



Schnelles Glasfaser basiertes 7-kanaliges digitales Signalübertragungssystem für Ultraschall Bohrlochsonden.



Tino Radić (Berlin)

76. DGG Jahrestagung, 14.-17. März 2016, Münster

www.radic-research.de
radic@radic-research.de
+49-30-40399210

EINFÜHRUNG

Ultraschall Bohrlochsonden werden zur Charakterisierung unterschiedlichster Gesteine (Salz, Ton, Granit) eingesetzt. Messgrößen sind dabei die Laufzeit und die Amplitude der hochfrequenten seismischen Wellen. Die registrierten Signale müssen zur Erdoberfläche oder einem untertägigen Beobachtungspunkt übertragen werden. Dort werden die meist noch analogen Signale digitalisiert, dargestellt und quantitativ ausgewertet. Die Datenqualität der analogen Signale wird bei der Übertragung häufig u.a. durch das Anregungssignal gestört. Dieses Problem wächst mit der Länge der Übertragungsstrecke an. Im Auftrag der Bundesanstalt für Geowissenschaften Hannover (BGR), habe wir ein 7-kanaliges, Glasfaser basiertes digitales Signalübertragungssystem entwickelt, welches für Abstände bis 2 km geeignet ist.

KONZEPT

Zunächst werden die Signale aller Ultraschall Sensoren digitalisiert, dann übertragen und schließlich in analoge Signale zurückgewandelt. Die Rückwandelung wurde implementiert um das vorhandene Signalauswertequipment zunächst weiternutzen zu können. Eine Umstellung auf eine rein digitale Signalauswertung ist geplant. Die Messung von Ultraschall Signalen erfordert eine Bandbreite von 250 kHz für jeden Kanal. Bei einer Abtastrate von 1 MHz, einer Auflösung von 16 Bit und 7 Messkanälen ergibt sich eine Datenrate von 112 MBit/s die kontinuierlich übertragen wird. Als Übertragungsmedium wird eine Glasfaser eingesetzt.

HARDWARE

Jedem Ultraschall Sensor ist ein Messkanal zugeordnet. Ein AC-Eingang unterdrückt Offset Spannungen und niederfrequentes Rauschen. Dem folgt ein Tiefpassfilter mit einer Eckfrequenz von etwas über 250 kHz. Ein Spannungsverstärker erhöht den Signalpegel vom mV zum Volt Niveau. Es kann unter 3 Verstärkungen gewählt werden. Die so aufbereiteten Signale werden dann digitalisiert (1 MHz). Das geschieht parallel für alle 7 Kanäle. Die digitalen Daten werden kontinuierlich in ein Logic-Array (FPGA) gespeist, das die parallelen Daten in einen einzelnen seriellen Datenstrom umwandelt. Dieser Datenstrom wird in die Glasfaser eingespeist. Am anderen Ende wird der Datenstrom wieder vereinzelt. 7 DA-Wandler rekonstruieren das ursprünglich analoge Signal. Hochpass Filter komplettieren die Rückwandelung. Die Verstärkungseinstellung kann sowohl über Schalter, als auch über einen seriellen Port des PCs erfolgen. Da dies auf der DA-Wandler Seite erfolgt, sich die Verstärker aber auf der AD-Wandler Seite im Bohrloch Sensor befinden, muß diese Verstärkungsinformation über einen Rückkanal übertragen werden. Normalerweise würde hierfür eine zweite Glasfaser benötigt. Um diese zu vermeiden wurde ein spezieller opto-elektrischer Wandler eingesetzt, der es erlaubt Daten über eine einzelne Faser gleichzeitig in beide Richtungen zu übertragen. Wechselseitige Störungen werden ausgeschlossen indem für die beiden Richtungen unterschiedliche optische Wellenlängen zum Einsatz kommen.

