

Ko²SiBus – Continuous, cost-effective signal analysis for Ethernet-based bus systems

IMMS has developed novel cost-effective methods of monitoring data lines across running industrial plant. A demonstrator maps the entire system with the complete analysis chain: Ethernet signals can thus be manipulated in a targeted manner to simulate cable faults artificially or to show the influence of such faults. Photograph: IMMS.

Motivation and overview

Until now no continuous monitoring of communication lines in interconnected machinery

The conditions and processes in machines and industrial plant are continuously monitored to enable highly automated processes in industry to run smoothly. However, what is still missing, because there has been no suitable procedure to do so, is the wiring of ethernet based communications which enables rapid, secure data exchange and links up networked industrial plant. It is only at the commissioning or during maintenance (if the machine is stopped for the purpose) that these physical connections are checked. But cables in production areas can be put under great strain by constant bending: for instance, when they are carried over drag chains. The strain can cause the data transfer quality to deteriorate and may even lead to cable breakages. With current methods, such changes in the cable properties are not at present being monitored, which makes the cables an additional weak point in any system.

*More on
Industry 4.0 at
www.imms.de.*

*More on
Ko²SiBus at
www.imms.de.*

Annual Report

© IMMS 2019

A solution for continuously monitoring communication cables to ensure trouble-free production

With a view to reducing the associated downtime and maintenance effort to a minimum, methods were designed, developed and evaluated in the Ko²SiBus project, to enable the monitoring of the signal quality in the Ethernet cable continuously and cost-effectively for a plant during its regular operation without any interruption to the actual communications. The methods conceived were implemented in the form of a prototype. Its effectiveness was proven in laboratory tests.

This should not only make it easier to plan maintenance work. The new concept should also make it possible to pass on the data from the monitoring through a unified open interface so that it can be easily integrated into customer-specific control systems, possibly as a switch extension or as a feature installed directly into the end device.

IMMS created a circuit concept and constructed a demonstrator

The role of IMMS in the continuous monitoring scheme of communication lines was to design an embedded system and develop the appropriate circuit concepts, creating a system that tracks physical signal parameters using integrated analogue and digital components and reports any deviations to a monitoring centre. The functionality was tested with a demonstrator largely built by IMMS. The demonstrator maps the entire start-to-finish system from the signal measurements through to graphical representation of the analysis and the integration possibilities. It can also be used to manipulate the Ethernet signals very specifically, for example to simulate cable faults artificially or to show the influence of such faults.

The IMMS solution in detail

Preparatory work for IMMS' circuit design

With the project partners, IMMS compared and analysed possible test and inspection methods for a variety of Ethernet standards. Having identified the 100BASE-TX standard as that used in a majority of applications installed currently in machinery, see Figure 1, they focused on this for later work so as to be able to offer solutions for the most commonly used Ethernet installations first. Offenburg University of Applied Science researched the communication interfaces required for transferring analytic data to higher systems. This partner also optimised and implemented standard protocols for small, low-power microcontrollers and created the relevant control sys-

- > INPOS
- > INSPECT
- > ADMONT
- > Ko²SiBus
- > AgAVE
- > Dig. Engineering
- > IRIS
- > Contents
- * Funding

More detail on signal processing at www.imms.de.

View on the project by TURCK Electronics

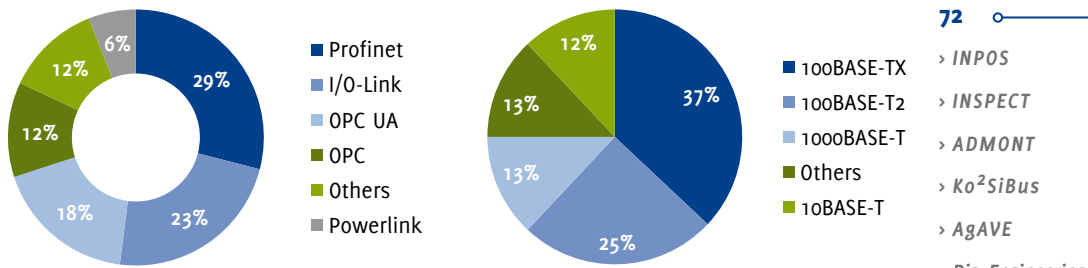


Figure 1: Standards and Ethernet modes used in industry. Source: survey by Offenburg UAS.

tems for the analytic functions. The Simple Network Management Protocol (SNMP) and the OPC Unified Architecture Protocol (OPC UA) were the protocols used for the system developed in the Ko²SiBus project.

IMMS' circuit to provide measurements on basis of undersampling

Equivalent circuits for short wires in series constitute the circuit for a cable

If a short section of wire is considered, the wire has inductance L in series with the resistance R . Together, the wires adjacent to each other and the return wire create a capacitance C . Finally, there is a very high insulation resistance G between the two wires. The short length of wire can be described approximately by an equivalent circuit which is made up of these four elements. A cable can thus be modelled as numerous such small circuits connected in series. From the discretised equivalent circuit diagram, it is clear that a cable is a cascade of second order low-pass filters.

