

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 102 (2011)
Heft: 9

Artikel: IP-basierte Netzwerke für zeitkritische Dienste
Autor: Struth, Clinton / Maurer, Marc
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856848>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

IP-basierte Netzwerke für zeitkritische Dienste

Erfahrungen mit der Einführung von IP/MPLS

Der kanadische Übertragungsnetzbetreiber AltaLink ist einer der ersten Energiedienstleister der Welt, die betriebsnotwendige Dienste über eine IP/MPLS-Kommunikations-Infrastruktur betreiben. Ein visionärer Schritt, da bis anhin zeitabhängige Daten über unflexible TDM-Netzwerke mit niedriger Bandbreite transportiert wurden. Es zeigt sich, dass mit MPLS auch IP-Netze mit hoher Bandbreite die strengen Anforderungen an Verzögerungszeiten (latency) erfüllen können.

Clinton Struth, Marc Maurer

Kommunikation hat für Energieversorgungsbetriebe schon immer eine entscheidende Rolle gespielt, denn sie ermöglicht einen effizienten Einsatz der Elektrizität. Heute erhöhen sowohl der gesteigerte Energiebedarf als auch die Integration erneuerbarer Energie die Bedeutung von intelligenten Kommunikationslösungen. Ihre Aufgabe ist es, spezialisierte Dienste bereitzustellen, um die oft zeitkritischen Energieflüsse zu verwalten.

AltaLink, der einzige unabhängige Übertragungsnetzbetreiber in Kanada, dessen Stromnetz rund doppelt so gross ist wie das Swissgrid-Netz, entschied sich im Jahr 2007, sein auf traditioneller asynchroner Datenübertragung (ATM) basierendes Netzwerk für Betriebskommunikation in ein Weitverkehrsnetz (WAN) der nächsten Generation zu überführen. Das bestehende Netzwerk von AltaLink wurde bereits für 10 verschiedene Dienste genutzt. Dazu zählen Supervisory Control and Data Acquisition (Scada), verschiedene Formen von Leitungsschutz (Teleprotection; TPR), Funk, Metering für Unterwerke, Office LAN (Local Area Network) und Betriebstelefonie.

Motivation für Umstieg

Die rückläufige Marktverfügbarkeit der ATM-Technologie war einer der Auslöser für den Technologiewechsel. Die Blicke richteten sich bald auf die IP/MPLS-Technologie (Multiprotocol label switching). Die einzige reelle Alternative war ein SDH/SONET-System (Synchron

nous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network) der nächsten Generation, das auf der TDM-Technologie (time division multiplexing) beruht. Es gibt einige Unterschiede zwischen einem TDM-Netz und auf Datenpaketen beruhenden Netzen wie IP/MPLS. TDM-Netze senden Daten in vorgegebenen Verbindungen und nutzen Frequenzkanäle mit einer Geschwindigkeit von 64 kB/s (fixe Bandbreite). Im Gegensatz dazu werden mit der IP-Technologie Daten übermittelt, die keine separaten Kanäle für jede Anwendung benötigen. Die verfügbare Bandbreite kann so viel flexibler genutzt werden.

Ein wichtiger Beweggrund für die Entscheidung war die Zukunft der Dienste für intelligente Stromnetze: Künftig wird die Bedeutung der Fähigkeit, kritische Dienste auszuführen und die Möglichkeit, Betriebsstatistiken zu erstellen, von der Regulierungsbehörde stärker gewichtet. AltaLink muss für ihre Dienste die Einhaltung von vorgegebenen Richtwerten gewährleisten können. IP/MPLS ist dafür gut geeignet. Kombiniert mit einem visuellen Netzwerk-Management-System ist die Überwachung und das Reporting einfach handhabbar.

Zudem müssen die meisten der über die Netzwerke betriebenen Dienste in Zukunft IP-basiert sein. Teleprotection-Anbieter wie ABB oder Siemens bieten bereits Ethernet-kompatible Geräte an. IEC61850 basiert hauptsächlich auf Ethernet; Scada wird in Zukunft über IP betrieben werden oder schliesslich in

eine dem 61850-Übertragungsprotokoll ähnliche Anwendung (eScada) überführt. Ausserdem haben Synchronphaser, Messgeräte, RTUs und fast alle weiteren Schaltanlage-Bestandteile eine IP/MPLS-kompatible Entwicklung vor sich.

