

Descripción del protocolo Dante en transferencia de audio digital sobre redes ethernet

Giovanni Alexander Marín Villanueva

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela De Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Tecnología en Producción de Audio

Ing. Darío Alfonso Páez Soto

Abril 2021

“A Dios y mi familia, quienes siempre han estado, en los buenos y más difíciles momentos”

Quisiera expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, a todos los docentes que hicieron parte de mi formación, a quienes acompañaron y aportaron en la construcción de este documento. De igual forma agradezco a mis compañeros de trabajo, familiares y amigos, por su ánimo, su colaboración y paciencia.

Tabla de contenido

Tabla de contenido	4
Lista de tablas	8
Lista de figuras	9
Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Planteamiento del problema	14
Definición del problema	14
Justificación	15
Objetivos	17
Objetivo general	17
Objetivos específicos	17
Marco Referencial	18
Sonido	18
Historia del tratamiento del sonido.	18
El audio	19
El audio digital	20
Conversión analógica a digital – A/D	20
Filtrado antialias:	20
Muestreo y retención:	21
Cuantificación	21
Codificación	21

	5
Corrección	21
Modulación	21
Combinación de frecuencia de muestreo y profundidad de bits en Dante	22
Sistemas de transmisión de audio digital	22
Redes informáticas	23
¿Qué es una red?	24
Elementos de una red	24
Modelo OSI	25
Capa física (1)	25
Capa de enlace de datos (2)	25
Capa de red (3)	26
Capa de transporte (4)	26
Medios de transmisión	27
Medios guiados	27
Par trenzado	27
Cable coaxial	30
Fibra óptica	31
Medios no guiados	33
Ondas de radio	33
Microondas	34
Clasificación de redes	34
PAN (Personal Area Network)	34
LAN (Local Area Network)	34

CAN (Campus Area Network)	35
MAN (Metropolitan Area Network)	35
WAN (Wide Area Network)	35
Punto a punto	35
Multipunto o multiconexión	35
Línea espacialmente compartida	35
Línea de tiempo compartida	35
Hardware de red	36
Hub (concentrador)	36
Switch (conmutador)	36
Router (encaminador)	38
Topología de red	38
Cadena (Daisy Chain)	38
Estrella	39
Ethernet	40
TCP/IP	40
Direccionamiento IP	41
Transmisión de audio digital por redes	41
Protocolos de transmisión de audio por redes	42
Metodología	45
Enfoque de la investigación	45
Tipo de investigación	45
Desarrollo Del Proyecto	46

	7
Protocolo Dante	46
Definición	46
Historia	48
¿Cómo funciona Dante?	49
Características	50
Word Clock	51
Latencia	52
Dante Controller	52
Aplicaciones	54
Sonido en vivo	54
Instalaciones de sonido comercial	58
Broadcast	61
Grabación	64
Megafonía	66
Templos de culto	68
Educación	69
Conclusiones	70
Recomendaciones	72
Referencias Y Bibliografía	73

Lista de tablas

Tabla 1 Tecnologías de audio sobre redes	42
--	----

Lista de figuras

Figura 1 Protocolos audio digial	23
Figura 2 Tipos de cables de par trenzado	28
Figura 3 Conector macho y hembra RJ-45	29
Figura 4 Conector macho y hembra ethercon	29
Figura 5 Categorías de cable coaxial	30
Figura 6 Composición de un cable coaxial y conector BNC	31
Figura 7 Elementos de un sistema de transmisión óptico	32
Figura 8 Tipos de conectores para fibra óptica	33
Figura 9 Dispositivo switch marca Cisco	37
Figura 10 Topología cadena en sistemas de sonido	38
Figura 11 Topología estrella en sistemas de sonido	39
Figura 12 Ejemplo de topología de árbol en sistemas de sonido	39
Figura 13 Relación cantidad de productos y fabricantes por protocolo	47
Figura 14 Historia de Dante – Audinate	48
Figura 15 Visualización de pantalla Dante Controller	53
Figura 16 Instalaciones universidad de Texas	55
Figura 17 Ejemplo sistema analógico de audio para presentaciones en vivo	56
Figura 18 Ejemplo sistema de audio con dante para presentaciones en vivo	57
Figura 19 Instalaciones Mundo E centro comercial	58
Figura 20 Ejemplo sala de video conferencia con sistema analógico	60
Figura 21 Ejemplo sala de video conferencia con sistema Dante	60
Figura 22 Instalaciones Rede Centro America Rádio	62