Different Ethernet-categories – different data transmission features

The ISO/IEC 11801 norm defines the categories (cat) of twisted pair cables. Each individual category specifies certain transmission features of the data-carrying cable such as impedance, bandwidth and attenuation which derive from the primary wire parameters (L , R , C , G). In the 100BASE-TX standard, the characteristic impedance is defined as $100\ \Omega$ for all cables. Cat5 cables (belonging to category 5) or cat5e cables must have transmission bandwidth of 100 MHz, cat6 cables 250 MHz.

The Fast Ethernet 100BASE-TX standard provides a series of coding steps which are intended to counteract strong signal power dissipation and baseline wander (i.e. drift in the DC voltage) and make clock recovery possible. The multistep coding process includes 4B5B (4bit-to-5bit) coding, a scrambler, NRZI (Non-Return to Zero

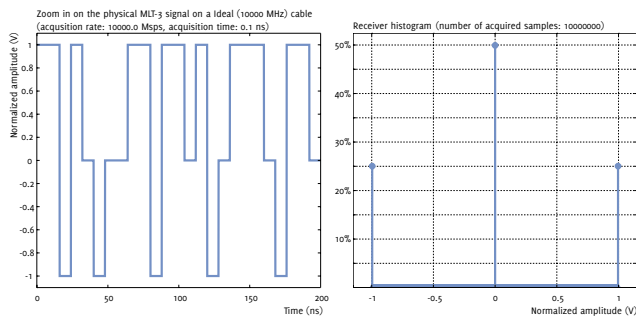


Figure 2: Idealised MLT-3 signal and histogram. The screenshot on the left shows the sequence of an idealised MLT-3 signal. The resulting histogram shown on the right reflects the distribution of the symbols, which only extends over the three available symbols. Source: IMMS.

Inverted) coding and MLT₃ (Multi Level Translation) coding. Finally the electrical signal is carried along the wire at three different levels (-1 V, 0 V, 1 V) and a symbol rate of 125 MBaud within a bandwidth of 31.25 MHz.

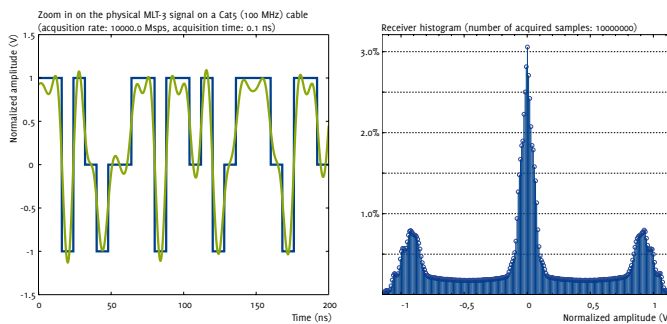
If the Ethernet data stream is randomly scrambled, the distribution of the signals is on average 25% at -1 V, 50% at 0 V and 25% at 1 V. Ideal distribution is shown in Figure 2. Figure 3 shows the influence of a cat5 cable on the signal shape and the frequency distribution.

Disturbances are revealed by evaluating the frequency distribution of changed characteristics

If there have been changes in the cable, for instance because the insulation is damaged, the above mentioned primary nominal dimensions (R, L, C, G) will also change. This makes it possible to detect deviations in the transmission features: reduced bandwidth, for example. Such deviation inevitably leads to a different frequency distribution for the signals being transmitted, so that determining and evaluating the frequency distribution of the transmitted symbols or the voltage level will provide a statement on changes in the cable and enable warnings to be issued before the connection is broken.

Figure 3:

Actual MLT-3 signal and histogram. In the case of a real MLT-3 signal, the symbols are somewhat distributed but assignment is nonetheless clear.



Source: IMMS.

More detail

on signal
processing at
www.imms.de.

To establish the frequency distribution of the symbols transmitted, the signal must be sampled at at least twice the signal frequency i.e. at least at 250 MHz. This in turn makes expensive hardware components (ADC, FPGA) necessary. As an alternative approach, for a more cost-effective circuit solution, undersampling was chosen, by which the signal is sampled at a lower frequency.

Analysis and evaluation by undersampling and using four parameters

Granted, undersampling means the data transmitted cannot be restored; however, the statistical distribution can be established nonetheless. Evaluation of the undersampled Ethernet signals reveals multi-modal distribution with three modes, around the three values 1, -1 and 0.

The four following parameters were defined for determining cable quality: clarity, amplitude, asymmetry and activity. From these four parameters a good description of the distribution of the signals can be obtained. To calculate distribution, the ADC values are subdivided into 32 voltage ranges (the lines in the histogram) and 1000 readings are evaluated for each subdivision.

The **Clarity** parameter contains an estimation of how clearly the levels (-1, 0, +1) can be distinguished from each other. To calculate the Clarity, the sum of the assigned values is obtained. The lines in the histogram that have the most values are established and the neighbouring values included. Good signal transmission has high clarity, i.e. only a few samples lie between the 3 modes. A value that is too low indicates much noise or excessively high capacity values in the cable.

The **Amplitude** parameter is found from the distance between the most positive and the most negative value in the histogram. The **Asymmetry** is the deviation from ideal distribution. **Activity** shows whether active communication is happening on the cable to be monitored. In this case, the number of values in the mode with the most values is determined and this number then subtracted from 1000.

