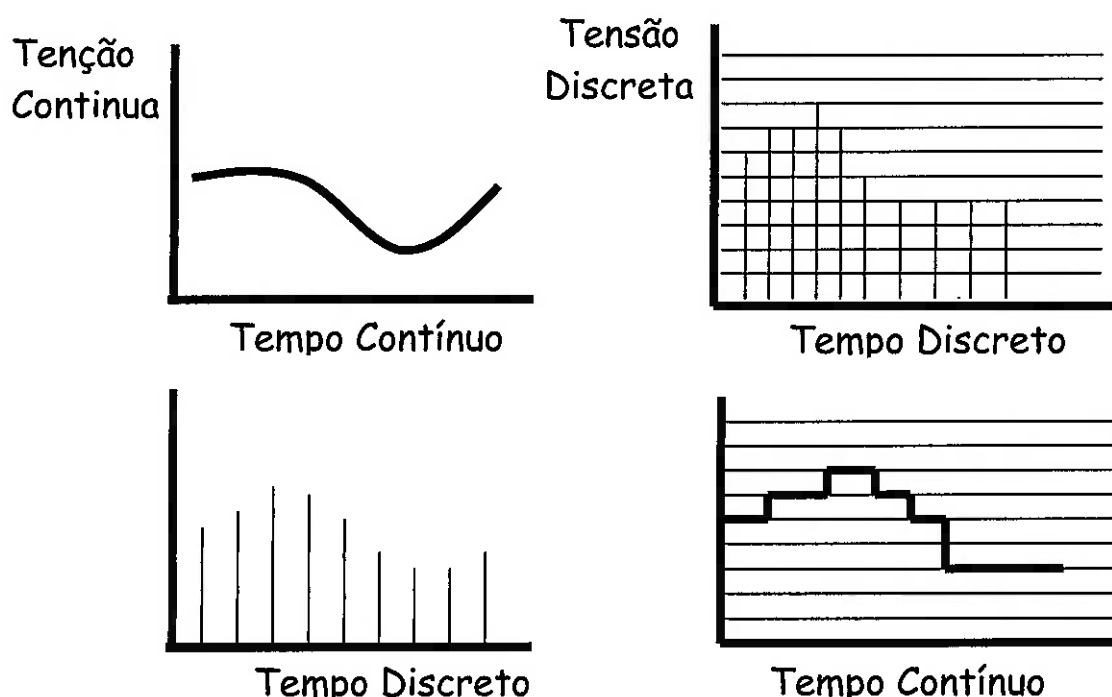


Figura 1 – Forma de conversão de sinais analógicos em digitais [1]

Para uma recepção de imagens digitais de alta definição o padrão HDTV (*High Definition TV*, ou Televisão de Alta Definição) passa a ser o principal sistema, onde podemos citar algumas características especiais como:

- Receber imagens de cinema de alta definição de outra cidade através de satélite.

- Graças à qualidade da imagem e ao realce das cores especialistas de diversas áreas estão ministrando cursos através de vídeo conferência.
- A supervisão e o controle de diversos sistemas estão sendo monitorados através de monitores de alta definição (Ex. Sistema de Supervisão e Controle da CTEEP).
- Visitantes podem navegar através das instalações de diversos museus do mundo, onde a reprodução das imagens é feita por câmeras digitais e o armazenamento feito num banco de dado [1], [3], [4].

Talvez uma das vantagens fundamentais da tecnologia digital resida na possibilidade de armazenar a informação e transmiti-la de um lado para outro sem degradação, utilizando meios adequados mais simples que os empregados no processamento analógico.

Um ponto importante a se considerar com relação a transmissão de imagens é a largura de banda podendo a mesma se estender desde 100 Kbps a 70 ou 80 Mbps, onde por esta faixa de frequência estariam algumas aplicações como videoconferência.

Portanto, o tratamento digital da imagem é um tema que merece ampla difusão, haja visto que a eletrônica e a computação convivem em um mesmo âmbito, razão pela qual o profissional especializado deve conhecer não apenas os circuitos de tratamento de vídeo em forma digital, mas também os programas de computador que, através de circuitos de mixagem e filtros permitem a realização de efeitos especiais com recursos bastante econômicos [1].

2.2 – Armazenamento de Dados/Imagens de Vídeo

O enorme crescimento na quantidade de informação sobre vídeo e imagem, nos vários ambientes computacionais, tem resultado no aumento da atenção em relação a necessidade de ferramentas para organizar e gerenciar informação visual.

Estas ferramentas necessitam de conceitos e algoritmos para compreensão de imagem, processamento da imagem, banco de dados, recuperação de informação e redes de computadores.

Nos últimos anos, as pesquisas em banco de dados, têm sido bastante exploradas, com o surgimento de métodos mais eficientes para o gerenciamento dos dados armazenados.

Em sistemas de banco de dados padrão, um modelo de dados é uma coleção em conceitos abstratos que podem ser usados para representar objetos do mundo real, suas propriedades, seus relacionamentos e suas operações. Já no sistema de banco de dados de imagens, também conhecido por multimídia, o modelo difere do sistema tradicional por serem completamente definidos no próprio banco de dado [10].

A arquitetura de um sistema padrão de banco de dados multimídia consiste de módulos para processamento de consultas, gerenciamento de transações, gerenciamento de buffer, gerenciamento de arquivos, recuperação e segurança [10].

Uma outra técnica de armazenamento, porém com característica diferente é o disco DVD (*Digital Verstile Disc*), onde a imagem e o som são gravados como sinais digitais. Este disco com diâmetro de 120mm possui uma capacidade de duração de filmagem de 6 horas e utilizam seis canais para gravação do áudio. Grande eficiência no armazenamento de informações, isto é incluem cenas de diferentes ângulos de câmeras digitais e a qualidade da imagem é de excelente definição [1].

2.3 – Meio de Transmissão de Dados

A enorme largura de faixa, da ordem de THz, torna as fibras ópticas o melhor meio de transmissão capaz de lidar com o aumento exponencial de demanda de largura de faixa previsto para as próximas décadas.

A era da transmissão de sinais digitais de voz e dados começou na mesma época em que as fibras ópticas foram introduzidas em redes de telecomunicações. Em consequência, a velocidade de transmissão aumentou de 1,5 ou 2 Mbps para 6, 34, 140 e 155 Mbps com a introdução dos padrões SDH. O tráfego de voz continua a crescer a uma taxa de cerca de 7% ao ano; contudo o tráfego de dados, especialmente o tráfego da Internet esta aumentando tão depressa que o numero de conexões à Internet deve superar o numero de acessos à rede telefônica fixa, em algum ponto ao longo dos próximos dez anos [6].

Até hoje sempre havia sido possível atender ao crescimento da demanda de largura de faixa, mediante técnicas de multiplexação por divisão de tempo (TDM). O padrão atual é uma velocidade binaria de 2,5 Gbps, e já foram introduzidos os sistemas de até 40 Gbps. Mesmo assim, essas velocidades binarias enormes não serão capazes de manejar as enormes quantidades de dados que deverão ser transmitidas em redes de comunicação [6].

Para se obter toda tecnologia digital é necessário um meio de transmissão compatível e confiável. Alguns meios de comunicação, que serão descritos a seguir, adaptariam-se a transmissão de informações (voz/dados e imagens).

- Rede de Fibra Óptica

Uma fibra óptica é um capilar formado por materiais cristalinos e homogêneos, transparentes o bastante para guiar um feixe de luz (visível ou infravermelho) através de um trajeto qualquer. A estrutura básica desses capilares são cilindros concêntricos com determinadas espessuras e com índices de refração tais que permitam o fenômeno da reflexão interna total [5].