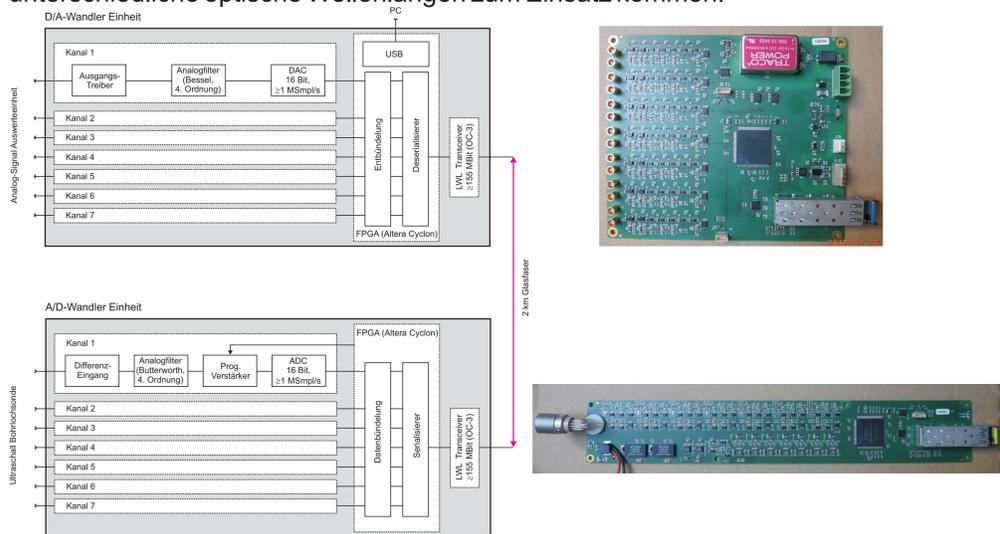


Abb. 1: Blockdiagramm des 7-kanaligen Signalübertragungssystems für Ultraschall Signale. Unten: A/D-Wandler Einheit. Oben: D/A-Wandler Einheit. Die digitalisierten Daten werden mittels einer einzelnen 2 km langen Glasfaser übertragen. Diese Faser wird in die Gegenrichtung zur Übertragung der Verstärkungsinformationen verwendet.



Abb. 2: Links: AD-Wandler Einheit mit Buchsen zum Anschluss des Bohrloch Sensortools und der Stromversorgung. Rechts: DA-Wandler Einheit mit 2x7 BNC Buchsen zum Anschluss eines Datenloggers.

KALIBRIERUNG

Aufgrund der endlichen Geschwindigkeit des Lichts kommt es in der Glasfaser zu einer verzögerten Signalübertragung. Darüber hinaus beeinflussen die Filter und Verstärker der A/D- und D/A-Wandler Einheiten die Übertragungsfunktion des Systems. Um diese Einflüsse zu quantifizieren und dann aus den Ultraschall Messdaten zu eliminieren, muss das Übertragungssystem kalibriert werden. Vorteilhafterweise sind alle Einflussgrößen zeitlich konstant. Zur Kalibrierung werden Testsignale in das Übertragungssystem eingespeist und dann mit den rückgewandelten Signalen verglichen. Hierzu werden monofrequente (sinusförmige) Signale verwendet und die Änderung der Amplitude und Phase bestimmt. Insgesamt genügen hierfür 100 Frequenzen, die logarithmisch-äquidistant verteilt sind (100 Hz - 250 kHz), um die Übertragungsfunktion hinreichend präzise zu messen. Zur quantitativen Berechnung werden klassische Methoden der Zeitreihenanalyse verwendet. Neben der komplexen Amplitude kann so auch ein Vertrauensintervall für jede Messfrequenz abgeleitet werden. Unser Impedanz Messgerät "Chameleon" (Radić et al, 2013), (Radić, 2014) ist bestens für die praktische Durchführung dieser Kalibrierung geeignet. Die hierbei verwendete Messkonfiguration gibt Abbildung 3 wieder. Die Apparatur erzeugt nicht nur die notwendigen Testsignale, sondern sie mißt auch das eingespeiste und das rückgewandelte Signal und berechnet hieraus die Übertragungsfunktion (Radić, 2008).