Figura 23 Ejemplo estación de radio con sistema analógico	63
Figura 24 Ejemplo estación de radio con sistema Dante	63
Figura 25 Instalaciones universidad ICESI Cali, Colombia	65
Figura 26 Instalaciones Winsconsin Center, Estados Unidos	66
Figura 27 Ejemplo centro de convenciones con sistema Dante	67
Figura 28 Equipos de audio iglesia presbiteriana High Kirk	68
Figura 29 Diagrama salón de clases con sistema Dante	69

Resumen

Este trabajo presenta una contextualización teórica de las características del protocolo Dante, una de las tecnologías más populares y aceptadas actualmente de audio sobre redes, destacada por sus prestaciones en diferentes escenarios, además se exponen algunos ejemplos de aplicación, para que quienes se están formando en el campo del audio encuentren en este documento un acercamiento a las diferentes utilidades de este protocolo.

Palabras Clave: Audio, digital, protocolo, Dante, redes, Ethernet, AoIP, sistemas, sonido.

Abstract

This document presents a theoretical contextualization about the characteristics of the Dante protocol, one of the most popular and currently accepted technologies for audio over networks, highlighted by its performance in different scenarios, also some application examples are exposed, so that those who are training in the world of audio, find in this document an approach to the different utilities of this protocol.

Key words: Audio, digital, protocol, Dante, networks, Ethernet, AoIP, systems, sound.

Introducción

El universo del sonido y su tratamiento ha evolucionado a lo largo del tiempo, pasando desde el audio analógico, al audio digital y en la actualidad, al audio digital sobre redes informáticas, lo cual ha abierto la puerta a nuevas formas de trabajo, con características y equipos bastante interesantes.

Evidencias y recursos teóricos de las últimas tecnologías en transmisión de audio deberían estar disponibles para los estudiantes de Tecnología en Producción de Audio o programas afines de la UNAD en los contenidos trabajados durante su formación, además estar al tanto de las nuevas tecnologías y recursos es importante para cualquier campo, por esta razón este documento expone una descripción de Dante, uno de los diferentes protocolos de transmisión de audio en red más populares en los últimos años, evidenciando las ventajas frente al trabajo analógico, su aporte a una amplia variedad de escenarios y su vinculación con diferentes dispositivos y fabricantes.

En primer lugar, se hace un breve recorrido por los antecedentes del audio y los elementos importantes para su tratamiento, luego se brinda un contexto sobre conceptos de redes, necesarios para entender el trabajo de audio sobre IP y los diferentes protocolos de audio sobre redes, por último, se habla específicamente sobre Dante, su historia, características y campos de aplicación.

Planteamiento del problema

Definición del problema

Según lo referido en el documento de “La investigación en la escuela de ciencias básicas, tecnología e ingeniería”, en la sección correspondiente al programa de Tecnología en Audio, en los últimos años “el estudio en el campo del sonido ha tenido un significativo avance en la sociedad colombiana” (Velásquez et al., 2011) y aún más en otros lugares del mundo, donde la investigación y los avances tecnológicos han permitido desarrollar herramientas y técnicas, que han revolucionado la práctica en el campo del audio. Ha sido tal el desarrollo en esta área que muchas instituciones y universidades alrededor del mundo han implementado programas de formación que capaciten a los estudiantes en la comprensión y aplicación de conceptos en torno al sonido, para desenvolverse en los escenarios que requieren la instalación de diferentes tipos de sistemas.

