Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 107 (2016)
Heft: 7

Artikel: Broadband Power Line Communication in Verteilnetzen
Autor: Maurer, Michael / Dersch, Ulrich
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857161

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.12.2025

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

TECHNOLOGIE **SMART GRIDS**

Broadband Power Line Communication in Verteilnetzen

Eine zuverlässige und kosteneffiziente Technologie

Einem königlichen Dekret folgend rollt der Energieversorger Iberdrola in Spanien eine Smart-Metering-Infrastruktur aus, bei der seit 2010 bis 2018 10,3 Mio. Zähler installiert und an Leitsysteme angekoppelt werden. Das Stromnetz umfasst u.a. 80 000 Ortsnetz-Trafostationen. Die technischen und wirtschaftlichen Erkenntnisse dieses Rollouts werden vorgestellt und künftige Entwicklungen diskutiert. Zudem werden Mittelspannungs-Breitband-Power-Line-Kommunikationsnetze bezüglich Skalierbarkeit, Performanz und Wirtschaftlichkeit mit 2G/3G verglichen.

Michael Maurer, Ulrich Dersch

Medium Voltage Broadband Powerline Communications (MV-BPL) ist eine robuste Kommunikationstechnologie für die breitbandige Datenübertragung über Stromnetze. Sie hat sich im Einsatz u.a. im spanischen Star-Projekt als Teil des Iberdrola-Kommunikationsnetzes für Smart Metering (Kasten) bezüglich Performanz, Skalierbarkeit und Wirtschaftlichkeit bewährt. Im Projekt sind über 5 Mio. Smart Meters und rund 45 000 Ortsnetzstationen (ONS) heute damit ausgerüstet. «Star» steht dabei für «Sistemas de Telegestión y Automatización de la Red». Basierend auf diesem Erfolg wird MV-BPL heute auch als Kommunikationstechnologie für Smart Grids mit höheren Anforderungen an Latenz und Echtzeit angesehen und konzipiert.

Kommunikationsdienste

Telekom-Dienste werden für heutige Verteilnetzbetreiber zunehmend wichtiger. Allerdings gibt es heute eine ebenso wachsende Anzahl von Kommunikationslösungen, die meist für eine bestimmte Anforderungscharakteristik optimiert und von sehr unterschiedlichen Anwendungen getrieben sind. Dies bedeutet, dass es auch in Zukunft nicht eine einzige Kommunikationstechnologie geben wird, die allen Anforderungen gerecht wird, sondern Kombinationen werden eingesetzt.

Die Applikationen Smart Meter (engl. Automated Metering Infrastructure AMI) und Netzbetrieb sind deutlich unterschiedlich, was sich auch in unterschiedlichen Anforderungen an die Kommunikationsnetze auswirkt (Tabelle 1).

Bei Kommunikationsnetzen gibt es diverse Parameter:

- Performanz (Datendurchsatz, Latenz)
- Besitzer des Netzes
- Verfügbarkeit des Netzes
- Sicherheit
- Standardisierte Lösungen und Interoperabilität
- Dauer einer Installation bzw. eines Flächen-Rollouts
- Investitionskosten (Capex)
- Betriebskosten (Opex)

Die Lösung im Star-Projekt

Im Endausbau werden im Iberdrola-Netz alle ONS Kommunikationsanschlüsse haben, um zunächst u.a. die AMI-Applikationen auf der Niederspannungsseite (LV) zu unterstützen. Die Anforderungen betreffend Bandbreite und Latenz sind dafür gewöhnlich moderat. Zusätzlich sind 35 % der ONS mit Einrichtungen zur Überwachung der Mittelspannungsebene und zirka 15 % mit solchen zum Fernbetrieb von Ringkabel-Schaltanlagen (Ring Main Units, RMU) ausgestattet. Für Applikationen wie z.B. die Fernsteuerung der Mittelspannungs-Schutzschalter sind die Anforderungen an die Bandbreite ebenfalls gering; höhere Anforderungen werden allerdings an die Latenz und die Verfügbarkeit gestellt.

