SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA

GTL - 07
16 a 21 de Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

GRUPO XVI
GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL

SOLUÇÕES DE REDES CORPORATIVAS CONVERGENTES PARA AS "POWER UTILITIES"

Bruno de Lima Franco *

ABB Ltda.

H.Spiess

ABB Switzerland Ltd.

RESUMO

Atualmente, as "Power Utilities" enfrentam o desafio de implementar um sistema de telecomunicações que atenda plenamente aos requisitos que suas aplicações operacionais demandam e, em paralelo, de se beneficiar das inovações tecnológicas que, cada vez mais, o mercado apresenta.

Este trabalho, além de abordar os aspectos principais de uma rede operacional de telecomunicações, elabora um comparativo entre as diversas tecnologias de telecomunicações e, finalmente, apresenta uma solução convergente que combina, em uma única plataforma, tanto as aplicações *"operacionais*", como as "*corporativas & comerciais*".

PALAVRAS-CHAVE

IP– GFP – VCAT– LCAS – SDH

1.0 APLICAÇÕES OPERACIONAIS VS. CORPORATIVAS

O elevado grau de desenvolvimento das tecnologias de telecomunicações, com novas possibilidades para a transmissão de informações, proporcionam grandes benefícios às "Power Utilities". Entretanto, o desenvolvimento das telecomunicações ocorre, no geral, em função das necessidades das operadoras dos serviços públicos de telecomunicações. Enquanto as redes das operadoras públicas de telecomunicações estão orientadas para altas taxas de transmissão a um custo mínimo, as redes operacionais das "Power Utilities", por sua vez, estão orientadas para os requisitos específicos que suas aplicações operacionais (Automação de Subestações, SCADA, Proteção) exigem, muito mais relacionadas à confiabilidade, segurança, disponibilidade e tempo de resposta, do que à capacidade de transmissão, propriamente dita.

2.0 APLICAÇÕES OPERACIONAIS

As aplicações operacionais podem ser definidas como aquelas que têm um papel fundamental na operação e proteção do sistema elétrico, minimizando os riscos da ocorrência de "apagões", bem como protegendo a infra-estrutura da planta contra danos. A transmissão das informações provenientes destas aplicações é um fator decisivo e fundamental para um fornecimento de energia estável e confiável aos usuários finais.

As aplicações operacionais das "Power Utilities" podem ser classificadas de acordo com suas prioridades, conforme tabela a seguir:

* Av. Monteiro Lobato, 3285 - Vila São Roque - CEP: 07190-904 - Guarulhos – SP.
Tel: (011) 6464-8114 - Fax: (011) 6464-8361 - e-mail: bruno.franco@br.abb.com

TABELA-1: Classificação das Aplicações Operacionais

PRIORIDADE ALTA	PRIORIDADE MÉDIA	PRIORIDADE BAIXA
Proteção de Linha e Objetos Controle do Sistema de Potência (SCADA)	Serviços de Telefonia Operacional Rede Corporativa de Dados	Vídeo-Vigilância Diagnóstico e Suporte Remoto

3.0 REQUSITOS DE TELECOMUNICAÇÕES

Dependendo das características específicas de cada tipo de aplicação operacional, diferentes aspectos e requisitos de telecomunicações deverão ser considerados, a fim de se utilizar a tecnologia de telecomunicações mais apropriada. A tabela abaixo resume os mais importantes requisitos de telecomunicações, de acordo com cada aplicação:

TABELA-2: Aplicações vs. Requisitos de Telecomunicações

Aplicações /Requisitos	Largura de Banda	Tempo de Transmissão	Tolerância à variação do Tempo de Transmissão	Imunidade a BER	Disponibilidade	Imunidade a EMI	QoS (Tempo Real)
Proteção de Linha e Objetos	Baixa	< 5ms	Baixa - Média	Muito Alta	> 99,99%	Muito Alta	Muito Alta
SCADA	Baixa-Média	< 1 seg	Média	Média	> 99,98%	Alta	Baixa-Alta
Serviços de Telefonia Operacional	Baixa	< 150ms	Média	Baixa	> 99,50%	Média - Alta	Média
Rede Corporativa de Dados	Média-Alta	< 10 seg	Alta	Baixa	> 99,50%	Média	Baixa
Vídeo-Vigilância	Baixa-Alta	< 1 seg	Média	Baixa	> 99,50%	Média	Média
Diagnóstico e Suporte Remoto	Baixa	< 1 seg	Média	Baixa	> 99,50%	Média-Alta	Baixa-Média

4.0 TECNOLOGIAS DE TELECOMUNICAÇÕES

Nas últimas décadas, tem-se observado o surgimento de diversas tecnologias de telecomunicações, principalmente tecnologias digitais que utilizam a comunicação óptica. Das várias tecnologias disponíveis atualmente no mercado, serão abordadas as tecnologias mais utilizadas pelas “Power Utilities”, das quais podemos destacar as seguintes:

4.1 PDH (Plesiochronous Digital Hierarchie)

Tecnologia desenvolvida nos anos 70, principalmente utilizada para a transmissão de canais de voz multiplexados no tempo (TDM –Time Division Multiplexing). Um dos grandes inconvenientes do TDM, é que como os sinais de usuários são provenientes de fontes diferentes, há uma diferença de sincronismo entre eles, impedindo assim a multiplexação direta destes sinais, fazendo-se necessária a inclusão de bits de ajuste (enchimento) pelo multiplexador. Como há esta diferença de freqüência de amostragem entre os sinais, existem algumas desvantagens que limitam a utilização do PDH como tecnologia de transmissão:

4.0 Dificuldade de inserção/extração de tributários, sendo necessária toda uma operação de multiplexação/ demultiplexação, tornando-a uma técnica pouco flexível e com limitações de taxas de transmissão;

5.0 A falta de padronização dos equipamentos utilizados em PDH faz com que a interconexão de sistemas se torne cara e ineficiente.

Apesar do PDH ser muito complexo e pouco flexível em comparação com as tecnologias de transporte de hoje, o PDH ainda é a tecnologia mais utilizada no nível de acesso.

4.2 SDH (Synchronous Digital Hierarchie)

Devido à demanda de maiores taxas de transmissão e à necessidade de solucionar os problemas inerentes à tecnologia PDH, procurou-se criar um sistema mais flexível, mas que fosse compatível com o sistema já existente. Assim, a tecnologia SDH foi definida e padronizada pela ITU-T no final dos anos 80. Em uma rede SDH, todos os “nós” derivam sua sincronização de uma fonte comum de sincronismo. O padrão ITU-T define a estrutura SDH de modo a permitir a interoperabilidade de terminais SDH de diferentes fabricantes. Com o DWDM (Dense

Wavelength Division Multiplexing) as taxas de transmissão podem ser expandidas no nível óptico utilizando-se diferentes comprimentos de onda utilizando o mesmo par de fibras.

4.3 ATM (Asynchronous Transfer Mode)

No início dos anos 90, a crescente necessidade de uso de banda e de classes de serviços diferenciados, de acordo com o tipo de aplicação, levou ao desenvolvimento da tecnologia ATM, com padrões e recomendações elaborados por órgãos internacionais de telecomunicações. Basicamente, o ATM é uma tecnologia orientada a conexão que transmite informações em modo assíncrono, dividindo essas informações em pacotes de tamanho fixo denominados células. Cada célula carrega um endereço que é usado pelos equipamentos da rede para determinar o seu destino.
A tecnologia ATM é adequada para o envio assíncrono de informações com diferentes requisitos de tempo e funcionalidades, proporcionando assim uma grande otimização do uso de banda, suporte de múltiplas classes de Qualidade de Serviço (QoS) para diferentes tipos de tráfego, tais como dados, voz e vídeo.

