



Redundanz in Sennheisers WMAS-Technologie

Von Dr. Sebastian Georgi



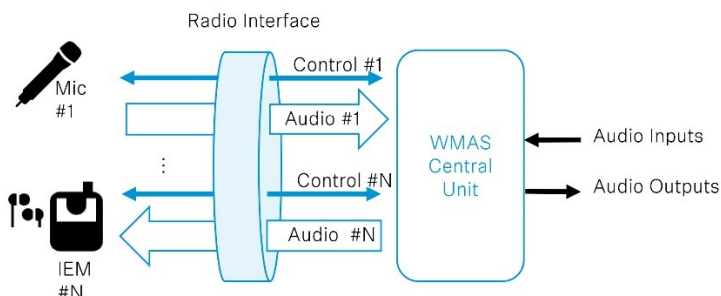
Dr. Sebastian Georgi ist einer der Systemingenieure für das derzeit von Sennheiser entwickelte WMAS. Seit mehr als zehn Jahren forscht er an drahtlosen Breitbandtechnologien und deren spezielle Auslegung für professionelle Audioapplikationen. Seine Doktorarbeit schrieb Georgi zum Thema OFDM an der TU Hamburg-Harburg. Er hat eine enge Beziehung zur Musik und spielt Fagott in einem semiprofessionellen Orchester in Hannover.

Einleitung

Wann immer neue Technologien vorgestellt werden und man sich auf unbekanntem technischen Terrain bewegt, kommt es unweigerlich zu Vergleichen mit herkömmlicher Technik und vielen “Was wäre, wenn...“-Fragen. In den vielen Informationsveranstaltungen und Gesprächen mit Kolleg*innen aus der Audioindustrie über Wireless Multichannel Audio Systems, kurz WMAS, sind wir immer wieder auf das Thema Redundanz angesprochen worden.

Sennheisers Umsetzung der WMAS-Technologie arbeitet mit einer stationären Zentraleinheit, die viele drahtlose Mikrofone und In-Ear-Monitor-Empfänger (IEM) gleichzeitig kontrolliert – anstatt vieler einzelner Sender-Empfänger- und Empfänger-Sender-Strecken wie bei der heutigen Schmalbandtechnik.

Was würde passieren, wenn diese Zentraleinheit ausfällt? Welche Redundanz wird Sennheiser bei seiner WMAS-Implementierung anbieten? Diesen Fragen wollen wir im vorliegenden Artikel nachgehen und einen Einblick in einige Redundanz-Szenarien geben, die Sennheiser für seine neue WMAS-Technologie bereits berücksichtigt hat.



So setzt Sennheiser die WMAS-Technologie um: Eine im Rack befindliche Zentraleinheit arbeitet mit vielen drahtlosen Mikrofonen und IEMs zusammen – gleichzeitig und im selben HF-Breitbandkanal



Redundanz

Unter Redundanz verstehen wir die Verdopplung bestimmter Teilsysteme, um bei Ausfall eines dieser Teilsysteme weiterhin einen im Idealfall störungsfreien Betrieb gewährleisten zu können. Daher werden bei dem Thema Redundanz alle Teilsysteme betrachtet, deren Ausfallwahrscheinlichkeit beurteilt und dann eine Entscheidung für eine Verdopplung getroffen.

Eine naheliegende und immer mögliche Lösung, um einen einzelnen Ausfallpunkt (single point of failure) zu vermeiden, ist, das System zweimal aufzubauen. Im Bereich Pro Audio sind das zum Beispiel doppelte Mischpulte – oder ein Mischpult mit zwei redundanten Engines – für große TV-Liveübertragungen oder doppelte Racks in einem Broadcast-Studio.



Redundanz im Bereich Live Audio: Zwei gespiegelte DiGiCo Quantum 5 Konsolen am FOH-Platz der Oper „The Canal Ballad“ während der Eröffnungsvorstellung am Beijing Performing Arts Centre im Dezember 2023
(Bild mit freundlicher Genehmigung von Racpro)

Im Falle eines drahtlosen Audiosystems würde das bedeuten, dass das komplette System zweimal aufgebaut wird. Die beiden Systeme sollten in zwei unterschiedlichen Gebäudeteilen stehen, auf unterschiedlichen Frequenzen arbeiten, getrennte Stromkreise nutzen und



idealerweise sollten zusätzlich Generatoren bereitstehen. Dies ist allerdings in praktischen Anwendungen nicht wirtschaftlich.

Verschlüsselung

Die von Sennheiser entwickelte WMAS-Technologie ist verbindungsorientiert. Das heißt, ein mobiles Gerät – sei es ein drahtloses Mikrofon oder ein In-Ear Empfänger – baut eine Verbindung zu einer Zentraleinheit auf. Der initiale Verbindungsaufbau wird im Folgenden Pairing genannt. Wenn ein mobiles Gerät mit einer Zentraleinheit gepairt wird, tauscht es die Schlüssel zur Verschlüsselung aus und wird danach von der Zentraleinheit mit Hilfe des permanenten Rückkanals innerhalb des gleichen HF-Kanals koordiniert, der auch zur Audioübertragung verwendet wird.