Ein weiterer Vorteil von IP/MPLS im Vergleich zu TDM ist die Flexibilität, die dank einer dynamischen Bandbreiten-Allokation garantiert ist. Mit IP/MPLS kann die verfügbare Bandbreite auf mehrere Dienste aufgeteilt werden – jeder Dienst erhält so viel Bandbreite, wie er gerade benötigt. Schliesslich ist IP/MPLS auch mit einer Reihe herkömmlicher Kommunikationstechnologien kompatibel (**Tabelle**) und es gibt Access-Knoten die über eine Vielzahl von gebräuchlichen Schnittstellen für Schaltanlagen verfügen (RS-232, 4W E&M, V.21 etc.).

Gut gerüstet sein

Ende 2008 untersuchte das Unternehmen mehrere IP/MPLS-Anbieter und diskutierte die Lösungen der grössten Hersteller. Im Oktober 2009 errichtete AltaLink ein eigenes Labor, um verschiedene Schnittstellen, Verbindungen und Einstellungen zu testen (Schutzschaltungen, Verzögerungszeiten (latency), Kompatibilität mit TDM-Geräten). Im Januar 2010 wurde schliesslich ein Anbieter ausgewählt und kurz darauf 24 IP/MPLS-Netzknoten im Rahmen einer umfassenden Betriebserprobung getestet.

Der Rollout begann im Januar 2011; die komplette Migration ist für das Jahr 2013 geplant.

Eine korrekt durchgeführte IP/MPLS-Transformation ist eine vielseitige Aufgabe, die mehr erfordert als den blossen Einsatz von MPLS-Netzelementen. Um eine reibungslose Migration zu gewährleisten, wurden mehrere Massnahmen festgelegt, um die Umsetzung in Bezug auf die physischen Transportmedien, die zu übertragenden Dienste und IT-Sicherheit (**Tabelle**) zu unterstützen.

Die grössten zwei zu meisternenden Hürden waren die Migration der zeitkritischen Dienste und die IT-Sicherheit.

Bereiche	Aktueller Status	Unterstützung der IP/MPLS-Transformation
Physischer Transport	<ul style="list-style-type: none"> • 2% fixe Leitungen mit 4W analog oder seriell RS-232 	Erhöhung der Bandbreite auf über 10 Mb/s.
	<ul style="list-style-type: none"> • 8% Glasfasern entlang ausgewählter Übertragungsleitungen (optical ground wire) 	Glasfasern an jeder neu errichteten Übertragungsleitung, das Ziel ist eine Abdeckung von mindestens 15%, wobei letztlich ein zum Richtfunk-Netz redundanter Glasfaser-Backbone erstellt werden soll.
	<ul style="list-style-type: none"> • 90% TDM/SONET- basierter Richtfunk 	Vollständiges Microwave Packet Radio (IP-basiert), Rollout seit 2010.
Migration von Diensten	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliche Entwicklung diverser Dienste mit einem niedrigen Grad an Dokumentation und unklaren Anforderungen 	Vorhandene Dienste prüfen und Migration in das neue Netzwerk planen (Dienstleistungskatalog). Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> • Teleprotection ⇒ VPWS (Virtual Private Wire Line), C-pipe (Circuit Emulation Service, bietet einen Punkt-zu-Punkt-TDM-Dienst), Fast Rerouting, RSVP-TE (Resource Reservation Protocol – Traffic Engineering) • Scada ⇒ VPWS, C-pipe • Telefonie (TDM) ⇒ VPLS (Virtual Private LAN Service) • IP-Telefonie (Voice over IP) ⇒ VPRN (Virtual Private Routed Network) • Office LAN ⇒ VPRN • Internet ⇒ VPRN
Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> • Minimales IT-Sicherheitskonzept • Firewalls im Kernnetzwerk • Minimale Passwort-Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> • Firewall-Anforderungen bestimmen • Dienstzugriffsgeräte bestimmen • Sicherheitsanforderungen der Regulierungsbehörde oder aufgrund interner Richtlinien bestimmen

Table Die Massnahmen von AltaLink zur Unterstützung der IP/MPLS-Transformation.

Zeitkritische Dienste

Häufig ist man skeptisch, ob IP/MPLS die strengen Anforderungen der zeitkritischen Dienste für Leitungsschutz (TPR) erfüllen kann.

