



Tagungsbericht

Workshop Modellierung photonischer Komponenten und Systeme

Christian-Alexander Bunge

Der Workshop „Modellierung photonischer Komponenten und Systeme“ der ITG-Fachgruppe 5.3.1 fand am 15. und 16. November 2007 in Stuttgart statt. Die Firma Alcatel-Lucent hatte dazu alle Teilnehmer in ihr Forschungszentrum eingeladen. Dieses Treffen hatte „Aggregations- und Metronetze und die dafür notwendige Übertragungstechnik“ zum Thema und wurde von Dr. Bülow und Dr. Buchali von Alcatel-Lucent organisiert. Trotz des Wintereinbruchs und des angekündigten Bahnstreiks beteiligten sich rd. 35 Teilnehmer aus Industrie und Forschung. Die Atmosphäre war sehr entspannt und produktiv, was sich in guten Vorträgen und intensiven Diskussionen zwischen den Beiträgen und während der Pausen äußerte. Insbesondere die intensiven Diskussionen zu jedem Beitrag waren bemerkenswert.

Aggregations- und Metronetze werden immer wichtiger. Im Rahmen des Workshops sollten jedoch nicht nur Übertragungstechniken für Metro- und Aggregationsnetze diskutiert werden, sondern auch Netzaspekte. Dazu wurden für den ersten Teil des Workshops Beiträge zu Modelling, Auslegung und Betrieb optischer Netze eingeladen.

Modellierung, Auslegung und Betrieb optischer Netze

Den Auftakt machte F. Ilchmann von Alcatel-Lucent, der über das Modelling von rein optischen und opaken Netzen referierte. Er gab einen Überblick über die Netz-Aktivitäten der Gruppe in Stuttgart, über die Konzepte opaker, gemischter und rein optischer Netze und ging auf den Aufbau von Knoten in solchen Netzen ein. Besondere Rolle spielte die Platzierung von Regeneratoren durch OEO-Konversion (optisch-elektrisch-optisch).

S. Pachnicke von der Universität Dortmund knüpfte nahtlos an dieses Thema an und stellte eine Methode für die optimale Platzierung von Regeneratoren in einem Netz vor, wenn man

nur über eine beschränkte Anzahl dieser teuren Komponenten verfüge. Diese Methodik wurde im Kontext eines speziellen Routings beschrieben, bei dem Signale weiter vermittelt werden, basierend auf einer Abschätzung der Signalqualität und zu erwartender weiterer Degradationen (Impairment-constraint Routing).

Anschließend behandelte M. Gunkel von T-Systems das Thema Metro- und Zugangsnetze eher von der praktischen Seite und stellte einen Vorschlag für kosteneffiziente WDM-Aggregationsnetze für geschützte IP- und Breitbanddienste vor. Dazu wurde das bestehende Aggregationsnetz der Deutschen Telekom beschrieben, wo die meisten Kosten anfallen und wie der zukünftige Ausbau dieser Netze aussehen soll, wenn man neben dem weiteren Ausbau der Dienste auch Schutzmechanismen einführen möchte.

Die Sitzung schloss H. Louchet von VPIphotonics mit einem Vortrag zu Transienten, die in EDFA (Erbium doped fiber amplifier) auftreten können, wenn Wellenlängenkanäle weggeschaltet werden und der Gewinn des Ver-

stärkers für die übrigen Kanäle ansteigt. Es wurden mehrere Techniken zur Kompensation der Transienten durch effektive Regelung des Verstärkers präsentiert.

Performance Monitoring und Accessnetze

Nach der Kaffeepause begann die folgende Sitzung zu Performance Monitoring und Access mit einem Beitrag von M. Haas von der TU Dresden über Intrachannel-PMD-Monitoring. Dazu wurde erst ein Überblick über PMD gegeben – mit speziellem Blick auf PMD erster und zweiter Ordnung. Verschiedene Möglichkeiten des Intrakanal-PMD-Monitorings wurden vorgestellt und konkret der Einsatz eines kohärenten Empfängers für die PMD-Messung präsentiert.

F. N. Hauske von der Universität der Bundeswehr stellte die Nutzung von MLSE-Empfängern (Maximum-likelihood sequence estimator) für das Performance Monitoring vor, bei dem die Daten, die für die Entscheidung der Sequenz innerhalb des MLSE benötigt werden, für die Bestimmung der Sicherheit der Abschätzung verwendet werden. Aus den einzelnen Parametern des MLSE lassen sich direkte Rückschlüsse auf akkumulierte Dispersion, PMD usw. ableiten.

Das Thema „Access“ wurde dann von C. Arellano von VPIphotonics beleuchtet. Sie trug über die Systembegrenzungen von Access-Systemen durch Rayleigh-Backscattering und ASE-Rauschen vor, die reflektive Halbleiterlaser-Verstärker im Rückkanal verwenden.

C. M. Weinert vom FhG Heinrich-Hertz-Institut berichtete über eine statistische Analyse für die optimale Auswahl passiver Koppler in PON-Systemen. Es wurde der Einfluss der Splitting-Toleranzen der einzelnen 3-dB-Koppler auf die Gleichförmigkeit eines 16-fach-

Kopplers betrachtet und untersucht, an welcher Stelle man höhere Toleranzen erlauben kann.