Particularmente en la UNAD, donde se imparte el programa de Tecnología En Producción de Audio, con algunos cursos como Flujo de Señal, Refuerzo Sonoro y Sonido en Vivo, donde un encuentro directo con la práctica en la instalación de sistemas de sonido con tecnologías modernas, potenciaría el aprendizaje y contextualizaría al estudiante para el trabajo, pero que por su modalidad virtual no es tan fácil lograr, es imprescindible desarrollar recursos que acerquen a los estudiantes de alguna manera a las tecnologías que se utilizan en la actualidad. Revisando el repositorio de la universidad, no hay un documento escrito o material audiovisual, que trate en profundidad sobre alguno de los varios protocolos de transmisión de audio digital sobre redes, específicamente sobre el protocolo DANTE, que se ha convertido en uno de los más populares en los últimos años para diversos propósitos.

Esta situación sugiere que si algún estudiante desea ahondar en esta nueva tecnología, que cada vez toma mayor importancia y popularidad, debe acudir a fuentes o documentos ajenos a la universidad y algunas veces descontextualizados, lo cual representa una oportunidad para el desarrollo de un recurso bibliográfico generado en la UNAD a partir de la revisión de varias fuentes, que permita suplir las necesidades conceptuales y de aplicación de quien lo requiera, construido sobre la pregunta que determinaría el trabajo: ¿Cómo documentar el protocolo de transmisión de audio digital sobre redes DANTE, para complementar la formación de los estudiantes de la UNAD y su repositorio?

Justificación

En los últimos años el mundo ha avanzado a velocidades impresionantes en el desarrollo de nuevas tecnologías para una gran cantidad de aplicaciones, una de ellas es la transmisión de señales de audio, que, en paralelo con otras áreas como la informática y la industria, han creado sistemas con características y funcionalidades mucho más eficientes que las de otros.

La conexión de audio en red presenta nuevas e increíbles posibilidades para la industria del audio profesional, pero también cambia drásticamente el diseño, la construcción y el uso de los sistemas de audio, al presentar nuevas tecnologías y temas estratégicos que deben tenerse en cuenta al invertir en un sistema de audio en red. (Yamaha Commercial Audio, 2014).

Este documento contribuirá al conocimiento de las características y la comprensión de las aplicaciones del protocolo DANTE para transferencia de audio digital sobre redes Ethernet, que en el trabajo con base en los estándares de la industria y por sus múltiples capacidades, se ha convertido en la solución de audio más acogida por muchos fabricantes de audio profesional por encima de otras tecnologías, en búsqueda de una máxima interoperabilidad y un desempeño práctico, eficaz, seguro y versátil (Audinate, s/f-a)

De esta manera, quienes tengan acceso a este documento, especialmente estudiantes del programa de Tecnología en Producción de Audio de la UNAD, podrán encontrar un recurso que los contextualice en cuanto a las nuevas tecnologías de transmisión de audio y a la operación de sistemas basados en el protocolo DANTE, para cuando se enfrenten en un escenario práctico al montaje y control de este tipo de sistemas, puedan comprender los diferentes elementos implícitos y ejecutar de una manera correcta las acciones que sean pertinentes.

También es importante señalar que para la construcción de este documento es necesario consultar, analizar y plasmar diferentes objetos teóricos, que desarrollarán competencias en el campo disciplinar y fortalecerán los conceptos y habilidades adquiridas durante el transcurso de la formación en el programa de audio.

Objetivos

Objetivo general

Realizar una descripción de las características y aplicaciones del protocolo DANTE para transmisión de audio digital sobre redes Ethernet.

Objetivos específicos

Describir los desarrollos tecnológicos que antecedieron y fueron dando forma a los protocolos de transmisión de audio digital sobre redes.

Establecer las bases teóricas y características más importantes de los sistemas de transmisión en red.

Identificar los ámbitos y procedimientos de aplicación del protocolo DANTE.