O centro (miolo) da fibra é chamado de núcleo e a região externa é chamada de casca. Para que ocorra o fenômeno da reflexão interna total é necessário que o índice de refração do núcleo seja maior que o índice de refração da casca [5].

O sistema de transmissão óptico é constituído de três componentes: a fonte de luz, o meio de transmissão e o receptor/detector. A fonte de energia luminosa pode ser um Laser ou um LED, ou seja, dispositivos que tenham a capacidade de emitir luz. Os tipos de fibra óptica mais comum são:

- Fibra multimodo – Apresentam baixas atenuações (3 db/Km em 850 nm) e capacidade de transmissão elevadas, sendo empregadas em telecomunicações.
- Fibra monomodo – Apresentam baixas atenuações (0,7 db/km em 1300 nm e 0,2 db/km em 1550 nm) utilizadas em grandes distâncias nos sistemas de telecomunicações [5].

A fibra óptica apresenta características particulares, que podemos tratar como vantagens, quando comparadas com os meios de transmissão formados por condutores metálicos, tais como:

- Imunidade a ruídos externos em geral e interferências eletromagnéticas em particular, como as causadas por descargas atmosféricas.
- Imunidade a interferências de frequências de rádio de estações de rádio e radar.
- Imune a influência do meio ambiente, como por exemplo, umidade.
- Grande confiabilidade no que diz respeito ao sigilo das informações transmitidas, não podendo ser derivada ao longo de sua extensão.
- Capacidade de transmissão muito superior a dos meios que utilizam condutores metálicos.
- Baixa atenuação, grande distância entre pontos de regeneração [5].

Algumas aplicações que são importantes o uso das fibras ópticas:

- Redes de telecomunicações – locais e interurbanos;
- Redes de distribuição de energia elétrica (monitoração, controle e proteção);
- Redes de transmissão de dados;
- Redes de estúdios, cabos de câmeras de TV;

- Redes de distribuição de radiodifusão e televisão [5].

- Sistema de Transmissão SDH

O padrão SDH (Hierarquia Digital Síncrona dos dados) é um padrão europeu para uso de meios ópticos como transporte físico para redes de longo alcance a altas velocidades.

O sinal SDH é capaz de transportar todos os sinais encontrados na rede de telecomunicações atuais. Isto significa que o sistema SDH pode ser empregado como ponte para os tipos de sinais existentes. Além disso este sistema tem a flexibilidade para rapidamente acomodar novos tipos de serviços a clientes que as operadoras de rede desejam fornecer no futuro.

O sistema pode ainda ser utilizado em todas as áreas de aplicações tradicionais em telecomunicações, por exemplo redes locais. Portanto a SDH faz com que seja possível que uma infra-estrutura de rede de telecomunicações unificada evolua e forneça um único padrão comum para todos equipamentos de diferentes empresas possibilitando a conexão diretamente [7], [9], [11].

Este sistema possui algumas características importantes:

- Interconexão padronizada de equipamentos ópticos de diversos fornecedores
- Arquitetura flexível, capaz de se adaptar a futuras aplicações com taxas variáveis.
- Incluem no padrão funções de extensão, operação e manutenção.
- Simplificação da interface com comutadores e multiplexadores devido à sua estrutura síncrona.
- Capacidade de transmissão que varia de 2/34/140 Mbps
- Custo dos elementos de rede mais baixo - Devido ao padrão comum , equipamentos compatíveis.
- Melhor gerenciamento da rede - Conceitos de TMN

- Provisionamento mais rápido – Novos circuitos podem ser definidos através de software [7], [9].
- Melhor utilização da rede – Com total controle do roteamento.
- Recuperação da rede – Re-roteamento da rede em tempo real.
- Novos serviços – O sistema será responsável pelo transporte de novos serviços como TV de Alta Definição, sistemas CAD/CAM, rede WAN.

A arquitetura do sistema SDH é composta de uma hierarquia de quadro níveis:

- Camada Fotônica – Nível físico que inclui especificações sobre o tipo de fibra óptica utilizada. É responsável pela conversão eletro-óptico dos sinais.
- Camada de Seção – responsável pela criação dos quadros do SDH
- Camada de Linha – cuida do sincronismo, multiplexação dos quadros e comutação.
- Camada de Caminho – responsável pelo transporte dos dados [7].

- Sistema de Transmissão DWDM

O DWDM ou Multiplexação Densa por Divisão de Comprimento de Onda surgiu em meados dos anos 90 e consiste em um método para transmitir vários canais lógicos simultaneamente em uma única fibra, na janela de 1550 Mn [6].

No DWDM o número de canais para transmissão passa a ser de 8, 16, 32, 40, 64 e até mesmo 80 canais por fibra. E num futuro próximo atingiremos sistemas com 128 e 256 canais. O fator decisivo que propiciou o estabelecimento da tecnologia da DWDM foi a disponibilidade de amplificadores ópticos para a janela de 1500nm [6].

O tamanho máximo da cada seção entre amplificadores é condicionado pela atenuação da fibra. Diferentemente dos outros sistemas, o DWDM possui o amplificador EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*) de faixa larga com a função de amplificar todos os canais simultaneamente.

A figura 2 ilustra o esquema básico de um sistema de comunicações DWDM, o sistema é usado para transmitir sinais digitais de um certo numero de transmissores aos respectivos receptores ou seja:

- Um conjunto de transponders na transmissão.
- Um multiplexador com amplificador.
- Os trajetos de fibras ópticas.
- Os amplificadores de linhas ópticas.
- Um demultiplexador com um pré-amplificador receptor incluído [6].

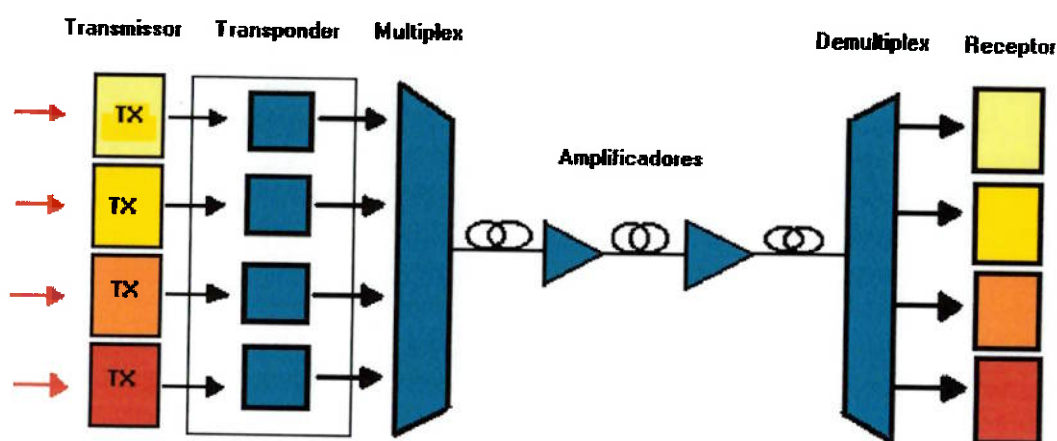


Figura 2 – Esquema básico de um Sistema DWDM [6]

- Rede de transmissão utilizando tecnologia ATM

A tecnologia ATM (Modo de Transferência Assíncrona) foi adotada como modo de transmissão sendo capaz de integrar os mais diversos tipos de serviços, assim como suportar vários outros aplicativos para os quais não foi desenvolvida, como interconexão de LANs, WANs, “mainframe” e supercomputadores.