Figure 4 shows Ethernet signals measured and the distribution associated with them together with the quality parameters established. In the top line, the signals have been recorded during normal communication. In the ensuing measurements, an additional capacitance of 47pF or of 100pF was added. In each case, despite this influence, it was possible to maintain communication between the end points.

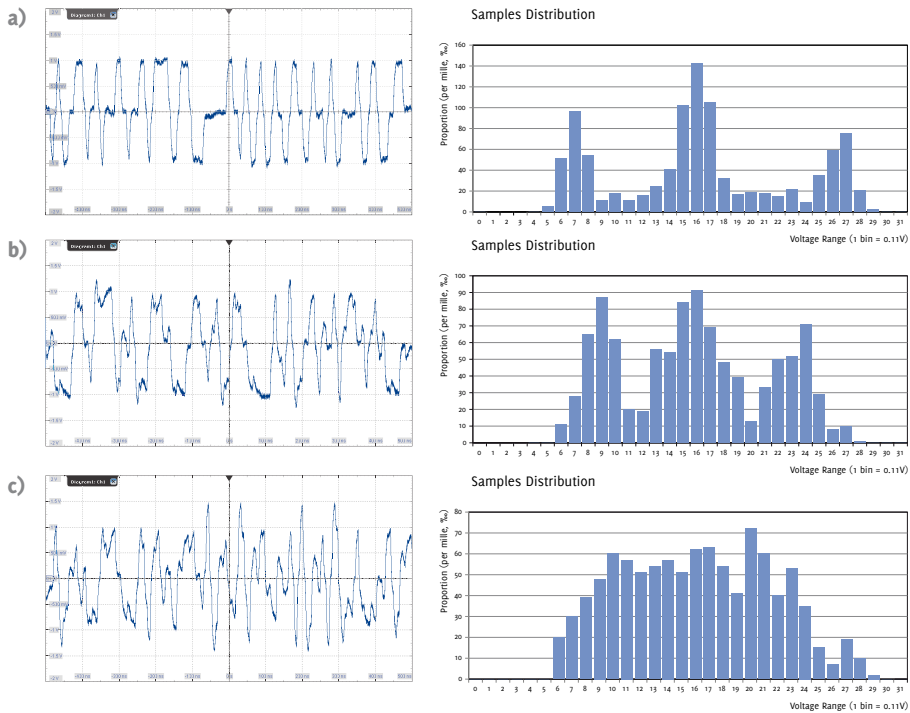


Figure 4: Comparison of Ethernet signal and associated distribution when affected by parasitics, shown under the influence of (a) normal conditions (clarity=531, asymmetry=53), (b) parasitic capacitance of 47pf (clarity=450, asymmetry=129) and (c) parasitic capacitance of 100pf (clarity=362, asymmetry=151). Source: IMMS.

System integration, prototype

The project involved designing a total system from several parts and developing it. The analogue front end created by IMMS is the foundation. It undersamples the signals in the Ethernet wires using a specially adapted sample-and-hold circuit. The target of the sampling is always the reception end. No analysis is carried out on the transmission end. Nonetheless, it is necessary keep both channels under observation while sampling, since the auto MDIX function involved means there may be crossover between receive (RX) and transmit (TX) wires. The sampled values are transferred as analogue signals to an analysis unit implemented by IMMS, where the final signal analysis and processing of the relevant values take place. The analysis unit is regulated by means of a strictly defined register set. Here the parameters can be stored for control and configuration purposes and the results of analysis can be searched. The register set is accessible from standardised interfaces such as SPI, I²C or even MDIO, which are in common use for Ethernet PHYs, simplifying any potential integration of the analysis functions.

More detail on signal processing at www.imms.de.

More on system integration at www.imms.de.



Figure 5:

Grafana dashboard for the Ko²SiBUS system. The representation shown is current measured values, also chronology of the measurements and configuration parameters.

Source:
Offenburg UAS.

- > INPOS
- > INSPECT
- > ADMONT
- > Ko²SiBus
- > AgAVE
- > Dig. Engineering
- > IRIS
- > Contents
- * Funding

The interface unit developed by Offenburg University of Applied Science operates the analysis unit and configures it, also acquiring from it the analysis values before processing them and presenting them via the two protocols SNMP and OPC UA which are widely used in manufacturing and network technology. The SNMP agent can be integrated with the appropriate MIB (Management Information Base) description into any existing SNMP managers, which means it can be kept under observation. In parallel, an embedded OPC UA server is operated on the interface unit. This also gives access to the analysis and configuration values.

Demonstration version

IMMS was involved in the development of the prototype which demonstrates the entire system including the complete chain of analysis from signal measurement to presentation of the results and integration options (see Fig. 5). The prototype was extended by the addition of further technical elements to allow targeted manipulation of the Ethernet signals, representation of the measured values and interaction with the user.

The prototype consists of two mini-computers in addition to the Ko²SiBUS system. They are in constant communication with each other to generate traffic. One of the mini-computers also implements the user interface. The data acquired via OPC UA or SNMP are written to an Influx-DB database via a Node-RED flow. A Grafana dashboard (see Fig. 5) can be used to access the values from this database. So that a smart phone or tablet can be easily used to access them, the mini-computer also acts as WLAN access point. A "disturbance board" has also been developed by IMMS and is inserted between the Ethernet cable where it facilitates targeted manipulation of the Ethernet signal and immediate observation on the dashboard of the effect of the manipulation.