4.4 IP (Internet Protocol)

O IP é um protocolo não orientado a conexão que foi desenvolvido para possibilitar a interconexão de redes e estabelece regras e formatos para endereços e roteamento de pacotes em uma rede. Inicialmente, suas aplicações eram basicamente para comunicação de computadores em uma rede local (LAN), porém hoje o IP já é amplamente utilizado nas redes de longa distância (WAN). Atualmente, o IP é o protocolo de rede mais difundido e utilizado no mundo.

4.5 MPLS (Multi Label Protocol Switching)

MPLS (Multiprotocol Label Switching) é uma tecnologia definida pelo IETF (Internet Engineering Task Force) que proporciona o encaminhamento e a comutação eficientes de fluxos de tráfegos através da rede. O protocolo MPLS desponta como uma arquitetura emergente, que através do modelo de encaminhamento de pacotes baseados em labels, permite a interoperabilidade e compatibilidade de diversas tecnologias de rede usadas pelos principais backbones do mundo. Podemos ainda citar outras características importantes propostas por esse protocolo: a agilidade no encaminhamento de pacotes proporcionada pela simplificação no processo de roteamento, onde os pacotes são analisados apenas nas bordas de um domínio MPLS e são somente comutados pelos demais roteadores; a implementação de orientação à conexão em redes IP, o que propicia a engenharia de tráfego; o suporte ao IP QoS, que possibilita a utilização de qualidade de serviço em redes baseadas em IP. Isto tudo sem alterar totalmente a estrutura já existente das rede de comunicações. Todas essa características nos levam a creditar o protocolo MPLS como uma tecnologia capaz de melhorar sensivelmente a qualidade das transmissões de voz e vídeo (através do QoS), a segurança (através das VPNs) e a velocidade e planejamento nas transmissões de dados (através do TE).

4.6 TABELA RESUMO

Segue abaixo uma tabela que compara as diversas tecnologias de telecomunicações:

TABELA-3: Tecnologia de Telecomunicações

Requisitos/ Tecnologias	PDH	SDH	ATM	IP	MPLS
Largura de Banda	140Mbps	STM-64, DWDM	STM-64, DWDM	Gigabit Ethernet	Gigabit Ethernet
Tempo de Transmissão	< 5ms	< 5ms	< 5ms	Não garantido	Não definido (IETF)
Variação do tempo de transmissão	< 1ms	< 1ms	< 1ms	Não garantido	< tempo de transmissão máximo
Tempo de Chaveamento	< 10ms (Típico)	< 50ms (ITU-T)	< 50ms (ITU-T)	Não garantido	< 100ms
Chaveamento Bilateral	Possível	Possível	Possível	Não é possível	Não definido (IETF)
Imunidade a EMI	Disponível	Disponível	Disponível	Ambiente Corporativo	Ambiente Corporativo
QoS (Tempo Real)	Garantida	Garantida	Pode ser garantida	Não garantida	Pode ser garantida
Alocação dinâmica de banda	Não	Não	Sim	Sim	Sim

5.0 SOLUÇÕES DE REDES CORPORATIVAS CONVERGENTES (CCNS)

A solução proposta proporciona às “Power Utilities”, uma rede de telecomunicações flexível e integrada em uma única plataforma compatível com as aplicações operacionais, e seus requisitos de confiabilidade e disponibilidade, bem como com as aplicações corporativas e comerciais, e seus requisitos de alta capacidade de transmissão e flexibilidade na alocação de banda.