O ATM nada mais é do que uma técnica de comutação que utiliza pacotes (células) de comprimento fixo. O parâmetro mais relevante é o grande número de serviços emergentes de comunicação com diferentes necessidades e características [8].

Nestas era da informação, usuários requisitam cada vez mais um número grande de serviços, dentre estes serviços podemos citar algum deles: HDTV, vídeo conferencia, transferência de dados com alta performance, biblioteca de vídeo, vídeo sob demanda (supervisão) [8].

Segundo o CCITT, ATM é o seguinte:

“Uma técnica de multiplexagem na qual a capacidade de transmissão é organizada em slots não dedicados com células em quantidades correspondentes às necessidades instantâneas reais de cada aplicação” [7].

A transmissão ATM envolve o estabelecimento de conexões de caminhos e canais virtuais entre usuários. Como a largura de faixa desses canais é alocada dinamicamente, temos o ATM funcionamento perfeitamente tanto em taxas de transmissão muito altas (155 Mbps, 622 Mbps até 10 Gbps) quanto em taxas relativamente baixas. O ATM pode ser considerado como sendo uma integração das técnicas de comutação por pacotes e por circuitos [7].

A tecnologia ATM é modelada com a mesma arquitetura dos sistemas de comunicação do modelo OSI, entretanto utiliza somente as camadas mais baixas, sendo dividida em 3 camadas conforme figura 3 :

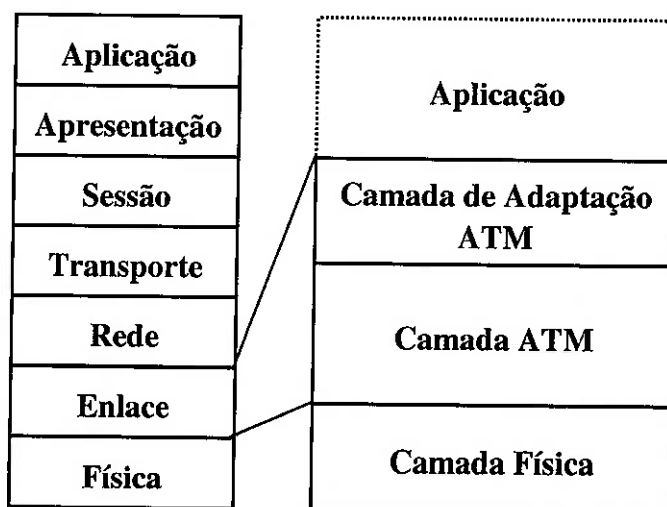


Figura 3 – Relação entre as camadas OSI e ATM [7]

- Tecnologia Ethernet

Uma aplicação das mais utilizadas atualmente pela tecnologia Ethernet são as instalações de redes locais (LANs). Esta rede vêm aumentando sua complexidade de aplicações e com conseqüente aumento da necessidade das velocidades de transmissão. Com uma largura de banda de 10 Mbps passando até 100 Mbps pode-se atualmente trafegar vários aplicativos ao mesmo tempo, inclusive imagens.

A tecnologia Ethernet traz para redes locais outras características além de maior velocidade. Junto com a rapidez e maior oferta de largura de banda, torna-se cada vez mais necessário um maior controle sobre a rede, ou seja, maior flexibilidade para configurações e facilidades de gerenciamento e controle dos fluxos de dados.

Assim como a evolução das aplicações demandam uma evolução tecnológica do hardware das estações de trabalho, novas aplicações em rede, bem como a evolução de sistemas mais antigos feitos para funcionamento em rede, geram uma necessidade cada vez maior de banda passante de rede para poderem funcionar a contento.

Pode-se citar como exemplo os sistemas de engenharia e modelagem científica, transferência eletrônica de documentos (EDI), Intranet, Backup em rede, Data Warehouse, Vídeo Conferência. Alguns destes sistemas/tecnologias são relativamente recentes, e, dependendo da configuração dos sistemas e do seu tamanho, não podem funcionar a contento em redes abaixo de 10 Mbps.

Anteriormente considerava-se que aplicações que agregavam voz e vídeo não poderiam ser implementadas em redes Ethernet, necessitando de tecnologias de redes construídas especificamente para este fim. Atualmente já é possível combinar dados e vídeo em uma rede Ethernet, embora existam tecnologias que são mais apropriadas para este tipo de aplicação.

Alguns fatores que possibilitaram operação de sistemas multimídia em redes Ethernet:

- Aumento da banda passante oferecido pelo Fast Ethernet e pelo Gigabit Ethernet;
- Utilização de switches e tecnologia Full Dúplex, possibilitando comunicações ponto a ponto sem colisão;
- Surgimento de novos padrões que permitem a criação de redes virtuais
- Evolução das tecnologias de compressão de vídeo, tal como o MPEG-2.

2.4 - VPN - Segurança na Transmissão de Dados

O conceito de VPN (*Virtual Private Network*) surgiu da necessidade de se utilizar redes de comunicação não confiável para trafegar informações de forma segura. Com o explosivo crescimento da Internet, o constante aumento de sua área de abrangência e a expectativa de uma rápida melhoria na qualidade dos meios de comunicação, associado a um grande aumento nas velocidades de acesso, estas passaram a ser vista como um meio conveniente para as comunicações corporativas.

No entanto a passagem de dados sensíveis pela Internet somente se torna possível com uso de alguma tecnologia que torne esse meio altamente inseguro em um meio confiável. Com isso o uso do VPN sobre a Internet é uma alternativa viável e confiável.

O funcionamento da VPN nada mais é do que a criação de um caminho seguro (túneis) dentro da rede pública, através da encriptação dos dados em uma conexão (criptografia *end. to end.*). Esta tecnologia esta sendo empregada também em *Firewalls*, permitindo que as empresas criem túneis seguros na Internet, possibilitando conexões seguras com sites remotos. A VPN é uma opção economicamente vantajosa por não utilizar links dedicados ou redes de pacotes para conectar redes remotas. Para que a VPN se configure a mesma deve prover um conjunto de funções que garanta confiabilidade, integridade e autenticidade.

Para implementação de soluções VPN são utilizadas quatro técnicas:

- Modo Transmissão – Somente os dados são criptografados, não havendo mudança no tamanho dos pacotes.
- Modo Transporte – Somente os dados são criptografados, podendo haver mudança no tamanho dos pacotes.
- Modo Túnel Criptografado – Tanto os dados quanto o cabeçalho dos pacotes são criptografados, sendo empacotados e transmitidos segundo um novo endereçamento IP, em um túnel estabelecido entre o ponto de origem e de destino.
- Modo Túnel Não Criptografado – Tanto os dados quanto o cabeçalho são empacotados e transmitidos segundo um novo endereçamento IP, em um túnel estabelecido entre o ponto de origem e de destino.

Resumindo, VPN permite evitar que intrusos invadam a rede corporativa distribuída, mantém a privacidade e a integridade dos dados que atravessam a rede não confiável, manipulam toda faixa de protocolos da Internet em uso de forma transparente, disponibilizam conexões corporativas a baixo custo [11].

3 – Apresentação de Caso

O ELO DE POTÊNCIA QUE SE POTENCIALIZA

(traduzido da T&D WORLD/May 2002) [2]

O Elo de Potência de *Queensland* projeta e instala o primeiro sistema de monitoramento remoto e supervisão *on-line* da Austrália. Texto escrito por *Simon Barlett da Powerlink Queensland*.

- Introdução

A *Powerlink (Queensland, Austrália)* é uma companhia transmissora de eletricidade desregularizada que encara um contínuo desafio em reduzir custos de manutenção e de operação do sistema, enquanto esforça-se em incrementar a disponibilidade e a confiabilidade de sua rede elétrica. A prática industrial tem sido a de encarregar as manutenções preventivas e de rotina ao pessoal do escritório, por meio de visitas regulares às instalações de campo.