Kommunikations-Technologien

Iberdrola setzt die folgenden Technologien ein:

- MV-BPL
- Fiberoptik
- 2G/3G-Mobilcomm
- DSL, Kabel

Die ersten zwei Technologien werden von Iberdrola kontrolliert, die letzten zwei werden von Telecoms mittels Service Agreements gemietet, wobei es allerdings etliche Probleme gibt, da sich die Anforderungen deutlich von denen anderer Telecom-Kunden unterscheiden.

Aktuell sind 45 % der ONS mit 2G/3G ausgestattet und 10 % mit DSL/Kabel oder Fiber. Die anderen 45 % der ONS sind mit MV-BPL-Modems ausgestattet, die einen Datenaustausch über die MV-Kabel mit den Nachbar-ONS ermöglichen, bis zu einer ONS mit einem DLS-/Kabel-/Fiber-Zugang ins WAN.

Somit wird mit diesen Technologien ein heterogenes Netz aufgebaut, in dem durchgängig TCP/IP eingesetzt wird.

Der Einsatz der MV-BPL-Lösung basiert üblicherweise auf der Verfügbarkeit von bereits bestehenden Verbindungspunkten zum WAN in einem Teil der ONS. In einem typischen Szenario sind zirka 10–20 % der ONS bereits mit

AMI (Smart Meter)	Netzbetrieb (Smart Grid)
– Auslesung von Strom- und ggf. weiteren Zählern – Einstellen von Tarifen – Verbindung und Trennung von Lasten – Software-Upgrades von Smart Meters und Datenkonzentratoren	– Netzüberwachung – Messung und Auslese von P/Q-Werten – Ereignis- und Alarmmeldungen vom Netzstatus, z.B. Detektion von Störungsindikationen (a priori) und Schutzauslösungen usw. – Detektion und Lokalisierung von Störungen (a posteriori) – Koordination von Schutzmassnahmen, z.B. Fernauslösung – Verteilte Automation

Tabelle 1 Typische Applikationen für AMI und Netzbetrieb.

TECHNOLOGIE **SMART GRIDS**

HSLU

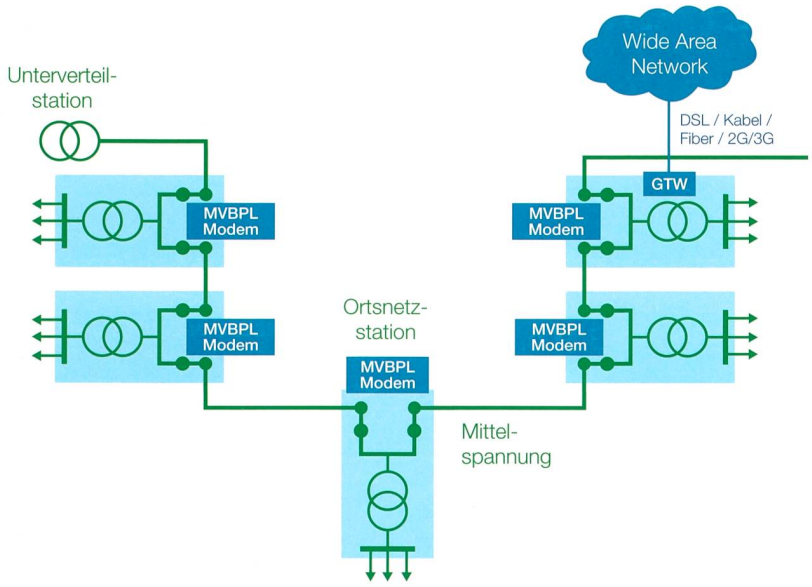


Bild 1 Netzwerk-Architektur mit MV-BPL.