*More on system
integration at
www.imms.de.*

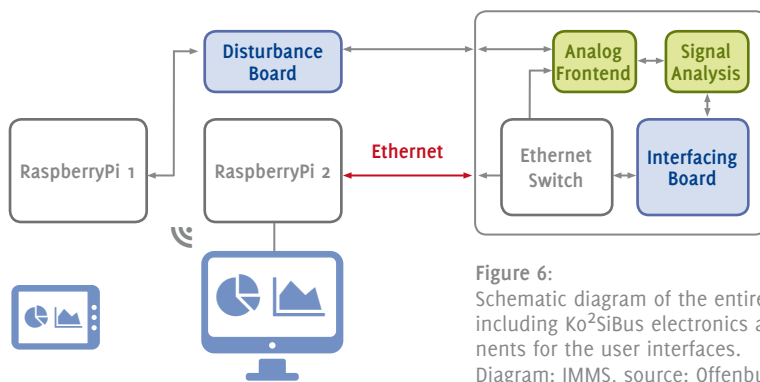


Figure 6:
Schematic diagram of the entire system including Ko²SiBus electronics and the components for the user interfaces.
Diagram: IMMS, source: Offenburg UAS.

Conclusion and outlook

The methodology developed means that Ethernet cables can be monitored while in active use without there being any disruption of the actual communications. The principle has been implemented in the form of a prototype and its effectiveness shown in laboratory tests. The next steps will be to integrate the system into actual industrial scenarios and evaluate its function there. The intention is to achieve integration of the principles directly into Ethernet-based field bus devices.

Contact person: Dipl.-Ing. Sebastian Uziel, sebastian.uziel@imms.de

Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag



The Ko²SiBus project is funded through the DFAM (German research council for the application of microelectronics) via the AiF (IGF-Vorhaben 19574 BG) by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) in response to a decision of the German Federal Parliament. (AiF in English –German Federation of Industrial Research Associations; IGF – funding scheme for research serving the industrial community). The results come from work done by ivESK, the Institute for Reliable Embedded Systems and Communications Electronics of Offenburg University and a team under the Professor for Measurements and Sensor Technology at Chemnitz University of Technology (TU) as well as IMMS.

*More on
communications
solutions at
www.imms.de.*

*More detail on
Ko²SiBus at
www.imms.de.*

DFAM



Ko²SiBus – Kontinuierliche und kostengünstige Signalanalyse für Ethernet-basierte Bus-Systeme

Das IMMS hat Lösungen erarbeitet, mit denen sich Datenleitungen in laufenden Industrieanlagen kostengünstig überwachen lassen. Ein Demonstrator bildet das gesamte System mit der kompletten Analysekette ab: Ethernet-Signale lassen sich damit gezielt manipulieren, um künstlich Kabelstörungen zu erzeugen und deren Einflüsse am Demonstrator zu zeigen. Foto: IMMS.

Motivation und Überblick

Bislang kein durchgehendes Monitoring von Kommunikationsleitungen vernetzter Anlagen

Damit in der Industrie hochautomatisierte Prozesse reibungslos ablaufen können, werden Zustände und Abläufe in Maschinen und Anlagen einem permanenten Monitoring unterzogen. Was dabei aber mangels geeigneter Verfahren noch nicht kontinuierlich überwacht wird, sind die drahtgebundenen Ethernet-basierten Kommunikationsleitungen für den schnellen und sicheren Datenaustausch und für die Vernetzung dieser Industrieanlagen. Diese physischen Verbindungen werden nur während der Inbetriebnahme oder eines Wartungszyklus überprüft, wenn die Maschine dafür außer Betrieb genommen wird. Kabel in Produktionsbereichen können aber durch Wechselbiegungen stark beansprucht werden, wenn sie z.B. über Schleppbrücken geführt werden. Das kann Übertragungseigenschaften schleichend verschlechtern und bis zum Kabelbruch führen. Solche Veränderungen der Kabeleigenschaften werden mit aktuellen Methoden bisher noch nicht überwacht. Damit werden die Kabel zu einer zusätzlichen Schwachstelle im System.

*Mehr zu
Industrie 4.0:
www.imms.de*

*Mehr zu
Ko²SiBus auf
www.imms.de*

[Jahresbericht](#)

© IMMS 2019

Lösung zum kontinuierlichen Monitoring von Kommunikationsleitungen für eine störungsfreie Produktion

71

- > INPOS
- > INSPECT
- > ADMONT
- > Ko²SiBus
- > AgAVE
- > Dig. Engineering
- > IRIS
- > Inhalt
- * Förderung

Um die damit verbundenen Ausfallzeiten und Wartungsaufwände zu minimieren, wurden im Projekt Ko²SiBus Lösungen konzipiert, entwickelt und evaluiert, mit denen künftig die Signalqualität der Ethernet-Kabel einer Anlage während des regulären Betriebs kontinuierlich und kostengünstig überprüft werden kann, ohne in die eigentliche Kommunikation einzugreifen. Die Methoden wurden in Form eines Prototyps implementiert und die Tauglichkeit in Laborversuchen nachgewiesen.