Dispondo de 82 Subestações de AT (Alta Tensão) ao longo de quase 2000 km [1243 milhas] da costa leste de *Queensland*, o custo de manutenção da *Powerlink*, baseado nas práticas tradicionais, eram significativos e consumidores de recursos.

Recentemente, a *Powerlink* estabeleceu uma estratégia de gerenciamento dos ativos para reduzir os custos operacionais e de manutenção, enquanto buscava reduzir a frequência e a duração dos desligamentos do sistema. Um aspecto chave dessa estratégia foi o monitoramento à distância dos equipamentos críticos de AT, a fim de

permitir um diagnóstico rápido das tendências incipientes de falhas, antes da saída do próprio equipamento, ou do sistema.

Baseado nesse requisito, a *Powerlink* decidiu adotar tecnologia de supervisão e monitoramento remoto para efetivar a estratégia de gerenciamento de ativos através de toda a rede de transmissão. A Empresa enfrentou esse desafio com várias soluções inovadoras.

- Escopo do Projeto

O controle e a operação das subestações de AT exigem uma confiável rede de comunicação, prática esta que tem sido padrão nessa indústria há anos.

Entretanto, enquanto muitas das subestações modernas de AT são equipadas com interfaces com monitoramento das condições, as redes convencionais de comunicação são incapazes de proporcionar a necessária largura de banda para transferir as informações ao ponto central.

Para se acessar os dados armazenados, um técnico treinado coleta os dados de cada local em um computador portátil (*laptop*). Onde, o objetivo do projeto é capacitar uma ligação (*login*) remota a cada subestação, a partir de um computador de mesa autorizado e interrogar todos os dados dos equipamentos de operação disponíveis. Ademais, fazia-se necessária a operação da supervisão do local.

O projeto compõe-se de seis componentes principais:

- Um sistema completamente integrado para permitir ligação (*login*) remota das instalações monitoradoras quanto às condições da subestação, a partir do computador de mesa autorizado. A segurança é transcendental, cujos riscos para o sistema devem manter-se num mínimo.
- Desenvolver um sistema local de segurança usando câmeras remotas digitalizadas. Essas câmeras demandam um corpo técnico com habilidade para inspecionar remotamente os equipamentos.

- Avaliar e elevar o nível do sistema de comunicação existente, a fim de proporcionar adequada capacidade na largura de banda para se acessar os dados disponíveis.
- Criar uma rede de área local (LAN) dentro da subestação para se conectar via uma rede WAN por todo o sistema de transmissão. Essa rede WAN é para ser ligada à rede de área local LAN dentro das áreas da engenharia principal e da gerência de operação, na base de *Brisbane* do Elo de Potência.
- Usar equipamentos e programas padrões de TI (Tecnologia da Informação). A confiabilidade e a disponibilidade dos componentes dos PC significam que sua ampla utilização em tarefas remotamente monitoradas é agora possível.
- Sempre que possível, trabalhe junto aos fabricantes para que eles adaptem seus programas para facilitar questionamentos e controle à distância. Quando não for possível, desenvolva o programa 'em casa'. O Elo de Potência ligará 37 subestações AT a seu sistema de monitoramento remoto em junho de 2002. A Subestação de *Blackwall*, localizada a oeste de *Brisbane* foi uma das primeiras a serem ligadas ao (novo) sistema de monitoramento remoto.

- Inovações e Benefícios

O projeto de monitoramento remoto necessita apenas de um simples e confiável computador para interrogar, monitorar e supervisionar as subestações AT. As seguintes inovações minimizaram os custos do projeto, enquanto proporcionaram um sistema confiável e flexível:

- Comunicação de dados com alta capacidade de armazenamento, usado previamente apenas para controle e operações.
- Integração a rede de apoio aos negócios corporativos no escritório de *Brisbane*.
- Adoção da tecnologia disponível para Internet para câmeras digitalizadas para supervisão a uma fração do custo da tecnologia convencional de segurança, criando uma das maiores redes de câmeras para Internet no Hemisfério Sul.
- Usar os já disponíveis componentes fora de prateleira, onde for possível.

As características de monitoramento e de supervisão do sistema de monitoramento remoto revelam vários benefícios e uma economia anual nos custos, incluindo:

- Reduzir no número de visitas às subestações por ano, poupando anualmente A\$150,000 (US\$77,000).
- Reduzir a dependência de companhias externas de comunicação, através do uso da sua largura de banda existente, levando a poupar anualmente A\$60,000 (US\$31,000)
- Eliminar o treinamento em campo do pessoal de operação e de manutenção, economizando anualmente A\$60,000.

Baseado na experiência operacional, os dados disponíveis no sistema de monitoramento remoto em seguida às falhas na rede têm sido extremamente úteis. Em subestações com capacidade de monitoramento remoto, o atendimento de campo pode ser evitado ou retardado até um tempo mais conveniente, uns 16% além do tempo comparado ao dos locais tradicionais; isso tem resultado numa economia anual de A\$150,000 em custos de falsos alarmes e de perdas de oportunidades.

Isso sem incluir o benefício adicional proporcionado ao provedor do serviço de manutenção com melhores informações, antes da visita ao campo, evitando problemas de não haver (levado) equipamento adequado para reparar a falta. Em várias ocasiões, o sistema de monitoramento remoto tem ajudado a diminuir os tempos de restabelecimento no suprimento de energia, ao proporcionar acesso aos dados necessários para se estabelecer a estratégia de restabelecimento mais apropriado.

Ademais, ele permite que os dispositivos se recomponham, após a confirmação da causa da falta, utilizando-se câmeras para se inspecionar visualmente o equipamento no local.

Numa situação como essa, o sistema de monitoramento permite que uma peça do equipamento seja retornada a serviço, sem nenhuma visita do engenheiro ao local, o qual implica em quatro horas de viagem até o mais próximo depósito de

manutenção. Neste caso, o sistema evitou restringir-se um alimentador crítico e seu respectivo impacto sobre o Mercado Nacional de Eletricidade por quatro horas.

Analogamente, em outra ocasião, quando o corte de carga tinha ocorrido, o sistema de monitoramento remoto permitiu que a carga fosse restaurada uma hora mais cedo do que teria sido possível de qualquer outra forma. A economia de custo associado a apenas esses dois incidentes, facilmente, cobriria o custo da instalação do sistema de monitoramento remoto nos locais envolvidos.

Em seguida à bem sucedida implementação do sistema de monitoramento remoto, a *Powerlink* constatou vários outros benefícios intangíveis:

- A disponibilidade da melhora de informações mais precisas sobre a rede tem permitido à *Powerlink* gerenciar melhor sua exposição ao risco, frente o Mercado Nacional de Eletricidade vigente.
- A integração dos dados da operação com os dados mantidos no sistema de planejamento corporativo da Empresa foi facilitada por meio deste projeto.
- A disponibilidade dos dados tem ajudado a otimizarem-se os estudos de planejamento e de uso dos equipamentos.

A *Powerlink* foi a primeira companhia de transmissão australiana a investir num sistema completo de monitoramento remoto e a atualizar as tradicionais atividades de operação e de manutenção nas subestações.