Marco Referencial

Sonido

Para la comprensión de este documento es necesario conocer y diferenciar algunos conceptos, como lo son el sonido y el audio, que resultan ser la materia prima del trabajo para cualquier tipo de sistema, por tanto, es importante identificar las características que los definen.

En primer lugar, está el sonido, un fenómeno físico que ha estado siempre presente, pues como menciona Birlis, (2007) “El sonido es una vibración mecánica que se transmite con pequeñas variaciones de presión a través de un medio elástico” (p.21), en el caso más común este medio elástico es el aire. La transmisión de las vibraciones anteriormente mencionadas, se realiza a través de ondas, las cuales presentan unas características y comportamientos específicos según la fuente, el entorno y el destino de estas. Dentro de las propiedades del sonido se puede hablar de la velocidad del sonido, el periodo, la frecuencia, la amplitud, longitud de onda, los armónicos, entre otros. Y en cuanto a los comportamientos se puede mencionar la propagación, la reflexión, la difracción y la refracción.

Historia del tratamiento del sonido.

La forma de manipular el sonido para su grabación, procesamiento y reproducción, ha variado a lo largo del tiempo, según los diferentes desarrollos tecnológicos de cada época, desde sus inicios, como se presenta en el artículo de (Telefónica, 2016) con la invención del Fonoautógrafo en 1857 por parte de Scott de Martinville, donde empieza la era de la grabación “mecánica”, pasando por el Fonógrafo de Thomas Edison en 1877 y el Gramófono del alemán Emile Berliner en 1887, que transformaría por completo la forma de grabar y reproducir sonidos. Luego aparecería la era analógica, donde “la grabación y la reproducción se convertirían en un proceso eléctrico” (Espacio Fundación Telefónica, s/f), que añadiría novedades tanto en los

dispositivos de captura y reproducción (tocabiscos), como en los propios discos, variaciones que fueron pasando por el registro magnético en alambre, en cinta magnética (grabadora de cinta), el casete compacto que se convertiría en el formato estándar a nivel internacional en el año 1963. Con la aparición de la informática, se empieza a gestar una relación con el tratamiento del sonido, desarrollando en la década de los 50 la tecnología para grabar audio de manera digital, donde se destaca el trabajo de personas como Max Mathews (Coursera, s/f), pasando por el desarrollo del disco compacto CD, al que le sucederían décadas de avances en sistemas ópticos digitales como el DVD y el actual BluRay, paralelamente al desarrollo de formatos de audio digital como MP3, WAV, entre otros. Avances tecnológicos como la llegada del Internet, que favoreció el intercambio de archivos, las plataformas digitales y los software dedicados para la producción de audio (DAW), revolucionarían el mundo del audio digital y la producción musical a finales del siglo XX e inicios del XXI.

El audio

Cuando se habla de audio, se hace referencia a una fiel representación eléctrica del sonido, la cual se obtiene después de un proceso de transducción, en el que la energía sonora se convierte en energía eléctrica, este proceso lo realizan los micrófonos, mientras que los altavoces o parlantes también realizan una transformación de energía, pero en sentido contrario, es decir de energía eléctrica a energía sonora. Teniendo en cuenta esto, se podría decir que el audio es una señal analógica del sonido. (Montañez & Cabrera, 2015).

Una vez que el sonido se ha convertido en una señal eléctrica, es decir en audio, se puede trabajar con esta de varias maneras, se puede controlar el flujo de señal para direccionarlo a diferentes puntos a través de aparatos como mesas de mezcla, filtros, procesadores, altavoces o también podría ser manipulado para poder ser grabado.