Damit sollen sich nicht nur Wartungen besser planen lassen. Mit dem neuen Konzept werden die Monitoring-Daten auch über eine einheitliche und offene Schnittstelle weitergegeben, so dass eine Integration in kundenspezifische Monitoring-Lösungen einfach möglich ist, z.B. als Erweiterung für Switches oder als Feature direkt in das Endgerät.

IMMS realisierte Schaltungskonzepte und baute einen Demonstrator auf

Das IMMS hat für die Lösung zum kontinuierlichen Monitoring von Kommunikationsleitungen ein eingebettetes System entworfen, hierfür passende Schaltungskonzepte erarbeitet und ein System realisiert, das physikalische Signalparameter mittels integrierter analoger und digitaler Bauteile verfolgt und Abweichungen an eine Überwachungszentrale meldet. Die Funktionalität wurde anhand eines Demonstrators erprobt, in dessen Aufbau sich das IMMS maßgeblich eingebracht hat. Er bildet das gesamte System mit der kompletten Analyseketten von der Messung der Signale bis zur Darstellung der Analyse und Integrationsmöglichkeit ab. Ethernet-Signale lassen sich damit auch gezielt manipulieren, beispielsweise um künstlich Kabelstörungen zu simulieren bzw. deren Einflüsse am Demonstrator zu zeigen.

Mehr zu Signalverarbeitung:
www.imms.de

Einschätzung der TURCK Electronics GmbH zum Projekt.

Lösung im Detail

Vorarbeiten für den Schaltungsentwurf des IMMS

Das IMMS hat mit den Partnern mögliche Prüfverfahren für verschiedene Ethernet-Standards verglichen und analysiert. Dabei wurde der 100BASE-TX-Standard für einen Großteil der heute installierten Anwendungen identifiziert, vgl. Abbildung 1, und für die weiteren Arbeiten in den Fokus gerückt, um zunächst Lösungen für die meistverwendeten Ethernet-Installationen anbieten zu können. Die Hochschule Offenburg lieferte Ergebnisse zu erforderlichen Kommunikationsschnittstellen, über die die Analysedaten an höhere Systeme weitergegeben werden, optimierte und implemen-

Jahresbericht
© IMMS 2019

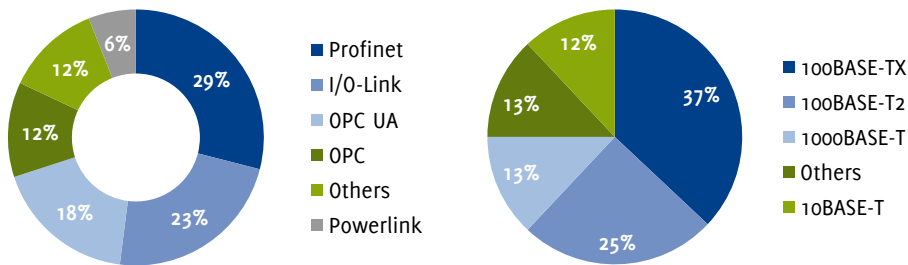


Abbildung 1: Genutzte Protokolle und Ethernet-Modi im Industriebereich. Quelle: Umfrage FH Offenburg.

tierte Standardprotokolle für kleine, leistungsarme Mikrocontroller und setzte die entsprechenden Steuerungen der Analysefunktionen um. Für das in Ko²SiBus entwickelte System wurde das Simple Network Management Protocol (SNMP) sowie das OPC Unified Architecture Protocol (OPC UA) genutzt.

Schaltung des IMMS für Messmethoden auf Basis von Unterabtastung

Ersatzschaltungen für kurze Leitungen in Reihe bilden die Schaltung für ein Kabel

Betrachtet man ein kurzes Leitungsstück, bildet die Leitung eine Induktivität L , die in Serie zum ohmschen Widerstand R liegt. Die nebeneinanderliegenden Leiter und der Rückleiter bilden eine Kapazität C . Schließlich gibt es zwischen beiden Leitern noch einen sehr hohen Isolationswiderstand G . Das kurze Leitungsstück lässt sich näherungsweise durch eine Ersatzschaltung aus diesen vier Elementen beschreiben. Ein Modell für ein Kabel setzt sich dann aus vielen dieser kleinen Schaltungen zusammen, die hintereinandergeschaltet sind. Aus dem diskretisiertem Ersatzschaltbild wird deutlich, dass es sich bei einem Kabel um Kettenschaltungen von Tiefpässen zweiter Ordnung handelt.

Verschiedene Ethernet-Kategorien – verschiedene Übertragungseigenschaften

Im Standard ISO/IEC 11801 sind die Kategorien (Cat) von paarweise verdrehten Kabeln definiert. Die einzelnen Kategorien spezifizieren bestimmte Übertragungseigenschaften der Datenkabel, wie z.B. die Impedanz, die Bandbreite und die Dämpfung, die sich aus den primären Leitungsparametern (L , R , C , G) ergeben. Die charakteristische Impedanz im 100BASE-TX-Standard ist für alle Kabel auf 100Ω festgelegt. Kabel nach Kategorie Cat5, bzw. Cat5e müssen eine Übertragungsbandbreite von 100 MHz, Cat6-Kabel 250 MHz aufweisen.