Estudos de custo-benefício confirmam que as economias até a presente data, como resultado do uso da nova instalação e suas respectivas economias no custo operacional deste sistema, excederão o valor do investimento total. A natureza inovadora do sistema de monitoramento remoto e seus respectivos benefícios tem sido amplamente reconhecida através de prêmios pelo Instituto dos Engenheiros da Austrália – Divisão de *Queensland*. [2]

4 – Projeto para Implantação do SSI

4.1 – Introdução

A proposta deste trabalho tem algumas características especiais, pois tratando-se de instalações pertencentes ao sistema de transmissão da CTEEP, com mais de 18.000 Km de circuitos de linhas de transmissão distribuídos por todo território do Estado de São Paulo em 100 subestações com tensões variando de 500, 440, 345, 230, 138, 88 e 69 KV e uma potência de transformação da ordem de 35.000 MVA distribuídos ao longo dos 11.589 Km de linhas de transmissão, os equipamentos de hardware e software a serem instalados deverão ser organizados hierarquicamente e serem considerados como um conjunto de subsistemas distribuídos ao longo das instalações tendo como objetivo único a supervisão de toda operação do sistema elétrico.

Os subsistemas estarão devidamente alocados em pontos estratégicos de acordo com a hierarquia de operação existente na empresa, devendo os mesmos possuir facilidades de acessos, alterações, inclusões e toda documentação necessária da localidade de instalação.

Em todas as subestações onde serão implantados o SSI deverão possuir, além dos equipamentos básicos para supervisão de imagens, um gerenciador de imagens onde concentraram todas informações. Estas informações deverão estar disponíveis a vários níveis da empresa sendo seu acesso disponibilizado por senhas obedecendo uma certa hierarquia.

Para viabilização de todo SSI os padrões de comunicações deverão ser constituídos por sistemas digitais com velocidade compatível para reprodução de imagens, ou seja toda visualização dos equipamentos ocorrerá em tempo real para todos colaboradores da CTEEP por meio do sistema de telecomunicações. O SSI estará disponibilizado via Internet em tempo real porém este acesso estará restrito à algumas imagens somente.

O acesso às informações oriundas das câmeras poderá ser por meio de um microcomputador (PC) ou no painel sinóptico instalado nos Centros Regional de Operação (CROs) e no Centro de Operação do Sistema Elétrico (COS).

A operação de qualquer sistema elétrico requer uma atuação ininterrupta (24 horas, 7 dias da semana), portanto este sistema de monitoramento através de imagens atenderá também esta exigência permanecendo *on-line*.

Com relação ao aspecto segurança patrimonial o projeto deverá atender as normas mínimas de segurança abrangendo todo perímetro compreendido da subestação.

4.2 - Abrangência

A abrangência deste trabalho está diretamente relacionado a todas instalações pertencentes a qualquer subestação de energia elétrica, porém a proposta em questão visa somente tratarmos das subestações pertencentes a CTEEP que estão distribuídas ao longo de todo Estado de São Paulo.

Para um melhor entendimento o sistema para operação de todas subestações da CTEEP está dividido em subestações com operação local, centros regionais (CROs) e um Centro de Operação do Sistema (COS), conforme figura 4.

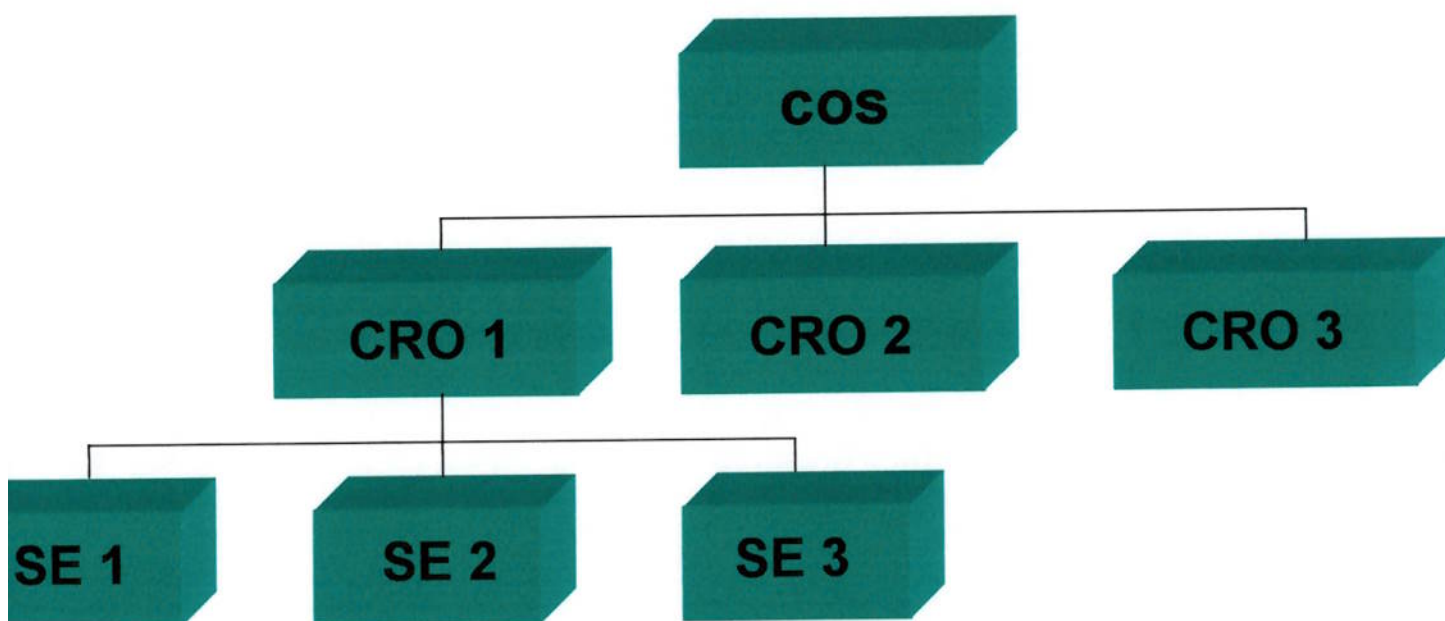


Figura 4 – Estrutura de Operação do Sistema Elétrico

O sistema SSI a ser implantado nas subestações deverá possuir um tráfego de informações oriundos das subestações passando pelos CROs correspondentes, onde existira um sistema de gravação para cada subestação, conforme descrito conforme figura 5.