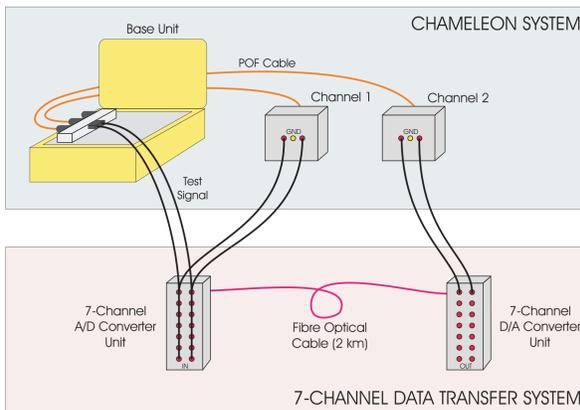


Abb. 3: Konfiguration zur Kalibrierung des 7-kanaligen Signalübertragungssystems. Zur Messung der Übertragungsfunktion wurde unser Messinstrument "Chameleon" verwendet. Die Übertragungsfunktion wurde aus dem Vergleich von Testsignal und rückgewandeltem Signal berechnet (siehe Abb. 4).

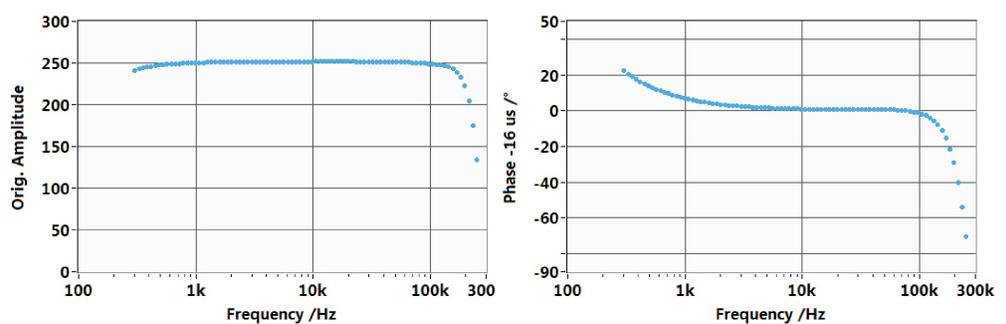


Abb. 4: Übertragungsfunktion von Kanal 1. Links: Amplitude vs. Frequenz, rechts: Phase vs. Frequenz. Verstärkung: 250x, Glasfaserkabel: 5 m. Einheitlich wurden 15.9 µs abgezogen.

Abbildung 4 zeigt die Übertragungsfunktion von Kanal 1. Die Amplitude ist zwischen 1 kHz und 100 kHz konstant. Oberhalb von 100 kHz nimmt die Amplitude durch den Einfluss des Alias-Filters ab. Von allen Messwerten wurden 15.9 µs abgezogen. Ein Hochpassfilter am Eingang unterdrückt störende tieffrequente Signale.

WEITERE EINSATZFELDER

Die Eignung unseres schnellen 7-kanaligen Signalübertragungssystems ist nicht beschränkt auf einen Einsatz zusammen mit einer Ultraschall Bohrlochsonde. Weitere Einsatzfelder sind überall da zu finden, wo schnell veränderliche Signale über mehrere Kilometer Entfernung störungsfrei übertragen werden müssen und Funkverbindungen nicht zur Verfügung stehen. Das ist z.B. immer dann der Fall, wenn sich der Übertragungsweg unter der Erde oder im Wasser befindet. Es kann auch dann notwendig sein, wenn eine Funkübertragung verboten ist oder nicht mit der ausreichenden Datenrate zur Verfügung steht. Oder wenn elektromagnetische Störungen keine stabile Funkübertragung zulassen. Ein weiteres Einsatzfeld stellt die Überbrückung von großen elektrischen Potentialunterschieden dar oder die zuverlässige galvanische Trennung.

LITERATUR

- RADIC, T. (2008): Instrumentelle und auswertemethodische Arbeiten zur Wechselstromgeoelektrik. Dissertation, Technische Universität Berlin, 2008. <https://depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/2096>
- RADIC, T. and HOERDT, A. (2013): First results from the new multi-purpose Instrument Chameleon. Extended Abstract. Near Surface Geophysics. 9.-11. September 2013, Bochum, Germany.
- RADIC, T. (2014): Chameleon - Multipurpose equipment for geoelectrical measurements. Extended Abstract. 22. EM Induction Workshop, 24.-30. August 2014, Weimar, Germany.