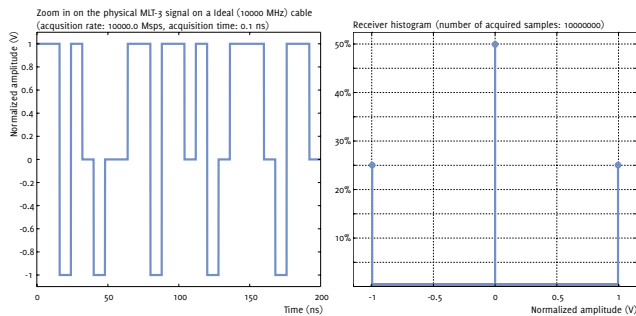


Abbildung 2: Ideales MLT₃-Signal und Histogramm. Die linke Abbildung zeigt einen Signalverlauf eines idealen MLT₃-Signals. Das daraus resultierende Histogramm in der rechten Abbildung spiegelt die Verteilung der Symbole wider, die sich nur über die 3 verfügbaren Symbole erstreckt. Quelle: IMMS.

Im Fast-Ethernet 100BASE-TX-Standard sind eine Reihe von Codierungsstufen vorgesehen, die einer starken Signalabstrahlung und einem Baseline Wander, also einer Drift des Gleichspannungspegels, entgegenwirken sowie eine Takt-Rückgewinnung ermöglichen sollen. Der mehrstufige Codierungsprozess enthält eine 4-Bit-zu-5-Bit-Codierung (4B5B), einen Scrambler sowie Non-Return-to-Zero-Inverted- (NRZI) und Multi-Level-Translation-(MLT-3)-Codierung. Letztendlich wird das elektrische Signal mit drei Pegeln (-1 V, 0 V, 1 V) auf der Leitung differentiell mit einer Symbolrate von 125 MBaud innerhalb einer Bandbreite von 31,25 MHz übertragen.

Bei einem zufällig durchmischten (scrambled) Ethernet-Datenstrom sind die Signale im Mittel zu 25% bei -1 V, zu 50% bei 0 V und zu 25% bei 1 V verteilt. Eine ideale Verteilung ist in Abbildung 2 dargestellt. Der Einfluss eines Cat5-Kabels auf die Signalform und Häufigkeitsverteilung ist aus Abbildung 3 ersichtlich.

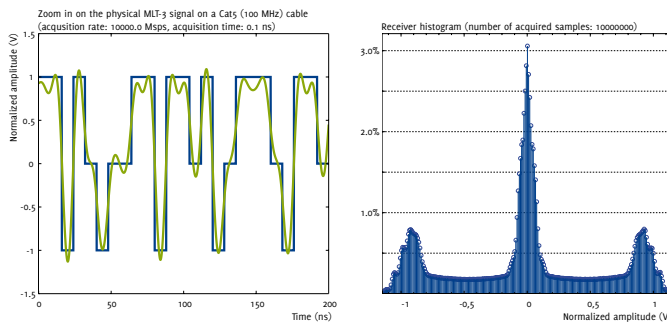
Mehr zu Signalverarbeitung:
www.imms.de

Auswertung von Häufigkeitsverteilungen veränderter Eigenschaften deckt Störungen auf

Gibt es Veränderungen am Kabel z.B. durch eine beschädigte Isolation, verändern sich auch die o.g. primären Kabelkenngrößen (R, L, C, G). Damit lassen sich Abweichungen bei den Übertragungseigenschaften ermitteln, wie z.B. eine geringere

Abbildung 3:

Reales MLT₃-Signal und Histogramm. Bei einem realen MLT₃-Signal sind die Symbole leicht verteilt, jedoch lässt sich eine eindeutige Zuordnung feststellen.



Quelle: IMMS.

Bandbreite. Dies führt unweigerlich zu einer anderen Häufigkeitsverteilung der übertragenen Signale. Somit lassen sich durch die Ermittlung und Auswertung der Häufigkeitsverteilung der übertragenen Symbole bzw. Spannungspegel Aussagen über Veränderungen am Kabel treffen und Warnungen ausgeben, bevor die Verbindung unterbrochen wird.

Um die Häufigkeitsverteilung der übertragenen Symbole zu ermitteln, müsste das Signal mit mindestens der doppelten Signalfrequenz, also mindestens 250 MHz abgetastet werden, was wiederum den Einsatz kostenintensiver Hardwarekomponenten (ADC, FPGA) erforderlich macht. Daher wurde für eine kostengünstige Lösung die Unterabtastung als anderer Ansatz für die Schaltung gewählt, so dass das Signal mit einer geringeren Frequenz abgetastet wird.

Analyse und Auswertung per Unterabtastung und mit vier Parametern

Die übertragenen Informationen können aufgrund der Unterabtastung zwar nicht wiederhergestellt, aber es kann die statistische Verteilung ermittelt werden. Bei der Auswertung der unterabgetasteten Ethernet-Signale ergibt sich eine multimodale Verteilung (drei Moden) um die drei Werte 1, -1 und 0.

Um die **Kabelqualität** zu bestimmen, wurden die vier folgenden Parameter definiert: Clarity, Amplitude, Asymmetry, Activity. Mit diesen Parametern lässt sich die Verteilung der Signale gut beschreiben. Für die Berechnung der Verteilung werden die ADC-Werte in 32 Spannungsbereiche, die Linien im Histogramm, unterteilt und jeweils 1000 Werte ausgewertet.