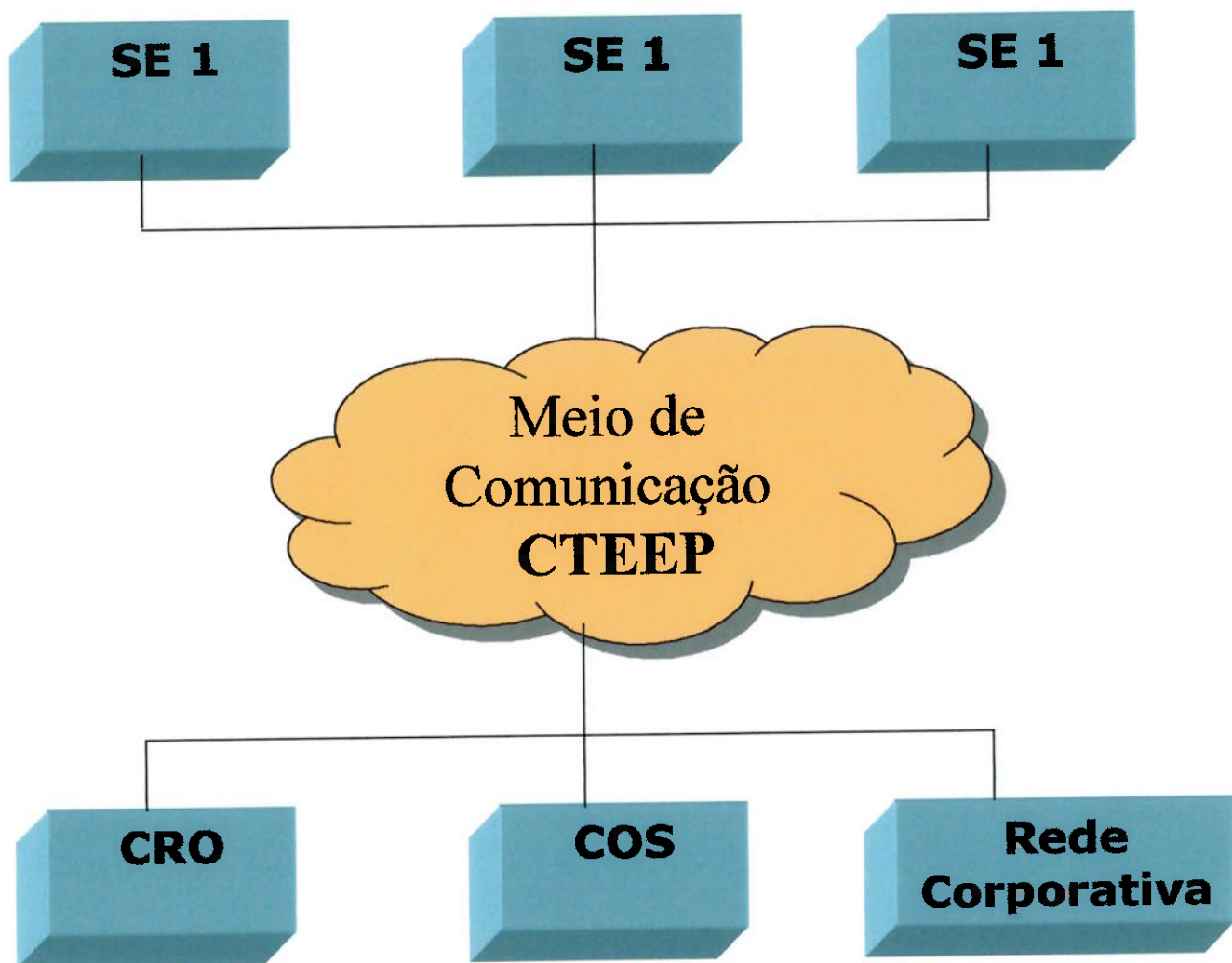


Figura 5 – Configuração Básica do SSI

4.3 – Implantação nas Subestações

Com a grande quantidade de subestações pertencentes a CTEEP será dado um tratamento especial quanto as características com relação as dimensões físicas, capacidade de transformação, localização geográfica.

Inicialmente deve-se realizar uma distribuição das câmeras digitais ao longo de todo pátio energizado da subestação, edificações de comando e áreas externas. Os pontos onde deverão ser fixadas as câmeras serão previamente estudados em conjunto com as equipes responsáveis que atuam na operação da subestação.

A instalação das câmeras seguirá alguns posicionamentos quanto aos equipamentos a serem monitorados como por exemplo transformadores, seccionadoras, disjuntores, reatores, linhas de transmissão e outros.

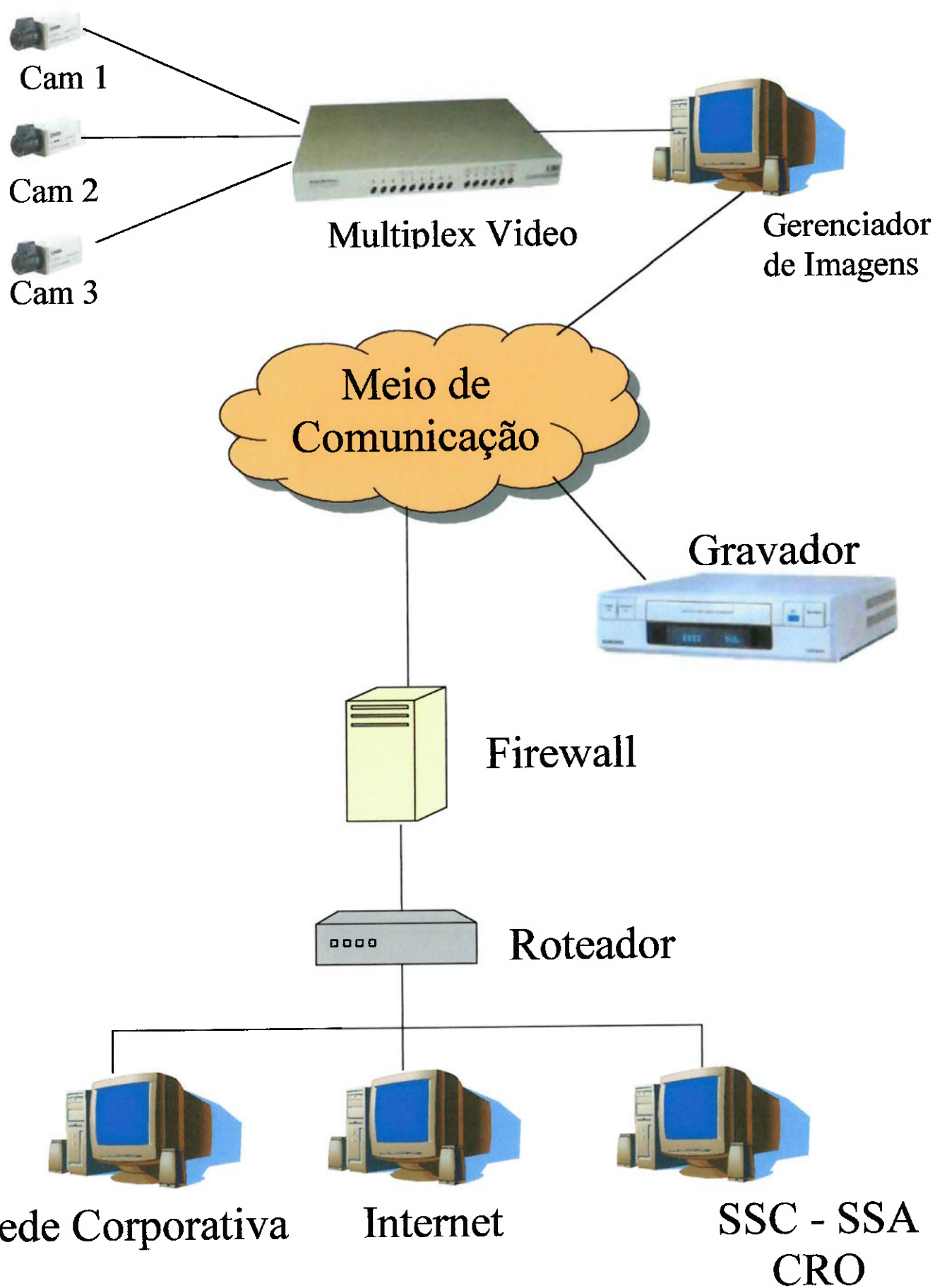
Como a maior quantidade das câmeras digitais estarão instaladas em áreas energizadas a colocação física deverá atender as normas de segurança de operação e manutenção com relação às equipes e equipamentos instalados.

Entende-se que para uma melhor visualização dos equipamentos a fixação das câmeras devera ser preferencialmente nos pórticos.

Toda câmera a ser implantada devera possuir um conversor com interfaces ópticas permitindo uma conexão entre as mesmas e a recepção. A conexão entre os cabos ópticos e o gerenciador de imagens deverá ser através de um multiplexados digital de imagens.