IP/MPLS wird zuweilen immer noch als verbindungslose IP-Technologie wahrgenommen, die zwar kosteneffizienten Datentransport anbieten kann, aber nur mit einer Dienstleistungsqualität (QoS; quality of service), die auf «bestem Bemühen» (best effort) beruht. Tatsächlich macht der MPLS-Teil von IP/MPLS die Technologie verbindungsorientiert [1].

Einsatzgebiete von IP/MPLS

IP/MPLS wird bereits von vielen Schweizer Energieunternehmen für die Übertragung geschäftlicher Daten und anderer Dienste mit bescheidenen Anforderungen an die Verzögerungszeiten (latency) benutzt. Sein Einsatz als Alternative für TDM-basierte Netzwerke ist jedoch noch immer selten. In der Schweiz testet zurzeit Repower die Übertragung von Leitungsschutz über IP/MPLS.

Von Telekomgesellschaften wie Swisscom oder Orange wird IP/MPLS seit mehreren Jahren für zeitabhängige Anwendungen wie den Transport von mobilem Datenverkehr genutzt. Ausserdem sind die norwegische Luftverkehrsregelungsgesellschaft Avinor oder die Schwedischen Staatsbahnen (Bankverket) Beispiele aus anderen Branchen, in denen Anbieter von betriebsnotwendigen Diens-

ten IP/MPLS als Vermittlungstechnologie gewählt haben.

Pilotnetzwerk

Zwischen April und September 2010 stationierte AltaLink 24 Netzknoten und migrierte wichtige Dienste wie Leitungsschutz (TPR) – Distanzschutz (line distance protection) sowie Differential-schutz (line differential protection) – auf sein Pilot-IP/MPLS-Netzwerk. TPR ist die anspruchsvollste Anwendung, die über die Netzwerke der Versorgungsbetriebe transportiert werden kann, und zwar aufgrund der benötigten sehr kurzen Verzögerungszeiten und den kostspieligen Auswirkungen eines Defekts (z.B. Stromausfälle oder Geräteschäden). Bezüglich Verzögerungszeit bestehen deutliche Unterschiede zwischen TDM und paketvermittelnden Netzen wie IP/MPLS. Bei TDM ist die Verzögerungszeit fix (deterministisch), während sie bei IP/MPLS von der Telekom-Ausrüstung und von der Netzwerkarchitektur abhängt.

Diverse Anforderungen

Um die aktuellen und künftigen TPR-Anwendungen auf IP/MPLS zu migrieren, befragte das für die Telekommunikation verantwortliche Network Communications Team (Netcom) von AltaLink zunächst die betroffenen Benutzergruppen – Asset Management, Systemführung bzw. Betriebs- und Unterhaltspersonal – betreffend der geforderten Verzögerungs-

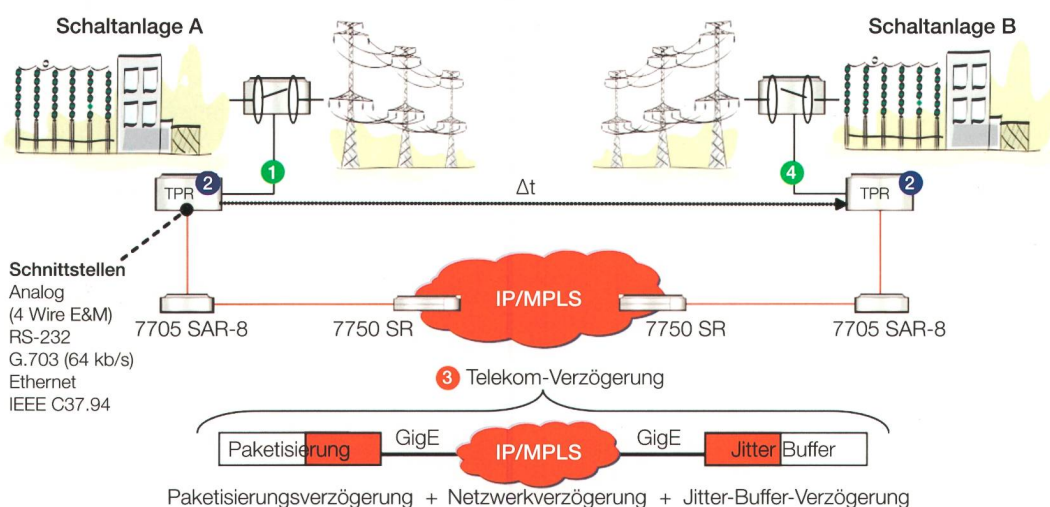
zeiten. Bei dieser Umfrage stellte sich heraus, dass die heute im Einsatz stehenden TPR-Anwendungen innert fünf bis sieben 60-Hz-Zyklen (Im Unterschied zum 50-Hz-Netz der Swissgrid betreibt AltaLink ein Netz mit 60 Hz) einen Zwischenfall (Incident) lösen müssen. Wie das **Bild** zeigt, benötigen die Fehlererkennung (1) und die Fehlerbehebung (4) jeweils 1 bzw. 3 bis 5 Zyklen. Das ergibt einen kompletten restlichen Zyklus von 16,6 ms (1/60, 20 ms in einem 50-Hz-Netz) für die Verzögerung die während der Verarbeitungsschritte innerhalb eines TPR-Gerätes entsteht (2) und der Telekom-Verzögerung (3). Die TPR-Verzögerung wurde auf ca. 3 ms an jedem Ende gemessen, was 10 ms für eine akzeptable Telekom-Verzögerung übrig lässt.