Der Parameter **Clarity** enthält eine Schätzung, wie deutlich die Pegel (-1, 0, +1) voneinander unterschieden werden können. Zur Berechnung des Clarity-Wertes wird die Summe der zugeordneten Werte gebildet. Dazu werden die Linien im Histogramm mit den meisten Werten ermittelt und die benachbarten Werte mit einbezogen. Eine gute Übertragung hat eine hohe Clarity, d.h. nur wenige Samples liegen zwischen den drei Moden. Ein zu niedriger Wert deutet auf einen hohen Rauschanteil oder zu hohe Kapazitätswerte des Kabels hin.

Der **Amplitude**-Parameter ergibt sich aus dem Abstand des positivsten zum negativsten Wert im Histogramm. Der **Asymmetry**-Wert gibt die Abweichung von der idealen Verteilung an. Der Parameter **Activity** zeigt an, ob eine aktive Kommunikation auf dem zu überwachenden Kabel stattfindet. Dazu wird die Anzahl der Werte in der Mode mit den meisten Werten ermittelt, und dieser anschließend von 1000 subtrahiert.

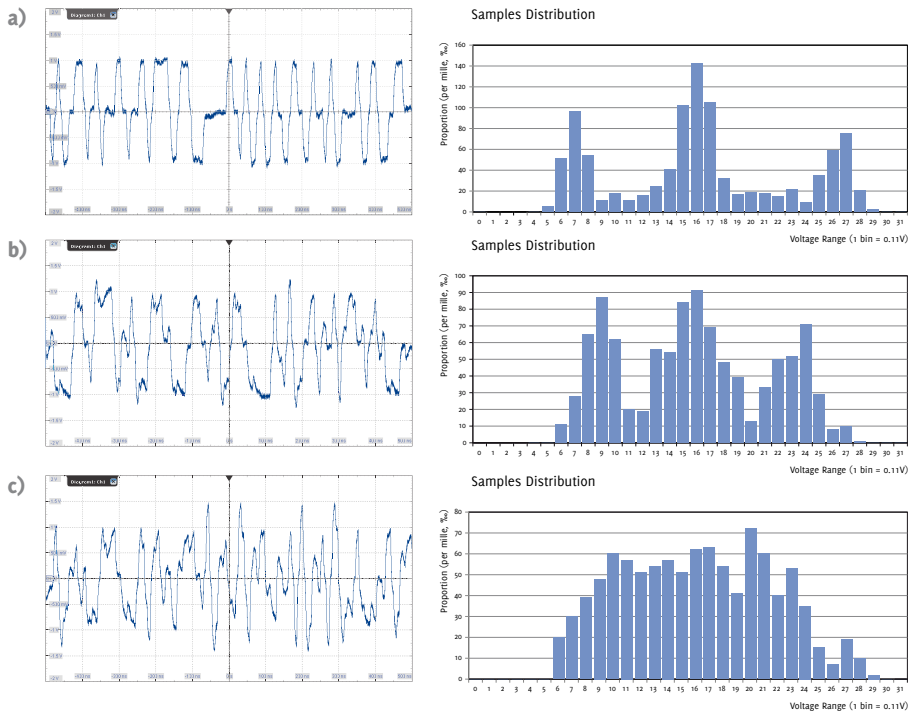


Abbildung 4: Vergleich des Ethernet-Signals und zugehöriger Verteilung bei der Belastung mit parasitären Kapazitäten gezeigt unter (a) normalen Bedingungen (Clarity=531, Asymmetry=53), (b) belastet durch eine Kapazität von 47 pF (Clarity=450, Asymmetry=129) und (c) belastet durch eine Kapazität von 100 pF (Clarity=362, Asymmetry=151). Quelle: IMMS.

In Abbildung 4 sind gemessene Ethernet-Signale und deren zugehörige Verteilung sowie die ermittelten Qualitätsparameter dargestellt. In der oberen Zeile sind die Signale bei einer normalen Kommunikation aufgenommen worden. In den darauffolgenden Messungen wurde eine zusätzliche Kapazität von 47 pF bzw. 100 pF zugeschaltet. In beiden Fällen konnte trotz der Beeinflussung die Kommunikation zwischen den Endpunkten aufrechterhalten werden.

Systemintegration und Prototyp

Im Projekt wurde ein Gesamtsystem aus mehreren Teilen konzipiert und entwickelt. Die Basis bildet das vom IMMS realisierte analoge Frontend, das mit einer speziell angepassten Sample-and-Hold-Schaltung die Signale der Ethernet-Leitungen unterabtastet. Ziel ist hier immer der Empfangspfad, auf dem Sendepfad werden keine Analysen durchgeführt. Dennoch müssen bei der Abtastung beide Kanäle beobachtet werden, da durch die gegebene Auto-MDIX-Funktion RX- und TX-Leitungen wechseln können. Die abgetasteten Werte werden als analoge Signale an eine vom IMMS im-

Mehr zu Signalverarbeitung:
www.imms.de.

Mehr zu Systemintegration:
www.imms.de.