El audio digital

Con los avances tecnológicos que fueron sucediendo en la segunda mitad del siglo XX, la llegada de los ordenadores y el tratamiento de información a través de ellos, surgió el audio digital, logrando transformar la señal eléctrica del audio, en un conjunto de datos en sistema binario, capaces de ser leídos y administrados por una computadora. El audio digital se puede entender como la codificación de la señal sonora (analógica) en términos numéricos discretos en sistema binario (digital). Para llevar a cabo este procedimiento se tienen en cuenta diferentes etapas y características como el muestreo o sampling, frecuencia de muestreo o sample rate, cuantización, resolución en bits y aliasing. (Cerana & Izaguirre, 2015)

Este tipo de audio es con el que más se trabajará en este documento, pues el audio digital ofrece grandes ventajas respecto al audio analógico, por ejemplo, aumento de la dinámica, reducción de distorsión armónica, mejor facilidad de almacenamiento, edición no destructiva, entre muchos otros.

Conversión analógica a digital – A/D

La conversión se realiza a partir de una captura de muestras tanto en valores de tiempo (frecuencia de muestreo), como en valores de amplitud (profundidad de bits), de la señal de audio analógica original. Éstas muestras son codificadas gracias a una tecnología llamada PCM (Pulse Code Modulation, Modulación por Códigos de Pulso). Como se indica en Birlis, (2007) este modulador ejecuta una serie de procesos para obtener la señal digital, éstos son:

Filtrado antialias:

A través de un filtro pasa bajos, se depura la señal a procesar, de tal manera que solo se permitan frecuencias útiles por debajo de los 20 kHz que es el rango de audición humana.

Muestreo y retención:

Se obtienen muestras periódicas de la señal original y se retienen durante cierto tiempo. Entre mayor cantidad de muestras (*Frecuencia de Muestreo, Sample Rate*) haya por intervalo de tiempo, mejor será la calidad de la conversión. Es importante recordar que, según el Teorema de Nyquist, se necesita muestrear al menos al doble de la máxima frecuencia original.

Cuantificación

A cada una de las muestras obtenidas en el proceso anterior, se le asigna el valor en amplitud más cercano al de la señal original, según la escala de transferencia disponible determinada por la *profundidad de bits (bit depth)*. Entre mayor sea la profundidad de bits, más serán las posibilidades de amplitud y por tanto la conversión tendrá mayor fidelidad.

Codificación

“Una vez que la muestra ha sido cuantificada con uno de los niveles asignables, habrá que codificarla con su respectivo código binario” (Birlis, 2007, p.165)

Corrección

Después de obtener el código binario del proceso anterior, se añaden algunos bits para efectos de sincronismo, dirección y corrección de errores.

Modulación

“Luego que la señal ha sido muestreada, retenida, cuantificada, codificada y corregida, se modula la corriente de bits para que puedan ser grabados”.

Combinación de frecuencia de muestreo y profundidad de bits en Dante

Para el caso de una red Dante, entre mayor sea el número de la frecuencia de muestreo y la profundidad de bits, aunque la calidad del sonido será mucho mejor, esto también significa un incremento en el ancho de banda a utilizar, eso implica diferentes cosas como una posible reducción en la cantidad de canales disponibles.

Para calcular el ancho de banda utilizado únicamente por el audio en una red se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Ancho de banda audio PCM} = (\text{Frecuencia de Muestreo}) * (\text{Profundidad de Bits}) * (\text{Número de canales})$$

(Garcia, 2016)

Sistemas de transmisión de audio digital

A finales de los años 70 comienzos de los 80, se empiezan a gestar los primeros sistemas de transmisión de audio digital, siendo la interfaz AES/EBU y la interfaz S/PDIF los estándares para interconexión de dispositivos de audio digital para equipos profesionales y de uso comercial respectivamente. (Contrera & Vilca, 2012).