Verzögerungszeiten

Die Telekom-Verzögerung setzt sich aus drei Verzögerungen zusammen, die beim Packen der Pakete (Umwandlung der TDM-Inputdaten in IP-Datenpakete), im Netzwerk und beim Entpacken (Jitter-Buffer-Verzögerung) entstehen.

Die Netzwerkverzögerung weist eine fixe Verzögerung auf (Distanz und physische Verbindungsgeschwindigkeit des Mediums, z.B. Glasfaser) und eine variable Verzögerung (Anzahl der dazwischen liegenden Netzknoten). Jeder involvierte Knoten führt zu einer maximalen Verzögerung von 150 µs sowie einer Verzögerung für die Datenübermittlung von 10 µs (für 1500 Byte über eine GigE-Verbindung) und 3 µs/km bei Lichtgeschwindigkeit (über Glasfaserleitung). So beträgt beispielsweise die einseitige Netzwerkverzögerung für eine Verbindung mit 10 Knoten über 1000 km rund 4 ms. Die im **Bild** dargestellte Jitter-Buffer-Verzögerung entsteht schliesslich durch die Zeit, die benötigt wird, bis die IP-Datenpakete aus dem Buffer vollständig geladen sind und in einen TDM-Datenstrom umgewandelt wurden.

Der allgemeine Richtwert von 10 ms für die Telekom-Verzögerung ermöglichte Netcom, das Netzwerk schnell zu planen und aufzubauen sowie zusätzlichen Handlungsspielraum, um an neutralen Punkten noch einige zusätzliche Millisekunden einzusparen. Dies ist z.B. möglich durch unterschiedliche Einstellungen für die Grösse des Jitter Buffers und der Datenpakete (Payload) bei MPLS-C-Pipe Services. Für diese Zeitgewinne wird aber eine höhere Bandbreite benötigt. Die einseitige Reduzierung der Telekom-Verzögerung auf



Alcatel Lucent

Bild Teleprotection über IP/MPLS bei AltaLink: Verzögerungszeiten zwischen zwei Schaltanlagen.

ca. 6ms (G.703) benötigt beinahe 6-mal soviel Bandbreite (d.h. 384 kb/s statt 64 kb/s).

IT-Sicherheit

Spätestens seit dem Bekanntwerden des Stuxnet-Virus wird das Schlagwort «Cyberwar» auch in vielen Schweizer Energieunternehmen intensiv diskutiert. Die IT-Sicherheit gewann an Bedeutung.

Vor der IP/MPLS-Einführung verfügte AltaLink nur über eine minimale Strategie zur Netzwerksicherheit. Firewalls schützten zwar die Kernnetzwerke (core), nicht aber die Access-Knoten in den Unterwerken. Die Passwort-Richtlinien waren ebenfalls nur rudimentär implementiert. Im Verlauf der IP/MPLS-Einführung wollte das Unternehmen daher seine Sicherheit den Standards von MPLS-Netzwerken grosser Telekomanbieter anpassen. Dazu gehört beispielsweise das Isolieren und Schützen der Steuerungsebene (Control Plane), um zu verhindern, dass jemand bei einem Sicherheitsleck die Kontrolle über das gesamte Telekomnetz erhalten könnte. Um einen vollständigen Schutz der erwähnten Steuerungsebene zu erreichen, wurde ein mehrschichtiges Sicherheitskonzept mit mehrfachen Patchebenen und Kontrollpunkten für die Eindringlingserkennung eingeführt. Dies gilt sogar für Administratoren, so dass nie-

mand mehr direkten Zugang zur Kontrollebene hat.