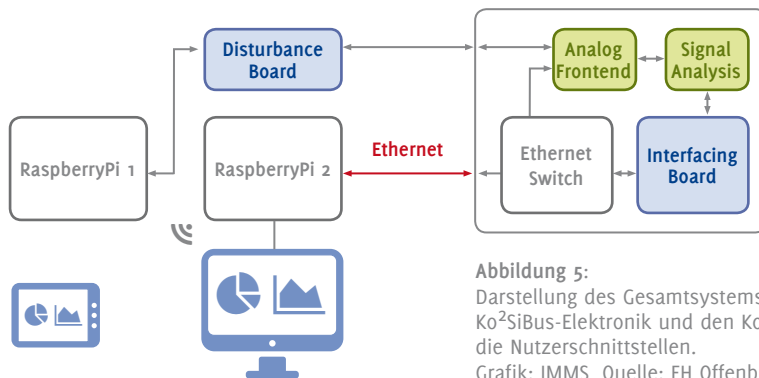


Abbildung 5:
Darstellung des Gesamtsystems mit der Ko²SiBus-Elektronik und den Komponenten für die Nutzerschnittstellen.
Grafik: IMMS, Quelle: FH Offenburg.

plementierte Analyseeinheit übergeben. Dort finden letztendlich die Signalanalysen sowie die Aufbereitung der entsprechenden Werte statt. Gesteuert wird die Analyseeinheit mittels eines fest definierten Registersatzes. Dort können sowohl Steuer- und Konfigurationsparameter abgelegt, als auch die Analyseergebnisse abgefragt werden. Erreichbar ist dieser Registersatz über standardisierte Schnittstellen, wie SPI, I²C oder sogar MDIO, die standardmäßig zur Ansteuerung von Ethernet PHYs genutzt wird, was auch eine mögliche Integration der Analysefunktionen vereinfacht.

Die von der FH Offenburg entwickelte Schnittstelleneinheit bedient und konfiguriert die Analyseeinheit und greift von ihr die Analysewerte ab, bereitet sie auf und stellt sie über die zwei standardisierten und in der Industrie und Netzwerktechnik stark genutzten Protokolle SNMP und OPC UA bereit. Der SNMP-Agent kann zusammen mit der entsprechenden MIB-Beschreibung (Management Information Base) in bestehende SNMP-Manager integriert und somit überwacht werden. Parallel hierzu wird auf der Schnittstelleneinheit ein eingebetteter OPC-UA-Server betrieben, der ebenfalls Zugriff auf die Analyse- und Konfigurationswerte bereitstellt.

Demonstrator

Das IMMS war an der Entwicklung des Demonstrators beteiligt, der das gesamte System mit der kompletten Analyseketten von der Messung der Signale bis zur Darstellung der Analyse und Integrationsmöglichkeit abbildet, siehe Abbildung 5. Der Prototyp wurde hierzu um weitere technische Elemente für die gezielte Manipulation der Ethernet-Signale, die Darstellung der Messwerte und die Interaktion mit dem Nutzer erweitert.

Neben dem Ko²SiBus-System besteht der Demonstrator zusätzlich aus zwei Mini-Computern. Diese kommunizieren kontinuierlich miteinander, um Traffic zu generieren. Einer der beiden Mini-Computer implementiert zudem die Nutzerschnittstelle.

Mehr zu System-
integration:
www.imms.de.



Abbildung 6:

Grafana-Dashboard des Ko²SiBus Systems. Dargestellt werden aktuelle Messwerte, der chronologische Verlauf der Messungen sowie Konfigurationsparameter.

Quelle: FH Offenburg.

Die über OPC UA bzw. SNMP abgegriffenen Daten werden über einen Node-Red Flow in eine Influx-DB-Datenbank geschrieben. Von dort kann mittels eines Grafana-Dashboards, siehe Abbildung 6, auf die Werte zugegriffen werden. Um hier möglichst einfach per Tablet oder Smartphone zugreifen zu können, fungiert der Mini-Computer auch als WLAN Access Point. Ein zusätzliches, am IMMS entwickeltes Disturbance Board wird zwischen die zu messende Ethernet-Leitung gesetzt und ermöglicht eine gezielte Manipulation des Ethernet-Signals, deren Auswirkungen direkt im Dashboard beobachtet werden können.

Fazit und Ausblick

Die entwickelten Methoden erlauben das Monitoring von Ethernet-Leitungen im Betrieb, ohne in die eigentliche Kommunikation einzugreifen. Dies wurde in Form eines Prototyps implementiert und dessen Tauglichkeit in Laborversuchen nachgewiesen. In den nächsten Schritten wird das System in reale Industrielandschaften integriert und dort evaluiert. Es wird angestrebt, die Konzepte direkt in Ethernet-basierte Feldbus-Geräte zu integrieren.

Kontakt: Dipl.-Ing. Sebastian Uziel, sebastian.uziel@imms.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Das Projekt Ko²SiBus wurde durch die DFAM (Deutsche Forschungsgesellschaft für Automatisierung und Mikroelektronik e.V.) über die AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen als IGF-Vorhaben unter dem Kennzeichen 19574 BG durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Ergebnisse wurden erarbeitet vom Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK) an der Hochschule Offenburg, dem Team der Professur für Mess- und Sensortechnik an der Technischen Universität Chemnitz sowie dem IMMS.