einem solchen Kommunikationslink wie z.B. GPRS, DSL oder Fiberoptik ausgestattet. In einer ONS mit diesem DLS-/Kabel-/Fiber-Zugang ins WAN wird ein Master MV-BPL-Modem installiert, der als Gateway für eine Anzahl von Slave MV-BPL-Modems fungiert, die sich in den umliegenden ONS befinden und via MV-BPL über das Mittelspannungsnetz miteinander kommunizieren (Bild 1). Jeder Slave kann dabei auch als Repeater agieren, der Daten sowohl in Richtung anderer Slaves als auch zum Master weiterleitet. Diese Gruppe von Master und Slaves bildet somit eine MV-BPL-Zelle. Um eine genügende Netzwerk-Performanz zu gewährleisten ist die Anzahl der MV-BPL-Modems und -Repeater in einer solchen Zelle limitiert. Grosse Bereiche des MV-Grids werden somit durch eine Anzahl von solchen MV-BPL-Zellen abgedeckt. Dieses zelluläre Konzept gestattet eine Skalierung, so dass mehrere Tausend ONS abgedeckt werden können, während gleichzeitig die Netzwerkplanung und der Installationsprozess machbar bleiben. [1]

Der Kanalzugriff innerhalb einer MV-BPL-Zelle verwendet das Zugriffsverfahren Time Division Multiple Access (TDMA). Mit TDMA sind das Verhalten und die Performanz des Netzes eher deterministisch. Da aber der Kanalzugriff zwischen benachbarten Zellen asynchron läuft, muss gewährleistet werden, dass die MV-BPL-Signale von zwei benachbarten Zellen einander nicht stören. Dies wird erreicht, indem zwei Zellen, die denselben Frequenzkanal verwenden, in einer minimalen Distanz zueinander installiert werden. Allerdings könnte diese Architektur zu Löchern im Netz führen, die nicht von MV-BPL abgedeckt würden. Um dies zu reduzieren, verwendet man mehrere orthogonale Frequenzkanäle: im Bereich zwischen zwei Zellen mit demselben Frequenzkanal wird eine Zelle mit einem anderen Frequenzkanal installiert. Zurzeit werden zwei Frequenzkanäle bei Iberdrola verwendet: 2–7 MHz und 8–18 MHz. Bei Frequenzen oberhalb von 20 MHz ist die MV-BPL-Übertragung erschwert, da die Signaldämpfung mit der Frequenz zunimmt. Obwohl dadurch die Anzahl der Frequenzkanäle begrenzt ist, können Bandbreiten bis zu einigen 10 Mbps auf einem MV-BPL-Link erreicht werden. Basierend auf der langjährigen Erfahrung aus dem Star-Projekt hat Iberdrola einige Richtlinien für die Frequenzplanung und das Deployment eines MV-BPL-Netzes definiert, die den weiteren Einsatz von MV-BPL erleichtern.

Neben der zellulären Architektur ist das Konzept für die Kopplung des Datensignals auf die MV-Leitungen ein wesentlicher Teil einer integralen MV-BPL-Lösung. Eine Anzahl von Speiseleitungen werden in einer ONS vereint. Üblicherweise ist es sinnvoll, das BPL-Signal auf jede solche Speiseleitung einzukoppeln. Dies kann kapazitiv oder induktiv erfolgen. Für beides gibt es kommerziell verfügbare Produkte. In der Praxis hat sich die kapazitive Kopplung bewährt. Mit guter Planung und insbesondere in vermaschten Topologien kann die Installation der kapazitiven Koppler erfolgen, ohne dass die Stromversorgung für die Endkunden unterbrochen werden muss.

Resultate und Erkenntnisse

Vergleicht man die primären Technologien, weist MV-BPL eine bessere Performanz bei Datendurchsatz und Latenz gegenüber 2G/3G auf (Tabelle 2). [2] Ein weiterer Vorteil von MV-BPL ist die Unabhängigkeit von Dritten, die Iberdrola die Kontrolle und Erreichung einer hohen Betriebsverfügbarkeit ermöglicht. Iberdrola kann die Installation, den Betrieb, das Management und die Weiterentwicklung selbst bestimmen. Dies wäre mit 2G/3G nicht im selben Masse möglich. Die gemessene mittlere Verfügbarkeit der 2G/3G-Installationen liegt bei 99,6 %, während die von MV-BPL bei 99,95 % liegt. Dieser Unterschied scheint zwar marginal, bedeutet aber über ein Jahr, dass die Nichtverfügbarkeit bei 2G/3G 35 Stunden, bei MV-BPL nur 4,5 Stunden beträgt.