Die erste von insgesamt vier Schichten hat einen umfassenden Passwortschutz mit zentralisierter Authentifizierung und Protokollierung. Dies ermöglicht die schnelle Isolation bzw. den Ausschluss von unberechtigten Benutzern.

Zweitens gibt es Sicherheitsrichtlinien für jeden einzelnen Dienst (mittels Zugangskontrolllisten, MAC-Geheimzahlen und IP- und Bandbreiten-Filtern).

Zusätzlich erfüllt AltaLink auch die Cyber Security Richtlinien für kritische Infrastrukturen der North American Electric Reliability Corporation (NERC). Bis dahin war der beste von dieser Regulierungsbehörde umgesetzte Vorschlag der Einsatz einer zentral überwachten Firewall an jeder Schaltanlage. Als dritte Stufe ermöglicht diese Massnahme auch am Rand des Netzwerks einen effektiven Schutz vor Eindringlingen. Die zentralisierte Lösung zur Verwaltung der Firewalls erlaubt zudem die einfache Verbreitung geänderter Firewall-Richtlinien.

Die vierte und wichtigste Sicherheitsbarriere besteht darin, die MPLS-Netzelemente nur dazu zu nutzen, die übertragenen Dienste zu einem VLAN-Trunk im betreffenden Unterwerk zu transportieren und sie dort der Firewall zu übergeben. Diese setzt dann die dienstspezi-

fische Firewall-Richtlinie um. Schliesslich wird der Dienst einem Layer-2-Switch übergeben, der den Zugriffsport für die Aussendienstmitarbeitenden darstellt. Dies schafft einen klaren Abgrenzungspunkt (demarcation point) für Netcom, der am Layer-2-Switch endet. Da für die Sicherheit zwischen einem Dienst und einer Schaltanlage das Betriebspersonal verantwortlich ist, wird sein Aktionsradius auf (lokale) Dienste innerhalb des entsprechenden Unterwerks begrenzt.

Erkenntnisse

EVUs sollten vor dem Entscheid, IP/MPLS zur Kommunikation betriebsnotwendiger und zeitkritischer Dienste einzusetzen, mindestens drei Themenblöcke adressieren. Diese betreffen einerseits die zu übertragenden Dienste selbst und andererseits die Zusammensetzung und Weiterentwicklung des verantwortlichen Telekom-Teams sowie Initiativen zur Unterstützung der IP/MPLS-Transformation.

Jeder Schritt in Richtung eines Technologiewechsels sollte zunächst damit beginnen, die aktuell und zukünftig zu unterstützenden Dienste sorgfältig zu prüfen. Ein Technologiewechsel nur um der Technologie willen ist nicht empfehlenswert. Je nach Art und Grösse des EVU können andere Technologien geeigneter sein.

Die Einführung von IP/MPLS bringt auch Veränderungen für die Telekomverantwortlichen des EVU mit sich. Im Allgemeinen können diese Veränderungen zu zwei entgegengesetzten Szenarien führen:

- Zentralisierte Telekom-Ressourcen – IP/MPLS-Kompetenzen werden im Bereich aufgebaut.
- Auslagerung des Betriebs und des Unterhalts.

AltaLink hat sich für die Zentralisierung der Kompetenzen entschieden. Heute besteht Netcom aus 9 Angestellten im Vergleich zu 4 vor der IP/MPLS-Einführung.

Die Transformation wurde durch verschiedene Initiativen unterstützt. Zunächst war es wichtig, ein eigenes Labor zu errichten, um Dienste zu testen und Mitarbeitenden zu helfen, in einer risiko-

freien Umgebung IP/MPLS-Kompetenzen zu erlangen. Es war auch hilfreich, eine enge Beziehung zum Lieferanten aufzubauen, um effizient an relevantes Know-how zu gelangen. Ein permanenter Einbezug der verschiedenen Nutzergruppen der Dienste war auch wichtig. Dadurch konnten Probleme ohne Zeitverzögerung in Angriff genommen werden und es wurde ein proaktiver Umgang mit den diversen Erwartungen an das Netzwerk ermöglicht.