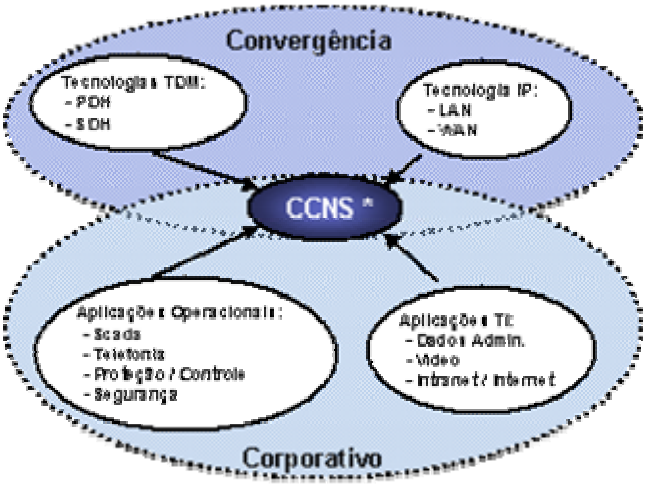

FIGURA 1 – Proposta de Convergência

Neste contexto, as soluções “IP so[illegible]s. Com o surgimento dos novos padrões ITU-T baseados na camada física do SDH, como o *“General Framing Procedure”* (GFP ITU-T G.7041), *”Virtual Concatenation”* (VCAT) e *“Link Capacity Adjustment Scheme”* (LCAS, ITUT-T G.7042), surgiu uma forma mais otimizada de empacotamento de dados.

“Generic Framing Procedure” (GFP, ITU-T G.7041)

O padrão (GFP, ITU-T G.7041) define uma nova forma de empacotamento de dados de modo a transportar sobre as redes WAN diferentes tipos de protocolos. Assim, é possível haver a interoperabilidade entre equipamentos de dados de diferentes fabricantes que até então tinham formas de mapeamento proprietárias.
O GFP não está limitado somente ao tráfego Ethernet & IP.

“Virtual Concatenation” (VCAT)

A concatenação virtual possibilita uma alocação de banda muito mais eficiente, pois evita o desperdício de banda conforme ilustrado na tabela a seguir:

TABELA-4: Eficiência de Alocação de Banda com VCAT.

TAXA DE TRANSMISSÃO	EFICIÊNCIA SEM VCAT	EFICIÊNCIA COM VCAT
Ethernet (10Mbps)	VC-3– 20%	VC-12-5v – 92%
Fast Ethernet (100Mbps)	VC-4 – 67%	VC-12-46v– 100%
Gigabit Ethernet (1Gbps)	VC-4-16c – 42%	VC-4-7v– 85%

A concatenação virtual também permite uma alocação de banda mais flexível, quando comparada ao processo tradicional de concatenação, pois os dados de podem ser mapeados em “containers” que não sejam contíguos e que trafeguem por diferentes rotas.

<u>Concatenação Tradicional:</u>

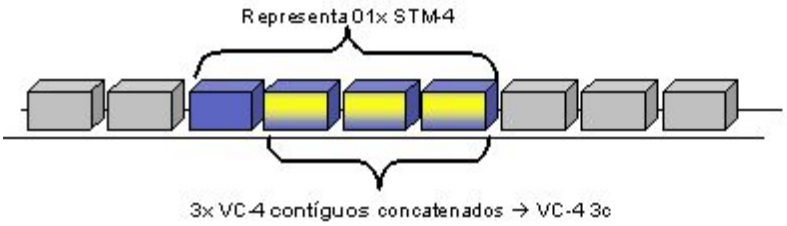

FIGURA 2 – Esquema de Concatenação Tradicional

Concatenação Virtual:

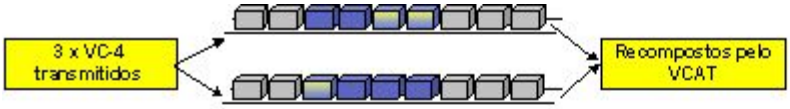

FIGURA 3 – Esquema de Concatenação Virtual

"Link Capacity Adjustment Scheme" (LCAS, ITUT-T G.7042)

LCAS descreve o mecanismo de como a capacidade do link pode ser ajustada de acordo com a variação da demanda por largura de banda para cada conexão lógica. O LCAS é um mecanismo de adaptação pseudodinâmico que requer a atuação do operador, o qual irá aumentar ou diminuir a capacidade do tráfego Ethernet pela adição ou remoção de "containers" (VC-12, VC-3, etc). O maior benefício do LCAS é que o "Throughput" é variado sem NENHUMA perda de tráfego.