A seguir, na figura 6, tem-se uma descrição de como deverá ser o trafego de informações do SSI entre uma subestação e os centros regionais de operação (CROs) e centro de operação do sistema (COS).

Abaixo figura 6 – Estrutura do SSI nas subestações da CTEEP.



Deve-se atentar para o fato de que esta configuração devesse prevalecer para qualquer subestação, porém o envio das informações seguirá uma hierarquia de operação existente conforme descrição anteriormente.

4.4 – Tecnologia Empregada no SSI

Existem duas maneiras para que um equipamento de uma subestação atue, através de um comando previamente programado ou por perturbações provenientes da natureza. Para o caso de manobras programadas o operador executa a ação através de uma botoeira, localizada no painel de comando, ou através do Sistema de Supervisão e Controle (SSC) localizado nos Centros Regionais de Operação (CROs) e Centro de Operação do Sistema (COS).

Partindo destas atividades para operacionalização do Sistema de Supervisão de Imagens (SSI) o conceito a ser adotado é de que todas as manobras deverão ser monitoradas. Uma técnica normalmente empregada é a de câmeras em operação com filmagens a uma distância pré estabelecida, mas somente isto não bastaria pois há necessidade de um monitoramento com visualização próxima ao equipamento.

Para isto existe a possibilidade de comandar as câmeras digitais através da primeira etapa do comando dado pelo operador.

Inicialmente quando o comando for dado pelo operador por meio do Sistema de Supervisão e Controle (SSC) ao selecionar um determinado equipamento este fará com que um comando saia para software que comanda o sistema de monitoramento SSI, localizado no gerenciador de imagens (PC) e este acionará a câmera digital posicionada próxima ao equipamento, ora a ser manobrado, executando um aproximação um instante antes da execução da operação, fazendo com que toda operação programada seja visualizada a uma distância aceitável.

Este comando emitido pelo software do SSC (SCADA – *Supervisory, Control and Data Aquisition*) atualmente replicado para as remotas instaladas nas áreas das subestações e para o Sistema de Supervisão Aberto (SSA) deveria ser também replicado para o SSI.

Quando se tratar de manutenção realizada junto ao equipamento da subestação o SSI poderá executar a operação de aproximação por meio de um comando dado pelo operador que acionara algumas câmeras posicionadas próximas ao serviço de tal forma que a visualização abranja o maior numero de ângulos possíveis.

Portanto em qualquer situação onde as manobras ou manutenções são programadas o monitoramento através do SSI permite acompanhamento de todas etapas executadas na subestação com visualização nítida.

Pensando em termos de manobras não programadas, ou seja perturbações oriundas da natureza, o monitoramento com visualização próxima ao evento somente ocorrerá através de comandos dados pelos operadores das subestações.

O mesmo acontece com o monitoramento para supervisionar a área patrimonial da subestação, onde toda visualização ocorrerá em tempo integral devendo o fator de aproximação ser dado somente pelos operadores responsáveis pela subestação.

4.5 – Armazenamento dos Dados do SSI

Toda implantação com uso da tecnologia de monitoramento com aproximação junto aos equipamentos não valeria se não fosse possível arquivar estas informações, portanto o armazenamento dos dados é uma questão importante a ser analisada.

Como já descrito anteriormente em todas subestações com Sistema de Supervisão de Imagens existira um gerenciador de imagens (PC) e para o armazenamento de todas estas informações em um sistema de banco de dados isto não é possível, pois em uma filmagem de apenas um (1) minuto são necessários uma capacidade de memória em

disco de até 3 Mb e como o SSI estará operando 24 horas por dia durante 7 dias da semana, a capacidade em disco para armazenamento de todas câmeras teria dimensões que estariam além da realidade atual.

Uma metodologia existente em algumas empresas para resolver este problema e que devera ser aplicado no SSI é a gravação das imagens em fita VHS. Esta técnica somente é possível por meio de um equipamento, Gravador Digital, com a capacidade de gravação em uma mesma fita de 16 cameras simultaneamente. Este gravador cuja programação não devera ultrapassar a gravação de 6 frames por segundo para cada câmera durante 24 horas, portanto em uma fita tem-se a gravação de 16 câmeras por um período de 24 horas.

Como a localização dos gravadores devera ser nos CROs o armazenamento físico destas fitas VHS estará a cargo dos responsáveis pela operação regional devendo permanecer por um período de pelo menos 15 dias, para então posterior regravação.

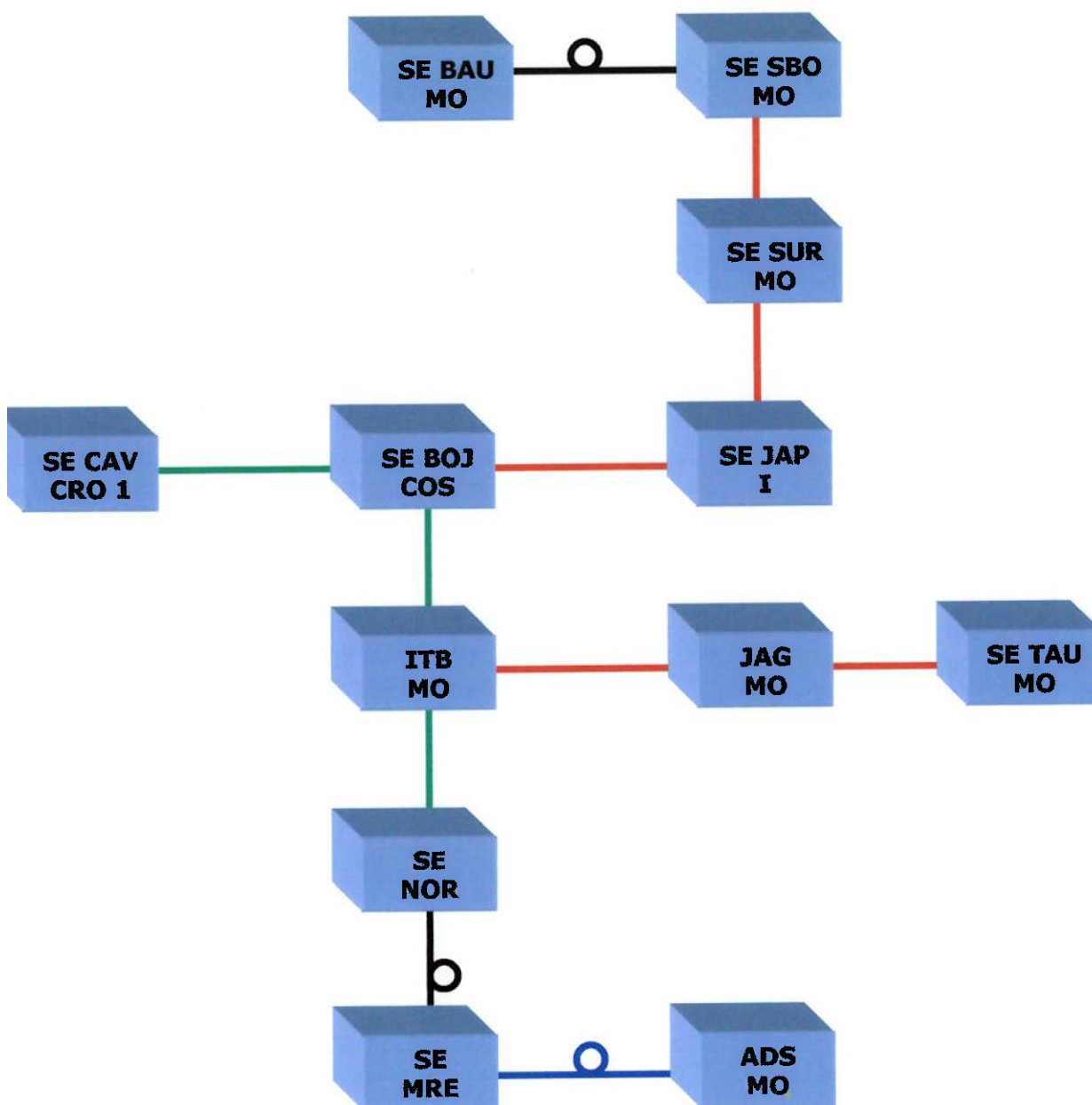
4.6 – Sistema de comunicação da CTEEP

A Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista, CTEEP possui um sistema próprio de telecomunicações, denominado Sintel (Sistema Integrado de Telecomunicações), destinado a atender as atividades de operação/manutenção e áreas corporativas. Este sistema possui 1400 Km de cabos OPGW com 200 estações de microondas espalhadas por todo Estado de São Paulo.