Fazit

Als einer der ersten EVUs hat AltaLink den Schritt gewagt, eine IP/MPLS-Infrastruktur für zeitkritische Dienste zu errichten. In Zukunft garantiert dies eine bessere Steuerung der Übertragungsanlagen und somit auch mehr Verlässlichkeit,

Sicherheit und Kosteneffizienz. Durch die Unterstützung von betriebsnotwendigen Anwendungen wie Scada oder Leitungsschutz wird dieses Netzwerk der nächsten Generation nicht nur die vorhandenen TDM-Netzwerke ablösen, sondern auch genügend flexibel sein, um eine Zukunft mit intelligenten Stromnetzen zu ermöglichen.

Referenzen

- [1] Markus Graf, Neue Kommunikationstechnik für EVUs, Bulletin SEV/VSE, 1/2011, S. 31–35.

Links

- www.altalink.ca

Angaben zu den Autoren

Clinton Struth ist seit 2001 beim kanadischen Verteilnetzbetreiber AltaLink Principal Engineer und leitet das Network Communications Team (Netcom). Ausserdem ist er Vorstandsmitglied Utilities Telecom Canada (UTC). Zuvor arbeitete er bei Manitoba Hydro in Projekten zur Unterwerksautomatisierung. Seine fachliche Kompetenz für Fragen rund um Energie- und Telekommunikationstechnik hat er sich durch zwei Studienabschlüsse in Electrical Engineering bzw. Telecommunications Engineering an der University of Manitoba aufgebaut.

AltaLink Management Ltd, Calgary, AB T2A 7W7, Canada
clinton.struth@altalink.ca

Dr. **Marc Maurer** ist seit 2010 Key Account Manager bei Alcatel-Lucent Schweiz und verantwortlich für Energieversorgungsunternehmen. Ausserdem ist er Verwaltungsrat der Werke am Zürichsee. Zuvor war er Geschäftsleitungsmitglied einer renommierten internationalen Business School und hat sich im Rahmen seiner betriebswirtschaftlichen Dissertation an der Universität Zürich mit strategischen Fragestellungen der Schweizerischen Telekomindustrie auseinandergesetzt.

Alcatel-Lucent Schweiz AG, 8055 Zürich,
marc.maurer@alcatel-lucent.com

Résumé

Réseaux IP pour les services à contrainte temporelle

L'introduction d'IP/MPLS et les constats relatifs


L'exploitant de réseaux de transmission canadien, AltaLink, est l'un des premiers prestataires d'énergie mondiaux qui exploitent des services nécessaires au fonctionnement d'une entreprise par le biais d'une infrastructure de communication IP/MPLS. Il s'agit d'une solution visionnaire car jusque-là les données à contrainte temporelle étaient transportées par le biais de réseaux TDM sans souplesse et à faible largeur de bande. Il s'avère que même les réseaux IP à largeur de bande élevée sont en mesure de remplir, grâce à MPLS, les fortes exigences imposées en matière de temps d'attente (latency).

L'article explique quels sont les constats tirés du projet de réalisation, décrit les aspects dont il faut tenir compte (en particulier les temps d'attente) et met en évidence le fait que, en plus de l'équipe télécom, il conviendrait aussi de faire participer les groupes d'utilisateurs concernés (gestion de l'actif, gestion des systèmes ou personnel d'exploitation et d'entretien) au projet afin que le transfert de communication se fasse de manière optimale et que le réseau télécom satisfasse les nombreuses exigences.