Zum Abschluss der Sitzung stellte S. Schöllmann von der Universität Kiel Messergebnisse von 10-Gbit/s- und 40-Gbit/s-Übertragungsexperimenten über mehr als 1 km Mehrmodenfasern vor. Es konnte gezeigt werden, dass selbst bei so langen Übertragungstrecken ausgewählte Mehrmodenfasern als Übertragungsmedium geeignet sind. Außerdem wurde über einen Polarisierungseffekt berichtet, aufgrund dessen die Übertragung nur bei einer speziellen Polarisationsausrichtung fehlerfrei möglich war, während im orthogonalen Polarisationszustand die Übertragung deutlich schlechter wurde.

Elektronische Entzerrungsmethoden

Am folgenden Freitag begann der zweite Workshoptag mit Beiträgen zu elektronischer Entzerrung. T. Freckmann von der Universität Stuttgart stellte verschiedene Methoden des MLSE-Empfangs für DQPSK (differentielle quaternäre Phasenmodulation) vor. Er verglich dabei die Anwendung eines MLSE-Empfängers auf das Differenzstromsignal, das der balancierte Empfänger ausgibt, mit getrennter Verarbeitung der Fotostrome der beiden Fotodioden. Zusätzlich verglich er den Unterschied zwischen getrennter Verarbeitung des I- und des Q-Anteils mit gemeinsamer Verarbeitung, bei der alle Informationen gleichzeitig verarbeitet werden. Es lassen sich dadurch weitere Verbesserungen erzielen.

K. Piyawanno von der Universität der Bundeswehr berichtete über einen Ansatz, die Phasenschätzung durch Mittelung über mehrere Symbole (MSPE, Multi-Symbol Phase Estimation) durch einen iterativen Ansatz hinsichtlich ihrer Komplexität zu reduzieren. Es konnte gezeigt werden, dass Leistungsfähigkeiten nahe denen idealer kohärenter Empfänger erreichbar sind. Von der Signalentzerrung bzw. intelligenten Entscheidung am Ende der Strecke bewegt sich das Thema dann an den Beginn der Strecke.

S. Warm von der TU Berlin stellte eine neue Methode der Vorverzerrung zur Kompensation der chromatischen Dispersion vor, bei der der Ansteuerstrom eines direkt modulierten Lasers (DML) so vorverzerrt wird, dass man auf einen aufwändigen IQ-Modulator und auch auf genaue optische Filter verzichten kann. Mit dieser Methode konnten numerisch Reichweiten von über 300 km vorhergesagt werden.

C. Weber, ebenfalls von der TU Berlin, verglich Vorverzerrung mit MLSE-Empfang hinsichtlich der Machbarkeit bei 40 Gbit/s und mehr. Dazu stellte er einen Ansatz für die getrennte Vorverzerrung von Dispersion und Nichtlinearitäten durch ein FIR-Filter bzw. eine Look-up-Table (LUT) vor. Dadurch, dass der Aufwand von LUT deutlich stärker mit der Gedächtnislänge wächst als der von FIR-Filtern, ist eine getrennte Verarbeitung sinnvoll.

OFDM und optische Signalverarbeitung

Die letzten Beiträge des Workshop betrafen OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplex) und optische Signalverarbeitung. B. Göbel von der TU München untersuchte den Einfluss von Vierwellenmischung auf kohärente OFDM-Systeme. Gerade weil solche Systeme extrem viele Subträger aufweisen, die spektral sehr nah beieinanderliegen und

so auch lange ihre Phasenbeziehung behalten können, spielt bei ihnen Vierwellenmischung eine besondere Rolle. B. Göbel stellte zuerst ein Verfahren zur Abschätzung der Vierwellenmischung vor, um anschließend damit verschiedene Verfahren zur Unterdrückung des Effekts zu bewerten. Die Methode beruht auf einer speziellen Phasenbeziehung der einzelnen Subträger zu einander, um am Anfang der Strecke die Vierwellenmischungseffizienz zu minimieren. Es konnten deutliche Verbesserungen festgestellt werden. Im Anschluss an den Vortrag gab es eine längere Diskussion darüber, ob man diese Nichtlinearitäten wirklich Vierwellenmischung nennen solle oder lieber Intermodulationsprodukte, wie man es aus der Funktechnik her kennt.

N. Neumann von der TU Dresden zeigte, wie man mit speziell entworfenen optischen FIR-Filtern aus Kopplern, Verzögerungsgliedern und Phasenstellern Allpässe zur Dispersionskompensation herstellen kann. Solche nichtrekursiven Filter lassen sich kompakt herstellen und mittels einstellbarer Phasensteller auch noch anpassen.

Zum Abschluss berichtete M. Holtmannspötter über eine Möglichkeit der Reduktion optischer Pegeltransienten durch ein breitbandiges Dämpfungsglied. Dafür wurde die Anwendung des Raman-Effekts vorgeschlagen, der nicht nur für Verstärkung, sondern bei entsprechend gewähltem Frequenzabstand auf der anderen Seite der Pumpfrequenz auch für Dämpfung genutzt werden kann. Bei der anschließenden Aussprache wurde darüber diskutiert, ob eine gesteuerte Verstärkung hinsichtlich des verfügbaren Signal-Rausch-Verhältnisses nicht besser sei.

Die interessanten Diskussionen und die offene und produktive Atmosphäre machten den Workshop zu einem Erfolg, der Lust auf den kommenden Workshop vom 12. bis 13. Juni 2008 an der Universität Kiel macht. ■

Dr. Christian-Alexander Bunge arbeitet am Institut für Hochfrequenztechnik der TU Berlin und hat zu verschiedenen Veranstaltungen der ITG im Bereich Kommunikationstechnik als Referent und Autor beigetragen.