

Aussagekräftige Interpretation von Schallfeldkartierungen mittels SONAH und Conformal Mapping

Christoph Hundeck¹

¹ Brüel & Kjaer GmbH, 42477 Radevormwald, Deutschland, Email: christoph.hundeck@bksv.com

Einleitung

Die räumliche Transformation von Schallfeldern (STSF) beinhaltet das Abtasten einer (planen) Oberfläche nahe der zu untersuchenden Schallquelle. Aus den während des Ab tastens gemessenen Kreuzspektren lassen sich zur Beschreibung des Schallfeldes grundlegende Größen ableiten. Alle Leistungsgrößen des Nahfeldes (Intensität, Schalldruck usw.) können mit Hilfe der akustischen Nahfeld-Holografie (NAH) untersucht werden; während das Fernfeld durch Anwendung der Helmholtz-Gleichung beschrieben wird [1].

Die bei der klassischen Nahfeldholografie (NAH) verwendete räumliche FFT macht die Methode rechnerisch effizient, führt jedoch andererseits zu einem beträchtlichen räumlichen Fenstereffekt, sofern die Messfläche nicht wesentlich größer ist als die Quelle. Daher wurde eine statistisch optimierte Methode der akustischen Nahfeldholografie (SONAH) entwickelt, die Berechnungen von Ebene zu Ebene direkt im räumlichen Bereich durchführt. Damit entfällt die Notwendigkeit für eine Darstellung im räumlichen Frequenzbereich und für Zero Padding, wodurch räumliche Fenstereffekte wesentlich reduziert werden [2].

Problemstellung

Array Schallkartierungstechniken sind heutzutage überall in der Anwendung und die Entwicklung neuer Technologien geht stetig weiter, eine der Neusten ist das Conformal Mapping.

Klassische Array Techniken haben generell Ebenen parallel zur Messebene kartiert, d.h. dass von Vektorgrößen wie Schallintensität oder -schnelle wird stets der Anteil kartiert, der in Richtung der Flächennormalen verläuft. Brüel & Kjaers Umsetzung der akustischen Nahfeldholografie – Spatial Transformation of Soundfields (STSF) – bietet die Möglichkeit die Partikelschnelle an jeder Position im Raum zu kartieren, aber diese bezieht sich immer nur auf eine ebene Repräsentation des Testobjektes. Kurz gesagt, können heute die meisten Schallkartierungsprogramme nur 2D Flächendarstellungen parallel zur Messebene berechnen, egal wie die Geometrie des Messobjektes aussieht.

Bei der Verwendung der akustischen Holografie besteht die Möglichkeit den Schalldruck, -intensität und Partikelschnelle zu kartieren. Wenn die Messebene mit der Oberfläche des Messobjektes korrespondiert, zeigt die Partikelschnelle die Oberflächenschnelle des schallabstrahlenden Objektes an. Dies kann leicht von Oberflächenschnellen, die mit einem Laser Dopplervibrometer gemessen werden, abweichen, da

hierbei die mit zunehmendem Abstand zur Objektoberfläche schnell abfallenden, verschwindenden Wellenanteile die keinen Anteil zur Schallabstrahlung liefern, einbezogen werden. In vielen Fällen ist jedoch nur der Teil der Schwingungen interessant der auch zu einer Schallabstrahlung im Fernfeld einen Beitrag leistet. In den

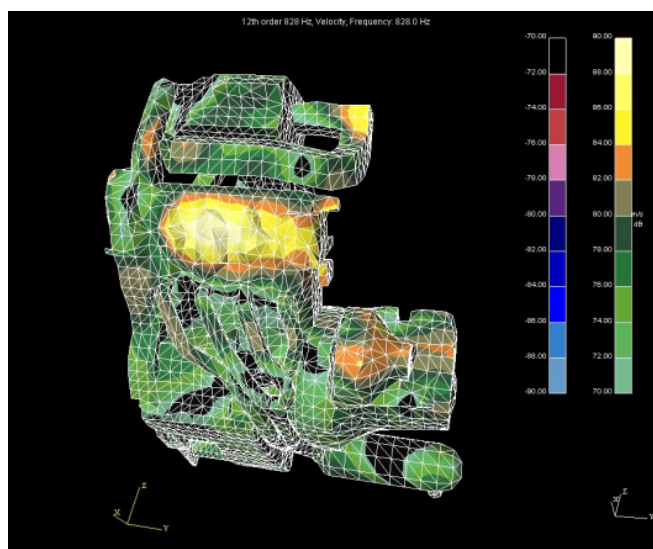


Abbildung 1 - Konforme Abbildung eines Fahrzeugmotors bei 828 Hz

Fällen wo die gesamte Oberflächenschwingung interessiert, kann der verschwindende Wellenanteil zusätzlich rekonstruiert werden. Dies ist eine leistungsstarke Technik, aber es bleibt eine 2D Repräsentation eines 3D Problems. Der Nutzen in Anwendungen, bei denen die Vibrationen von Oberflächen die nicht eben sind, untersucht werden soll ist somit limitiert.