A continuación, en la Figura 1, se mencionan los protocolos de audio digital que antecedieron a la transmisión por redes:

Figura 1

Protocolos de audio digital

	<p>AES/EBU-AES3</p> <p>Especificado en 1985 y hecho estándar en 1992 Usado ampliamente a nivel global Transmite señales digitales de audio sin compresión en tiempo real Utiliza conectores XLR-3 (con hilos conductores de una impedancia característica de 110 Ohms) o D-Sub</p>
	<p>S/PDIF</p> <p>Sony/Philips Digital Interface Format, se basa en AES3 La conexión puede ser con conectores RCA, BNC o TOSLINK Especialmente usado en equipos de uso comercial.</p>
	<p>AES10 - MADI</p> <p>Multichannel Audio Digital Interface Desarrollado en 1991 Permite transmitir 64 canales a 48kHz o 32 canales a 96kHz Especificado para punto a punto de cable coaxial u óptico de 75 Ohms. Puede utilizar conectores BNC, SC</p>

Redes informáticas

Conforme el audio evolucionaba en el tiempo, gracias a los desarrollos tecnológicos, de igual manera lo hacían los sistemas de transferencia de información, logrando transportar datos y recursos de un punto a otro, a través de una conexión con características específicas.

Para el desarrollo de este trabajo, es importante conocer algunos conceptos sobre redes, que posteriormente se vincularán a la transferencia de audio digital.

¿Qué es una red?

En el contexto más simple, una red, es un conjunto de elementos unidos, para cumplir un propósito. En el caso de la informática, una red podría definirse como: “una amalgama de dispositivos, técnicas y sistemas de comunicación” (María et al., 2004, p.11). Otros autores hacen énfasis, en los elementos que permiten la comunicación entre dispositivos, por ejemplo, Prieto E. & Prieto C., (2005) señalan que: “Una red de computadores está formada por una serie de computadores autónomos interconectados a través de algún medio de comunicación (hilos conductores, cable coaxial, enlace de microondas, enlace vía satélite, fibra óptica, etc.) para intercambiar información y compartir recursos” (p. 265).

En el caso de un sistema de sonido, estructurado sobre una red, lo que se pretende no es gestionar archivos, documentos, impresoras, ese tipo de información o recursos que por lo general se comparten en una red, sino que específicamente, el propósito es transmitir todo tipo de datos, relacionados con el sonido, en formato digital (audio digital), logrando transportar esta información de audio entre diferentes dispositivos y permitiendo un procesamiento detallado y eficaz.

Elementos de una red

Existen dos grupos de elementos necesarios en el funcionamiento de cualquier red, uno comprende la parte física (**Hardware**) como los ordenadores, dispositivos, componentes, elementos de conexión y el otro grupo, comprende la parte lógica (**Software**) como sistemas operativos, programas de aplicación y los protocolos que permiten la comunicación e interpretación de la información a través de la red. (Prieto E. & Prieto C., 2005, p.265)

Modelo OSI

Es un modelo de referencia para *Interconexión de Sistemas Abiertos – OSI (Open Systems Interconnection)*, establecido desde 1983, por la *Organización Internacional de Estandarización – ISO (International Organization for Standardization)* y cuyo objetivo fue definir las bases para el uso de protocolos de comunicación entre sistemas informáticos.

Este modelo surge como solución a la necesidad de unificar los procedimientos de comunicación que cada fabricante realizaba de manera independiente, lo cual dificultaba o hacía imposible la comunicación con otros sistemas (Raya et al., 2008, p.14).

“El estándar OSI es una normativa estandarizada muy útil que ayuda a la coexistencia de muchas tecnologías, fabricantes y compañías dentro del mundo de las comunicaciones” (Chaos García et al., 2018, p.363). Este modelo establece siete (7) capas, que enmarcan las funciones y protocolos que interactúan para establecer un enlace de comunicación. Para el propósito de este documento solo se mencionarán aquellas que se utilizan en el protocolo DANTE.