O *"IP sobre SDH"* garante flexibilidade de alocação dinâmica de banda do IP e, com o SDH, assegura um comportamento determinístico às aplicações operacionais.

6.0 PRODUTOS ABB PARA REDES CONVERGENTES

Família FOX515 Nova Geração

FOX515 T		***STM-1 / 4 / 16 / 64/ WDM ADM*** **192 x 192 STM-1 DXC** (em VC4 / VC3 / VC12) **Redundância (Matriz,Fonte & Tributário)** **Proteção (SNC, MSP, MSPRING)** **E1/ E3/ T3/ (opt.&el.)** **nx FE/ nx GbE**
FOX515 X		***STM-1 / 4 / 16 ADM*** **64 x 64 STM-1 DXC** (em VC4 / VC3 / VC12) **> 63 x E1 / 6 x E3/T3** **> 8 X FE / 2 x GbE (opt.&el.)**
FOX515 M		***STM-1 TM (1+0)*** **1 x S-1.1** **4 x E1** **4 x FE** **4 x IF (V.35,V.36,X.21)**

Interface CM-FEx8xRJ45– Funções e Características:

Geral

- Ethernet sobre SDH (EoS);

- Virtual concatenation (VCAT);
- Generic Framing Procedure (GFP);
- Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS);

Camada 2 (Ethernet Switching)
- 802.1p/q VLAN and traffic prioritisation;
- 802.3
- STP, RSTP (Spanning Tree, Rapid STP);

Interfaces Físicas
- 8 interfaces Fast-Ethernet 10/100BaseT

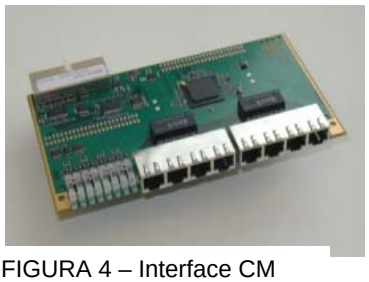

FIGURA 4 – Interface CM

Multiplex ABB SDH/ PDH Consagrado no Mercado:

STM-1 ADM

Voz (2 / 4 Fios, E&M, FXS, FXO)
Dados (V.36, V.35, V.11, RS232, G.703)
FE (BaseT,Base-FX)
Teleproteção - TEBIT

Interface NEBRO – Funções e Características:

Geral
- Ethernet sobre SDH (EoS);
- Virtual concatenation (VCAT);
- Generic Framing Procedure (GFP);
- Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS);

Camada 2 (Ethernet Switching)
- 802.1p/q VLAN and traffic prioritisation;
- STP, RSTP (Spanning Tree, Rapid STP);

Interfaces Físicas
- 6 interfaces
  4 x 10/100BaseT
  2 x SFP plug-in units (100- & 1000Base-FX)

FIGURA 5 – Interface NEBRO

7.0 CONCLUSÃO

As “Power Utilities” devem assegurar que os requisitos básicos de suas aplicações operacionais sejam atendidos pela tecnologia aplicada, uma vez que os parâmetros de uma rede “corporativa/ comercial” e “operacional” são bem distintos. Com o advento do “IP sobre SDH”, o SDH deve permanecer como a mais importante e utilizada tecnologia de transporte para as “Power Utilities”

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIGRE Joint Working Group 34/35. 11: “Protection using Telecommunication”, December 2000

- Gary Hemminger, Marie Samuelsson: “Internetworking Equipment Design: MPLS, Ipv6 bring integrated services closer”, EE Times, November 2001

- Michael Ladam: “The Access Network and MPLS”, MPLS World, 2002
- Amela Brkanic, Klaus Samardzic: “A Pratical Approach to the Design of a Power Utility Multiservice Telecommunication Network”, CIGRE Session 2002