Wirtschaftlichkeit

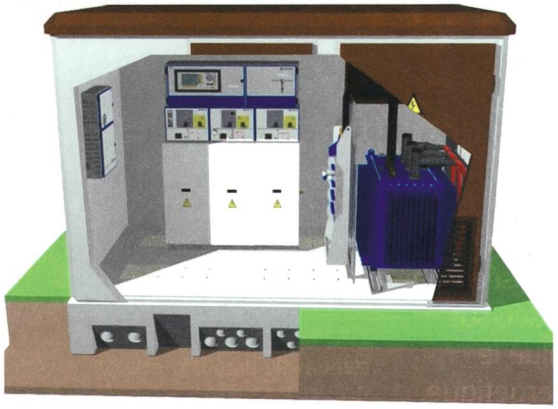
Die vorliegenden Ergebnisse der Capex und Opex zeigen eindeutig, dass die oben beschriebene MV-BPL-Zellenbildung der ONS und somit die Datenaggregation und Reduktion der Zugangspunkte in das WAN ein Schlüsselelement zur Kostenreduktion sind. Der Einsatz von Kabelmodems für diesen Zugangspunkt ermöglichte eine Konkurrenz zu DSL- und 2G/3G-Lösungen, die sich deutlich auf die Opex (Betriebs- und Unterhaltskosten) auswirkte. Je grösser die Anzahl der über MV-BPL gebildeten ONS in einer Zelle (typischerweise 8 – 18), umso tiefer die Capex/Opex.

Allerdings zeigte sich bei grösserer Zellgrösse mit nur einem Zugang auch eine grössere Störanfälligkeit. Daher wurde die optimale Zellgrösse genau untersucht und eine darauf basierende skalierbare, sogenannte High-Availability-

Performanz	2G/3G	MV-BPL
End-to-End-Datendurchsatz / kbps	10 – 20	100 – 2000
Latenz / ms	400 – 700, Mittelwert 495	80 – 150, Mittelwert 130
End-to-End-Latenz zwischen ONS und HES / s	2,64 – 4,88	0,33 – 0,81

Tabelle 2 Performanzvergleich 2G/3G – MV-BPL.

TECHNOLOGIE **SMART GRIDS**



Ormazabal

Bild 2 Ortsnetzstation von Ormazabal.

Lösung konzipiert und zusammen mit einem optimierten Deployment-Konzept erfolgreich implementiert. [3]

Die MV-BPL-Technologie bietet somit eine dedizierte breitbandige Kommunikationslösung, die vollständig unter Kontrolle des Netzbetreibers liegt und mit der die Abhängigkeit von Dritten deutlich reduziert ist, da der relevante Kommunikationskanal nicht wie bei den anderen Kommunikationstechnologien mit anderen Diensten für andere Kunden geteilt werden muss, was typischerweise die Verfügbarkeit reduziert bzw. hohe Kosten für die Sicherstellung der Quality-of-Service generiert.

Nächste Schritte

Bedingt durch den hohen Datendurchsatz und die geringe Latenz eignet sich schon die heutige MV-BPL-Lösung auch für gewisse Netzbetriebslösungen (Smart Grid) (Tabelle 1), die typischerweise deutlich höhere Anforderungen an die genannten Leistungsparameter haben.

Die heute bei Iberdrola eingesetzte MV-BPL-Technologie von Ormazabal basiert auf dem Opera- (Open PLC European Research Alliance) Standard der 1. Generation von BPL. Die Roadmap von Ormazabal sieht eine Integration des leistungsfähigeren IEEE 1901-BPL-Standards der 2. Generation vor, die auch stärker auf die erhöhten Kommunikationsanforderungen von Schutz- und Automationsapplikationen in der Verteilnetzebene zukünftiger Smart Grids ausgerichtet ist. In enger Zusammenarbeit mit und basierend auf der PLUS-Technologie (Power Line data bUS) der Hochschule Luzern entwickelt Ormazabal derzeit eine eigene IEEE 1901 basierte MV-BPL-Technologie (BPL 2.0). Da die PLUS-Technologie u.a. auf Echtzeitfähigkeit optimiert ist, können spezifische Netzüberwachungs-, Schutz- und Automationsapplikationen mit Fokus auf äusserst geringe Reaktionszeit der Aktuatorik, d.h. Latenz des Kommunikationssystems, konzipiert werden. Dazu zählt auch die Möglichkeit, Konzepte basierend auf Phasor Measurements Units (PMUs) sowie Applikationen wie Line Differential Protection im Verteilnetz einzusetzen. In einem vom Bundesamt für Energie (BFE) geförderten Forschungsprojekt wird z.B. momentan der Einsatz des zeitlich hochaufgelösten PLUS-Kommunikationssignals für die Zeitsynchronisation von solchen Applikationen untersucht.