Um eine echte 3D Repräsentation zu bekommen, muss eine konforme Abbildung durchgeführt werden, wobei annähernd parallel zu allen Oberflächen des Testobjektes gemessen werden muss. Dies ist eine enorme Herausforderung, da ein konformes Array gebaut werden muss, das quasi der Oberfläche des Messobjektes folgt. Hierbei ist zu beachten, dass das Array noch akustisch transparent bleibt. Berechnungsmethoden wie IBEM (Inverse Boundary Element Method) werden für die Berechnung der Oberflächenschnelle benötigt, erfordern eine hohe Anzahl von Messpunkten und die Erfassung des gesamten Messobjektes, auch wenn nur einzelne Teilflächen interessieren.

Messung

Wie zuvor erwähnt ist es keine einfache Aufgabe mit einem Array konform der einzelnen Oberflächen eines Objektes zu

messen. Brüel & Kjaers Ansatz vereinfacht dieses durch die Verwendung eines einfachen, ebenen, handgehaltenen Arrays, mit einem speziellen Positionier-/Orientierungssensor im Handgriff. Dieser Handgriff mit Positionserfassung kann entweder mit dem Array oder einem

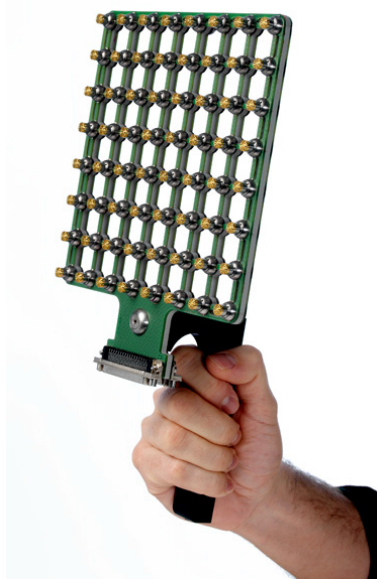


Abbildung 2 - Handgehaltenes 8x8 Kanal Single Layer Array

Zeigegerät zur Geometrieerfassung verwendet werden. Es ermöglicht die Position und die Orientierung des Array sehr genau zu erfassen. Die Messungen werden hierdurch auf ein einfaches Positionieren des Arrays oberhalb der zu kartierenden Oberfläche reduziert. Die Position und Orientierung des Arrays werden zusammen mit den gemessenen Mikrofonsignalen automatisch erfasst. Das System verwaltet die gemessenen Oberflächen und gibt an ob genügend Messungen zur Kartierung des gesamten Objektes durchgeführt wurden.

Technik und Anwendung

Die zur Berechnung der Oberflächenschnelle verwendete Technik ist der SONAH Algorithmus (Statistically Optimised Nearfield Acoustic Holography). Diese Brüel & Kjaer Technik hat substantielle Vorteile gegenüber der klassischen akustischen Nahfeldholografie. Die bei der konformen Abbildung verwendete Patch Holografie ermöglicht das Erfassen von Teilflächen einer stationäre Schallquelle nacheinander und das anschließende automatische Zusammenfügen zu einer kompletten Kartierung des Messobjektes [3].

Geometrie

Die berechneten Oberflächenschnellen werden auf das Oberflächen-Geometriemodell des Testobjektes projiziert. Einerseits kann das Geometriemodell aus CAD Daten, die mittels des IGES Formats eingelesen werden, stammen. Allerdings sind CAD Modelle vielfach zu detailliert und eine Datenreduktion und Vereinfachungen des Modells sind notwendig. Andererseits kann ein passendes Oberflächenmodell auch mit dem integrierten

Geometriegenerator erfasst werden. Hierfür kann der Handgriff des Arrays mit dem Zeigegerät als Digitizer verwendet werden. Es werden einzelne Punkte auf der Oberfläche erfasst und zu Linien verbunden, die einzelnen Linien bilden anschließend die Flächen. Die entstehenden Oberflächen werden dann mit dem integrierten Rastergenerator diskretisiert und können als Geometriemodell für die konformen Abbildungen verwendet werden.



Abbildung 1 - Geometrieerfassung

Zusammenfassung

Bisherige Schallkartierungsverfahren ermöglichten immer nur eine 2D-Repräsentation eines 3D-Problems. Mit Hilfe des SONAH Algorithmus und der Kombination mit dem Handgehaltenen Array inklusive Positions- und Orientierungserkennung ist es nun möglich 3D-Repräsentationen von Messobjekten zu erzeugen.

Literatur

- [1] Hald, J.: STSF – a unique technique for scan-based Near-field Acoustic Holography without restrictions on coherence. Brüel & Kjaer Technical Review No. 1, 1999
- [2] Hald, J.: Patch Near-field Acoustical Holography Using a New Statistically Optimal Method . Brüel & Kjaer Technical Review No. 1, 2005
- [3] Hald, J.: Planar Near-field Acoustical Holography with Arrays Smaller than the Sound Source, Proceedings of ICA 2001
- [4] Array-based Noise Source Identification Solutions: PULSE Beamforming Type 7768, STSF Type 7780, Non-stationary STSF Type 7712 and Conformal SONAH Type 8602 - <http://www.bksv.com/pdf/bp2144.pdf>