

23. Fachgruppentreffen der ITG-FG 5.4.1 „Optische Polymerfasern“ am
17.07.2007 in Erlangen

Multicarriermodulation-Systeme für SI-POF

Fast Ethernet-Übertragung über 200+ m

Dr. Andreas Bluschke; Norbert Kiss
Teleconnect GmbH Dresden

Vorbemerkung



- Einer der Zielstellungen des EU-Förderprojekt POF-ALL - bidirektionale Übertragung von 100 Mbit/s (Fast Ethernet) über 200+ m für interbuilding Kommunikation
- Es soll gezeigt werden, wie diese Zielstellung durch die Verwendung der optischen Multicarriermodulation (OMCM) erreicht werden kann.
- Hinweis: MCM wird auch als OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex oder DMT (Discrete MultiTone) bezeichnet

Gliederung



- Bekannte Modulationsverfahren für SI-POF
- Unser Ansatz: OMCM
- Theoretische Untersuchungen
- Demonstrator
- Ergebnisse
- Schlussbemerkung

Bekannte Modulationsverfahren für SI-POF-Übertragung



- Binäre mBnB-Blockcodes
 - 1B1B (*Non Return to Zero*)
 - 4B5B (*Fast Ethernet-Übertragung*)
- Mehrpegelverfahren
 - 4 oder 8 PAM (*u.a. Fast Ethernet-Übertragung*)
 - MLT3 (*MuLTiLevel-3, bekannt von Fast Ethernet*)
- Einträgerverfahren
 - QAM (*QuadraturAmplitudenModulation, aus der Funktechnik und VDSL1 bekannt*)
- Mehrträgerverfahren
 - AMTM (*Adaptive MultiTone Modulation, für Gigabit-Ethernet*)

Unser Ansatz: OMCM Bestehende Anwendungen



- Mehrträgerverfahren
- In Telekommunikation weit verbreitet, z.B.:
 - ETSI DVB-T und DAB
 - WLAN (IEEE 802.11a, ETSI HiperLAN2)
 - Powerline
 - HomePNA (Home Phoneline Networking Alliance)
 - xDSL-Standards
 - ITU-T G.992.1 (ADSL)
 - ITU-T G.992.5 (ADSL2+)
 - ITU-T G.993.2 (VDSL2)

[A.Bluschke; O.Hofmann; H.Kragl; M.Matthews; Ph.Rietsch, "xDSL-Modulationsverfahren – eine mögliche Alternative für den Einsatz in SI-POF-Übertragungssystemen.", post deadline poster presentation at VDE ITG-Fachkonferenz „Breitbandversorgung in Deutschland – Vielfalt für alle?“ 07.-08.03.2007, Berlin]

Juli 2007

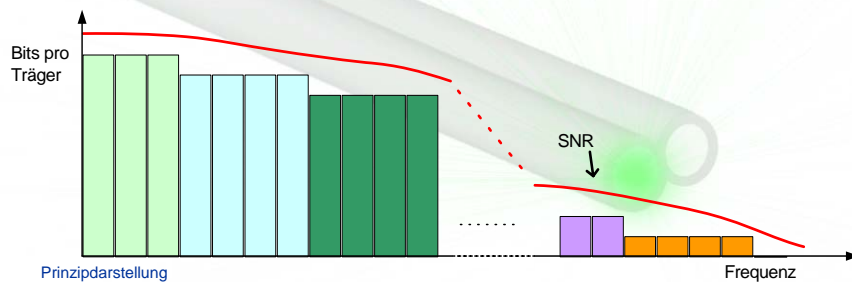
5

Copyright © 2007 Teleconnect GmbH

Unser Ansatz: OMCM Grundlagen



- DMT-Modulation
- Bits per QAM auf einzelne Träger moduliert
- Anzahl Bits pro Träger (Ton) richtet sich nach SNR
 - Anpassung an Dämpfung der SI-POF



Juli 2007

6

Copyright © 2007 Teleconnect GmbH

Unser Ansatz: OMCM Details



- Entscheidung für VDSL2:
 - Bestehende Hardware kann leicht modifiziert werden
 - Bis zu 4096 Träger mit je max. 15 Bits/s/Hz (spektrale Effizienz) möglich
 - 417 Mbit/s theoretische max. Gesamtbithrate (Up- plus Downstream)
- VDSL2-Details:
 - 4,3125 oder 8,625 kHz Trägerabstand (17 oder 30 MHz Bandbreite)
 - Aufteilung von Up- und Downstream in Bänder
 - Verschiedene Anordnungen der Bänder (Bandpläne)

Theoretische Untersuchungen



- Tool zum Abschätzen der Bitrate in Abhängigkeit von:
 - Länge SI-POF
 - Bandplan inkl. Trägerabstand
 - Margin, Coding-Gain und angestrebter Symbolfehlerrate
- Grundlage:
$$b(i) = \log_2 \left(10^{\frac{SNR_{dB}(i) + G_{dB} - \Gamma_{dB} - M_{dB}}{10}} + 1 \right)$$
 - Aus Shannon-Kapazität hergeleitete Gleichung