No

Anzeige


SMARTPHONE




DIGITAL TV



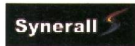
WEBPORTAL



VISUALISIERUNG
mit oder ohne **SMART METERING**

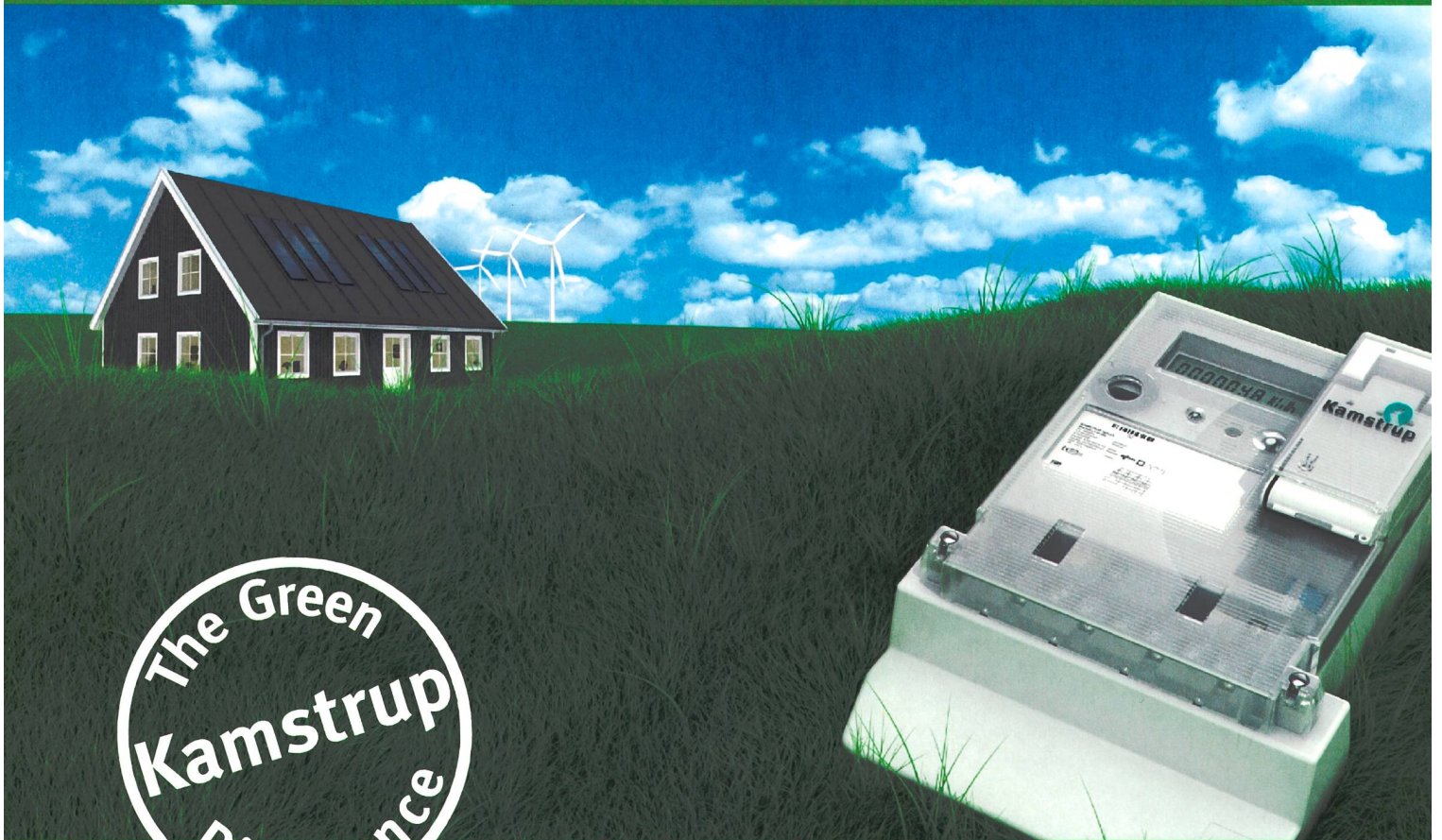


IT SYSTEME
 Hauptstrasse 18, CH-9422 Staad
 Tel. +41 71 855 89 00
itsysteme.ch

 Generalvertretung für die Schweiz

Nur ein Plug-in entfernt!

– Smart Metering mit dem grünen Unterschied



Durch intelligente Kombination von verbesserten und neuen Funktionalitäten ist die neue Generation von Kamstrup Smart Meters die erste Wahl für alle Energieversorger, die eine Zukunft mit Smart Grid und Smart Home anstreben.

Kamstrup Smart Meters ermöglichen es den Energieversorgern, die Energieeffektivität und das Energiebewusstsein zu verbessern. Durch ein umfassendes Datenlogging und die Bereitstellung von Lastprofilen bieten Kamstrup Smart Meters exzellente Möglichkeiten zur Analyse und Laststeuerung an. Der externe Anschluss für ein Plug-in-Modul macht die Interaktion mit dem Verbraucher spielend leicht und erlaubt die Datenübertragung zu Inhouse-Displays.

Und natürlich macht auch die neue Generation weiterhin einen grünen Unterschied mit dem extrem niedrigen Eigenenergieverbrauch von nur 0,27W pro Phase.