Hintergrund

Schweizer Technologie in spanischem Smart-Grid-Rollout

Produkte von Ormazabal Current Schweiz spielen eine wesentliche Rolle im Massen-Rollout von Iberdrola. Das Team in Mägenwil kommt urspünglich aus der Ascom Powerline AG, die 2005 vom US Smart-Grid-Pionier Current Technologies übernommen wurde. 2013 wurde Current Technologies vom global agierenden Ormazabal-Konzern mit Hauptsitz in Bilbao übernommen, das durch die Übernahme seine Mittelspannungs-Grid-Lösungen für Smart Grid erweiterte. Mägenwil ist heute das globale Kompetenzzentrum von Ormazabal für die Entwicklung von Broadband-PLC-Produkten, die sowohl im spanischen Iberdrola-Rollout (bisher in 9100 ONS installiert) als auch in Pilotprojekten weltweit im Einsatz sind.

Referenzen

[1] S. Dominiak, L. Andersson, U. Dersch, «Breitbandige Power-Line-Kommunikation im Smart Grid», Bulletin SEV/VSE, 9/2013, S. 35.

[2] L. Andersson et al., «MV-BPL – Reliable, Future Proof And Cost Efficient», Cired 23rd International Conference on Electricity Distribution, Lyon, 15–18 June 2015.

[3] M. Solaz et al., «High Availability solution for medium voltage BPL communication networks», 18th IEEE International Symposium on Power Line Communications and its Applications (ISPLC), 2014.

Autoren

Michael Maurer ist seit 2013 im Bereich BPL-Produktentwicklung bei Ormazabal Current tätig. Davor arbeitete er bei Ascom Powerline AG (2000) und Current Technologies International GmbH (2006) in den Bereichen Customer-Support, Versuchs- und Kundenprojekte (Planung und Ausführung), System-Testing, Kundenschulungen und Product Management.

Ormazabal Current, 5506 Mägenwil
michael.maurer@ormazabal.com

Prof. Dr. **Ulrich Dersch** ist seit Herbst 2008 Dozent für Produktinnovation an der HSLU und leitet dort das Kompetenzzentrum CC IIMSN. Nach seiner Promotion in theoretischer Halbleiter-Physik war er zwei Jahrzehnte in der industriellen F&E tätig, u.a. als Leiter F&E und CTO bei Ascom, und führte dort Ende der 1990er das Team, dem wichtige technische Durchbrüche in BPL gelangen.

HSLU T&A, 6048 Horw, ulrich.dersch@hslu.ch

Résumé

Les courants porteurs en ligne à haut débit dans les réseaux de distribution

Une technologie fiable et rentable

Suite à un décret royal, le fournisseur d'énergie Iberdrola déploie sur le territoire espagnol une infrastructure de comptage intelligent comprenant l'installation, et le raccordement à des systèmes de gestion, de 10,3 millions de compteurs, et ce, de 2010 à 2018. Le réseau électrique du pays comprend notamment 80 000 postes locaux de transformation. Ce déploiement, pour lequel diverses technologies de communication sont mises en œuvre, permet par exemple de constater que la technologie MV-BPL (medium voltage-broadband over power lines) représente une solution de communication à haut débit dédiée qui se trouve entièrement sous le contrôle du gestionnaire de réseau. Grâce à cette faible dépendance envers des tiers, la disponibilité reste importante et les coûts liés à l'assurance de la qualité de service sont inférieurs à ceux présentés par d'autres technologies, le canal de communication n'étant pas utilisé par d'autres services destinés à d'autres clients. No