Das bedeutet auch, dass ein einfaches Mithören mithilfe eines zweiten Empfängers auf derselben Sendefrequenz zu Zwecken der Redundanz, wie es mit linkbasierten verbindungslosen Geräten derzeit manchmal praktiziert wird, nicht mehr möglich sein wird. Es ist allerdings erwähnenswert, dass es in der EU ab 2025 eine regulatorische Verpflichtung zur Verschlüsselung von persönlichen Daten wie z.B. Sprachübertragungen geben wird, so dass diese Möglichkeit zum einfachen „Reinhören“ auch für alle anderen Audioübertragungssysteme wegfallen wird.

Redundanz-Szenarien bei der WMAS-Technologie von Sennheiser

Schauen wir uns nun verschiedene Fehlermöglichkeiten an und wie die WMAS-Technologie darauf reagieren könnte:

Funkstörungen

Szenario:

Es treten Störungen auf einer Funkfrequenz auf. Solche Störungen können zum einen durch nicht frequenzkoordinierte drahtlose Audiosysteme entstehen, zum anderen durch Geräte, die ungewollte Störungen im TV-UHF-Bereich abstrahlen.

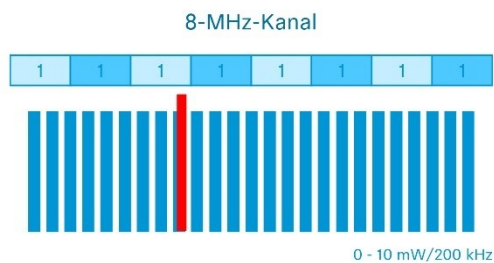
Gegenmaßnahmen:

Die von Sennheiser entwickelte WMAS-Technologie ermöglicht eine permanente Scan-Funktion, auch im laufenden Betrieb. Alle WMAS-Geräte, ganz gleich, ob mobile Geräte oder stationäre Antennen, überwachen die verwendete Funkressource (verteilte Scan-Funktionalität) und können dadurch Störungen an den/die Betreiber*in melden, die darauf dynamisch reagieren können. Feldtests haben gezeigt, dass WMAS im Betrieb sehr robust ist und trotz einiger Störquellen im gleichen TV-Kanal weiterarbeiten kann – das gibt der technischen Crew bei einem Live Event genügend Zeit, das störende Gerät ausfindig zu machen und abzuschalten.

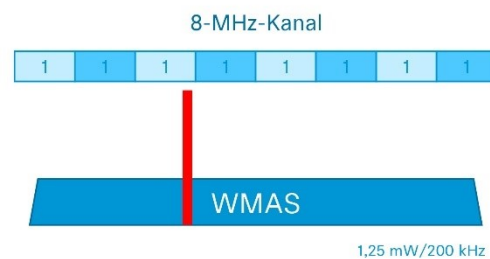


Falls die Störungen im zugewiesenen TV-Kanal massiv werden, dort also mehrere Störquellen aktiv sind und ein Betrieb nicht mehr stabil möglich ist, so kann die Frequenz innerhalb von Sekunden gewechselt werden. Die mobilen Geräte müssen nicht neu gepairt werden; sie finden sich nach einer kurzen Suche auf der neuen Frequenz ein. Die Audiunterbrechung beträgt einige Sekunden – das ist wesentlich komfortabler als mehrere Schmalbandempfänger und die zugehörigen Sender neu zu programmieren. Ist bei einer massiven Störung eine Kommunikation mit den mobilen WMAS-Geräten noch möglich, so kann über den permanenten Rückkanal ein Frequenzwechselkommando gegeben werden, was die Zeit der Audiunterbrechung weiter reduzieren würde.

Herkömmliches Setup (nur Mikrofone)



WMAS (Mikrofone und IEMs)



Links: In einem mit Schmalbandsendern dicht belegten TV-Kanal kann eine einzige 200-kHz-Störquelle zu einem Ausfall von mindestens einem Gerät führen. Es wird ein Ersatzgerät auf einer Ausweichfrequenz benötigt. Bei mehreren Störquellen fallen weitere Sender aus.

Rechts: Die gleiche Störquelle tritt in einem mit WMAS belegten TV-Kanal auf. Dank der Frequenzdiversität und der hochentwickelten Signalverarbeitung zeigt sich WMAS robust gegenüber dem Störer im selben Kanal. Sind mehrere Störquellen aktiv, kann mit den Daten der verteilten Scanfunktionalität eine fundierte Entscheidung getroffen werden, ob die Frequenz über den permanenten Rückkanal gewechselt werden sollte.