Apesar de possuir uma tecnologia analógica, que num futuro próximo estará sendo modernizado com a substituição por tecnologia digital, a comunicação atual entre as subestações com pólos de operação (CROs) e o Centro de Operação do Sistema (COS) possui links de 2Mbps propiciando uma troca de informações de dados mais rápido o que torna viável a implantação do SSI.

Uma questão importante a se considerar para que a troca de informações do SSI se realize é a velocidade de transmissão ser acima de 256 Kbps, o que leva a concluir que numa primeira etapa a implantação deva ocorrer somente entre os CROs e COS.

Abaixo, figura 7, a situação atual de comunicação entre os CROs e o COS e algumas subestações com pólos de operação, onde o tráfego de dados é feito com velocidade da ordem de 2 Mbps.



- Fibra Óptica SDH
- Fibra Óptica PDH
- Radio Digital 4E1 - 1,5 Ghz
- Radio Digital 2x16E1 - 6,76 Ghz

Figura 7 – Estrutura de comunicações da CTEEP

5 – APÊNDICE

5.1 - Equipamentos (Hardware)

Os equipamentos básicos para implantação do SSI deverão ser constituídos com uma configuração mínima, ou seja:

- **Câmeras de vídeo** – Deverão possuir as seguintes características elétricas e mecânicas:
 - Câmera colorida tipo *Speed-dome – Day/Night*
 - Conversão automática de colorido para monocromático
 - Sensibilidade luminosa igual ou inferior a 0,2 lux para colorido
 - Formato do sinal em NTSC/PAL-M
 - Ajuste automático de foco
 - Propriedade de zoom automático
 - Movimentação horizontal e vertical
 - Controle remoto
 - Velocidade horizontal e vertical em preset
 - Acondicionamento em cúpula tipo dome de alumínio
 - Sistema interno de ventilação e calefação e isolamento térmica

- **Cabo de Fibra Óptica**
 - Cabo óptico Indoor/Outdoor com 4 fibras
 - Cabo do tipo multimodo com revestimento interno em acrilato
 - Resistente a umidade, fungos e raios ultra violeta
 - Capa externa do cabo em material termoplástico retardante
 - Cabo com construção a seco sem geleia

- **Conversor Óptico/Coaxial**

- À prova de interferências
- Alta largura de banda
- Transmissão de vídeo a longa distancia
- Conexão com cabo óptico multimodo
- Imunidade a interferências elétricas
- Compatível com padrões de vídeo NTSC, PAL-M

- **Gerenciador de Imagens**

- Micro computador compatível com software para gerenciador de imagens
- Transmissão, com acesso remoto via rede LAN, WAN e Internet
- Sinal de vídeo em modo NTSC/PAL-M
- Conexão com teclados, monitores
- Conexão com multiplexadores digitais em modo RS 232C
- Capacidade para saída de vídeo

- **Multiplexadores Digitais**

- Alta qualidade digital
- Display variado
- Controle de comunicação remota RS 232C e chaveado
- Congelamento de imagens
- Compatível com S-VHS
- Comunicação remota
- Memórias para queda de energia

- **Gravador Digital**

- Multiplexadores digitais
- Modelo Time Lapse
- Varias velocidades de gravação disponíveis
- Gerador de data/hora interno
- Sistema automático para rebobinar/reciclar ao final da fita
- Gravação em serie
- Função “trava se gravação” para evitar erro de operação
- Sistema 4 cabeça com azimuth duplo
- Entradas para comutação sequencial
- Função controlado por PC

5.2 – Aplicativos (Software)

O Software para o gerenciador de imagens devera possuir algumas características:

- Senhas configuráveis em níveis hierárquicos para controle de acesso tanto local como remoto.
- Plataforma de trabalho em Windows
- Controle das câmeras à distancia (PAN/TILT/ZOOM)
- Sistema programáveis de preset de posicionamento das câmeras
- Múltiplo modo de exibição de imagens
- Acesso remoto às imagens
- Alarme de perda de sinal das câmeras

6 – Conclusão

Esperamos que o trabalho descrito sirva de orientação para implantação de sistemas de monitoramento por câmeras digitais em subestações mostrando algumas ferramentas e aplicações que permitam a uma análise para futuras tomadas de decisões melhores e mais rápidas com base em fatos, aplicando o gerenciamento proativo e positivo aos negócios, através de sistemas inteligentes e aplicações analíticas.

O trabalho básico descrito envolve a integração das informações de imagens digitais recebidas de varias subestações, porem não se pode esquecer que apesar de o mundo das informações estarem se tornando cada vez mais digitais ainda continua analógico no modo como interage com seus usuários, quer seja na forma das ondas sonoras de uma musica ou variações de luz das imagens.

Mesmo com todas as dificuldades para implantação deste sistema, em subestações, concluímos que o investimento em um sistema dessa natureza é muito importante, principalmente para as grandes empresas do setor elétrico proporcionando maior economia aos investimentos com relação a manutenção e operação.

7 - Referencias

- 1 – Vallejo, H. D. Vídeo Digital 1º ed.: [Tradução Túlio Camargo da Silva] – São Paulo : Editora *Quark Books*, 1998
- 2 – Bartlett, S. , *Powerlink Uplink* , revista *Transmission Distribution World*, Austrália, vol. 54 n.º 5, maio 2002.
- 3 – Televisão de Alta Definição: grandes ambições para o ano 2000, revista *Elektor Eletrônica*, Lisboa Portugal, vol. 7 n.º 82.
- 4 – Lu, C. , *Largura de Banda* 1º ed.: [Tradução Gustavo Barbosa], São Paulo, editora *Berkeley*, Brasil 1999.
- 5 – Apostilas de Eletrônica e Informática, disponível em <http://www.li.facens.br/eletronica> .
- 6 – Vogel, S. , DWDM – Multiplexação Densa por Divisão de Comprimento de Onda, *Fibra Óptica Resource Kit*, catalogo *Acterna – The Keepers of Communications*.
- 7 – Redes de Alta Velocidade, disponível em : <http://www.pgredes.hpg.com.br>.
- 8 – I *Workshop* do Rio de Janeiro em Redes de Alta Velocidade, Tutorial : Redes ATM , Rio de Janeiro 1999.
- 9 – NEC do Brasil, Engenharia de Sistemas de Rádios Digitais – Introdução a SDH, NEC do Brasil, centro de treinamento, 1999.
- 10 – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Guido, A.R.; Ogawa C. J. , Banco de Dados Multimídia, Instituto de Biociencias, Letras e ciências exatas, Campus São José do Rio Preto.
- 11 – VPN – *Virtual Pricate Network*, disponível em : <http://www.pgredes.hpg.com.br>