Capa física (1)

Se encarga de la topología de red y de las conexiones globales de la computadora hacia la red, se refiere tanto al medio físico como a la forma en la que se transmite la información. “Los aspectos de diseño tienen que ver con las interfaces mecánica, eléctrica y de temporización, así como con el medio de transmisión físico que se encuentra bajo la capa física.” (Tanenbaum S. & Wetherall, 2012, p.37)

Capa de enlace de datos (2)

“Esta capa se ocupa del direccionamiento físico, del control de acceso al medio de transmisión, de la detección de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo de datos” (Chaos García et al., 2018, p.364). Este nivel establece las reglas para enviar y

recibir información a través de los componentes físicos de la red. Una de sus principales funciones es convertir datos en señales eléctricas para la transmisión en red, además de establecer las direcciones de dispositivos continuos (Bouillot et al., 2009).

Capa de red (3)

Es la encargada de identificar y establecer la ruta necesaria para lograr la transmisión eficiente de los datos, aun cuando los dispositivos no estén conectados directamente. Define además los protocolos para la administración, gestión, emisión y regulación del tráfico de la red, por ejemplo, IP (Internet Protocol) (Raya et al., 2008, p.15).

Capa de transporte (4)

“La función principal de este nivel consiste en asegurar la calidad de transmisión entre los terminales que utilizan la red, lo que implica recuperar errores, ordenar correctamente la información, ajustar la velocidad de transmisión de la información (control de flujo), etc.” (María et al., 2004). Uno de los protocolos comunes de esta capa es el Protocolo de Control de Transmisión (TCP – Transmission Control Protocol).

Las siguientes capas del Modelo OSI son la Capa de Sesión (5), Capa de Presentación (6) y Capa de Aplicación

“Conviene señalar que el modelo OSI es un modelo conceptual que no define ni especifica interfaces ni protocolos, únicamente establece criterios generales (un “marco”) sobre cómo concebir las redes de comunicaciones de datos y cómo estructurar y organizar las distintas funciones a realizar” (Prieto E. & Prieto C., 2005, p.270).

Medios de transmisión

Representan el componente físico, por medio del cual, se puede establecer la conexión entre los diferentes dispositivos de una red y realizar la transferencia de información (Chaos García et al., 2018, p.339).

Estos medios de transmisión pueden clasificarse en dos grupos:

Medios guiados:

“Son aquellos que utilizan un medio sólido (un cable) para la transmisión de datos”. Este tipo de transmisión se realiza a través de impulsos eléctricos o lumínicos (fibra óptica) que viajan por el cable (Raya et al., 2008, p.21).

Este tipo de medios de conexión, se destacan por su mayor eficiencia en velocidad de transmisión, alcance sin pérdidas y calidad de la señal, evitando ruidos e interferencias (Raya et al., 2008, p.22), características que resultan determinantes para el trabajo con sistemas de sonido, especialmente para eventos en vivo.

Existen diferentes tipos de cables para la interconexión de redes, que son utilizados también para comunicación entre sistemas de audio. Entre los más comunes se encuentran el cable de par trenzado, el cable coaxial y el cable de fibra óptica.

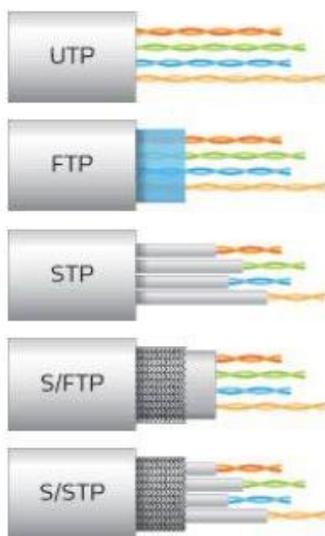
Par trenzado:

Este cable está conformado por varios pares de finos cables de cobre, recubiertos por un material aislante, que son trenzados entre ellos, lo cual “reduce las interferencias eléctricas” (Chaos García et al., 2018, p.340). Los cables de par trenzado según como esté diseñado puede ser: STP - Shielded Twisted Pair, UTP - Unshielded Twisted Pair, FTP – Foiled Twisted Pair, .