Kabelbruch

Szenario:

Drahtlose Audiosysteme verwenden Rack-seitig eine Vielzahl von Kabeln. Für die Stromversorgung, für abgesetzte Antennen, für Audio-Netzwerke wie Dante und für Verbindungen über MADi (Multichannel Audio Digital Interface). Jedes dieser Kabel könnte fehlerhaft sein oder im Betrieb beschädigt oder unbeabsichtigt abgezogen werden.

Gegenmaßnahmen:

Alle Audioverbindungen können in der WMAS-Technologie von Sennheiser redundant ausgelegt werden. Was die Stromversorgung angeht, so sind zwei redundante Netzteile denkbar.



Mehrere Antennen, die auf der gleichen Frequenz betrieben werden, erhöhen nicht nur die Abdeckung, sondern können ebenfalls Redundanz bieten. Befinden sich die mobilen Geräte beim Ausfall einer Antenne noch in der Reichweite einer weiteren Antenne, so übernimmt diese Antenne ohne hörbare Audioaussetzer. Überlappende Antennenzonen bieten also Redundanz. Ein vorübergehender Ausfall der Kontrollverbindung zur Zentraleinheit führt zu keiner Audiunterbrechung.

Ausfall des Steuerrechners

Szenario:

Ein Laptop oder PC wird zur Konfiguration und Überwachung eines Systems vor und während einer Produktion benötigt. Dieser Rechner könnte beschädigt werden und ausfallen.

Gegenmaßnahme:

Ähnlich wie beim Szenario „Kabelbruch“ würde die Produktion bei Ausfall des Steuerrechners weiterlaufen. Ein Ersatzcomputer könnte mit der WMAS-Zentraleinheit verbunden werden und deren Produktionsdaten laden, um die Aufgaben des defekten Gerätes zu übernehmen.



Energiegeladene Bühnenshows verlangen Mikrofonen einiges ab. Ersatzgeräte bleiben ein Muss.

Defektes Mikrofon

Szenario:

Mobile Geräte können im rauen Bühneneinsatz beschädigt werden. Ansteckmikrofone können sich mit Schweiß und Schminke zusetzen.



Gegenmaßnahme:

Genau wie bei den heutigen Schmalbandsystemen sollten auch bei zukünftigen WMAS-Implementierungen Geräte als Reserve im System angemeldet sein. Diese können dann beschädigte Geräte ersetzen.

Ausfall der WMAS-Zentraleinheit

Szenario:

Was tun, wenn die Zentraleinheit ausfällt? Ein solcher Fehler ist zwar recht unwahrscheinlich, aber es kann durchaus Anwendungen geben, bei denen die Systemredundanz von äußerster Wichtigkeit ist.

Gegenmaßnahme:

Die Technologie ermöglicht die Konfiguration einer zweiten Zentraleinheit, die im Havariefall alle Aufgaben der ersten Zentraleinheit übernehmen kann. Wenn dieses Feature implementiert wird, kann der/die Bediener*in die gesamte Konfiguration der ersten Zentraleinheit vor einer Veranstaltung auf eine zweite Zentraleinheit kopieren, inklusive der Schlüssel für die Verschlüsselung und aller Pairing Informationen. Muss auf die zweite Zentraleinheit umgeschaltet werden, so würde diese den Betrieb der ersten Zentraleinheit fortsetzen können. Wie unter „Funkstörungen“ beschrieben, müssen sich die mobilen Geräte neu mit der Zentraleinheit synchronisieren, was zu einer Unterbrechung der Audio-Verbindungen von einigen Sekunden führen würde. Ein erneutes Pairen oder eine Neukonfiguration sind nicht erforderlich.

Zusammenfassung

Produkte, die auf Sennheisers WMAS-Technologie basieren, werden Redundanz-Optionen Schritt für Schritt implementieren. Für viele typische Szenarien, die Redundanz verlangen, kann die Technologie eine Lösung bieten, die einen unterbrechungsfreien Betrieb ermöglicht. In den aus unserer Sicht unwahrscheinlichen Fällen, dass ein ganzer HF-Kanal (mit einer Breite von 6 oder 8 MHz) wegen mehrerer Störquellen unbenutzbar wird oder die Zentraleinheit ausfallen sollte, könnte die Veranstaltung nach einer kurzen Unterbrechung fortgesetzt werden. Sollte eine solche Unterbrechung inakzeptabel sein, bliebe immer der Aufbau zweier kompletter, unabhängiger Systeme, was mit der WMAS-Technologie und ihrer kompakten Zentraleinheit um einiges einfacher und schneller zu bewerkstelligen wäre als mit der heutigen Schmalbandtechnik und ihren Racks voller Mikrofonempfänger und In-Ear-Monitorsender.