Theoretische Untersuchungen



- Mit den Werten:
 - Coding Gain 4,3 dB
 - Margin 6 dB
 - Symbolfehlerwahrscheinlichkeit 10^{-7}
 - Standardbandplan 998ADE17 (4,3125 kHz)
 - 200 m SI-POF

- Screenshot Excel Tool:
 - Datenrate Up- und Downstream: **110,37 Mbit/s**

[swisscom, "Handbuch Technik Spektrummanagement", version 2.1, 2006, page 32]
 [D.Daly, "Efficient Multicarrier Communication on the Digital Subscriber Loop", doctoral thesis (Dublin 2003), page 92]

Theoretische Untersuchungen



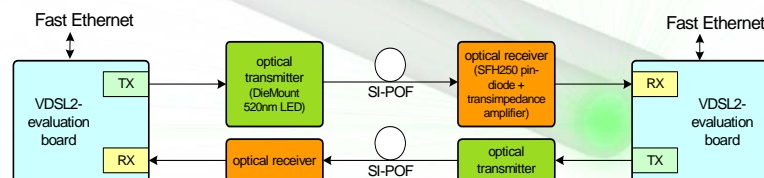
Eingaben optisches System				SNR am optischen Ausgang [dB]			
SNR optisches System [dB]	50			34			
POF-Grunddämpfung [dB/100m]	8						
POF-Länge [m]	200						
DSL-Spezifische Eingaben				Bits pro tone			
Trägerbreite [kHz]	4,3125			1	11,45	alt	niv
Codierungs-Spezifische Eingaben				2	16,22121255	14,32	
coding gain [dB]	4,3			3	19,9006809	16,6	
margin [dB]	6			4	23,21091259	21,43	
Symbolfehlerwkt.	10^{-7}			5	26,36361694	24,5	
"gap" [dB]	9,75			6	29,44340549	27,7	
				7	32,48903721	30,8	
				8	35,5154018	33,8	
				9	38,534209	36,9	
				10	41,54675634	39,85	
				11	44,56117843	43	
				12	47,57253906	45,88	
				13	50,58336926	49	
				14	53,59393431	51,9	
				15	56,60436681	55	
				16	59,61473304	57,92	
Frequenzbänder				Gesamtbitrate [Mbit/s]			
	Von Träger	Bis Träger		Von Träger	Bis Träger		
DS1	33	870	US0	6	52		DS 77,468 US 32,9
DS2	1207	1971	US1	871	1206		Summe ohne Lücken: 110,368 Mbit/s
DS3	2784	4096	US2	1972	2783		
DS4			US3				
DS5			US4				
DS6			US5				
	Starträger	6	bis	Endträger	4096		
			entspricht				
	Frequenzbereich [kHz] von	25,9	bis	17.664,0			
Bitrate je Band [Mbit/s]							
	DS1	23,464	US0	0,756			
	DS2	21,42	US1	9,408			
	DS3	32,584	US2	22,736			
	DS4	0	US3	0			
	DS5	0	US4	0			
	DS6	0	US5	0			

Theoretische Untersuchungen

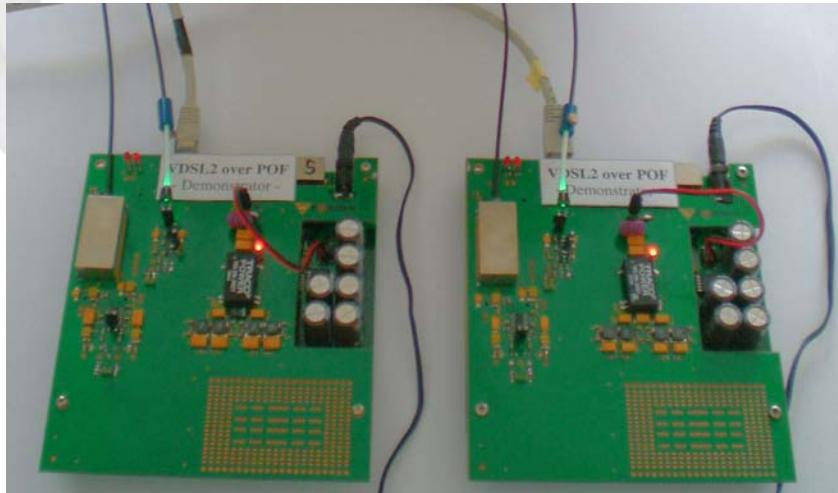
- Gute Übereinstimmung mit gemessenen Werten für 100 und 200 m
 - Gemessene Gesamtbitrate bei 200 m: 118,5 Mbit/s
- Bei 300 m und 400 m im Moment verfügbare Werte für Frequenzgang der Faser zu ungenau
- Weitere Verbesserung des Tools in Planung

Demonstrator

- Basis: Vinax-CPE (VDSL2 standardkonformer Schaltkreis von Infineon)
- Sender: grüne (520 nm) Dünnschicht LED von DieMount
- Empfänger: pin-Photodiode SFH250
- Optischer Sender und Empfänger auf Aufsteckplatine



Demonstrator



Demonstrator

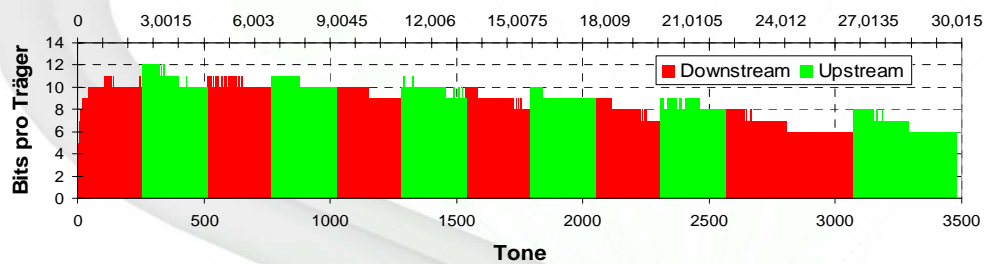
- Standard-VDSL2-Bandpläne nicht für unsere Zwecke optimiert
- Aber Möglichkeit gefunden, Bandpläne (in gewissen Grenzen) frei zu konfigurieren
- Im Moment neben weiteren Optimierungen der Hardware, theoretische Untersuchung zur Konfiguration (Bandpläne)

Ergebnisse

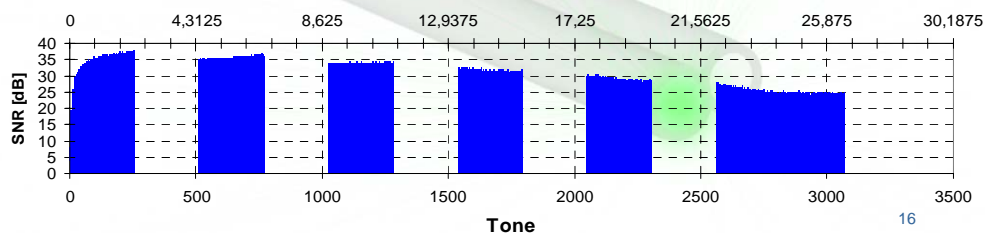


- Ziel für Gesamtbitrate erreicht:
212,5 Mbit/s über 200 m
- Faser: 200 m Sojitz TC-1000W Standard SI-POF
- Konfiguration: eigener 8,625 kHz Bandplan mit 12 Bändern (6 Up- und 6 Downstream) und 1 dB Margin
- Messwerte (Bits pro Träger und SNR):

Ergebnisse



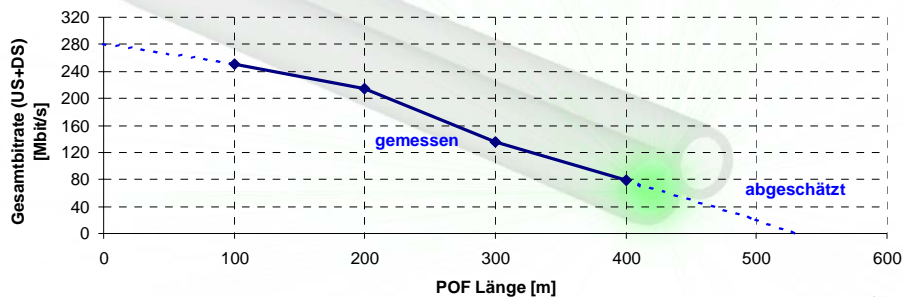
- SNR für Downstream



Ergebnisse



- Erreichte Gesamtraten für weitere Längen
 - 100, 200, 300 und 400 m gemessen
 - Restlicher Verlauf abgeschätzt
- Beide Richtungen mit SI-POF



Juli 2007

Copyright © 2007 Teleconnect GmbH

17

Schlussbemerkung



- Kostengünstige Transceivertechnik und Standard SI-POF ermöglichen Fast Ethernet-Übertragung über mehr als 200 m
- Einsatz von OMCM (VDSL2) als Übertragungsverfahren für POF-Übertragung sehr gut geeignet
- Bei kurzen Strecken kann hohe Störfestigkeit gewährleistet werden

Juli 2007

Copyright © 2007 Teleconnect GmbH

18

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ein Teil der hier vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projektes POF-ALL (Paving the Optical Future with Affordable Lightning-fast Links – IST-FP6 STREP Projekt-Nr. 027549) durchgeführt. Die Autoren danken allen mitwirkenden Kollegen für die Unterstützung und Zusammenarbeit!

Kontaktieren Sie uns

Andreas Bluschke (blua@teleconnect.de)
Norbert Kiss (kisn@teleconnect.de)



Telefon 0351/4236-210
Fax 0351/4236-209

Teleconnect GmbH
Am Lehmborg 54
01157 Dresden