Este tipo de cables ha mejorado sus prestaciones con el paso del tiempo, para lo cual se han clasificado en categorías, desde categoría 1, con características muy básicas, hasta la categoría 8, actualmente definida en estándares como ANSI/TIA-568-C.2-1. Es común encontrar varias redes establecidas aun con cable Cat 5e, pero se recomienda utilizar Cat 6 ya que sus características son mejores y sigue estando en un buen rango de precio.

Figura 2

Tipos de cables de par trenzado



El conector utilizado para este tipo de cables es conocido como RJ-45, (Registered Jack) que corresponde al Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos. Este conector contiene 8 pines que aseguran cada uno de los hilos del cable par trenzado, organizados por colores, según unas normas estándar específicas (EIA/TIA-56B – EIA/TIA-56A). En la figura 3 se pueden apreciar conectores RJ45 macho y hembra.

Figura 3

Conector macho y hembra RJ-45



Existe un conector especial, desarrollado por la compañía Neutrik, con el propósito de mejorar las prestaciones de este tipo de conexiones, especialmente en instalaciones de sistemas para eventos o espectáculos. “La serie etherCON es un sistema de conector RJ45 resistente y bloqueable, optimizado para aplicaciones de red de audio, video e iluminación profesionales.”

Información tomada de la página de Neutrik

<https://www.neutrik.com/en/products/data/ethercon>).

Figura 4

Conector macho y hembra Ethercon



Cable coaxial

“Es un cable formado por un hilo conductor central rodeado de un material aislante que, a su vez, está rodeado por una malla fina de hilos de cobre o aluminio o una malla fina cilíndrica” (Raya et al., 2008, p.23), por último, el cable está cubierto por un material aislante y protector.

Una de sus principales características, es que permite transmitir una sola señal, aunque a una velocidad muy alta, alcanzando mayores distancias sin interferencias en comparación con el cable UTP.

Existe una gran variedad de cables coaxiales, según la impedancia y la calidad, el tamaño y el material de sus componentes. Entre los más comunes podemos encontrar:

Figura 5

Categorías de cable coaxial

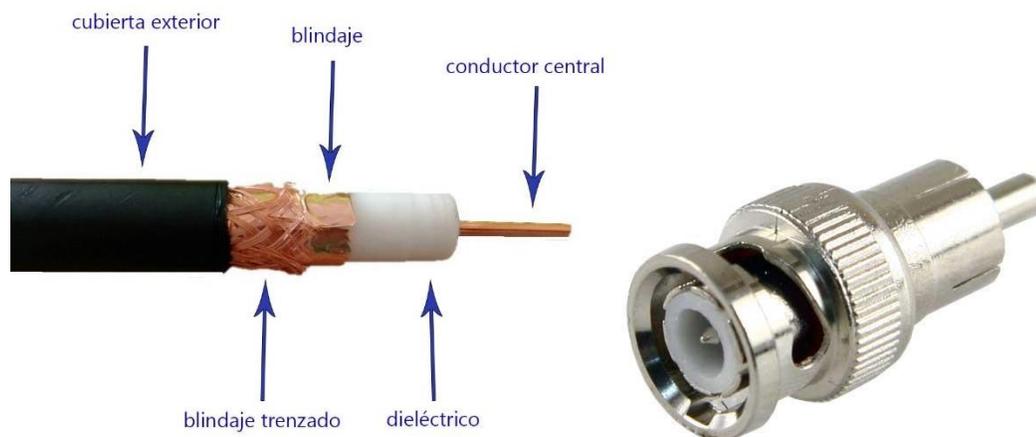
CATEGORÍA	IMPEDANCIA	USO
RG-59	75 ohmios	Para transmisión en banda ancha. TV por cable
RG-58	50 ohmios	Red Ethernet cable fino
RG-11	11 ohmios	Red Ethernet cable grueso
RG-6	75 ohmios	Tiene mayor diámetro que el RG-59 y considerado para frecuencias más altas que este, pero también utilizado para transmisiones de banda ancha

Especialmente en redes, existen dos tipos de cable bastante usados hace varios años, el primero de ellos conocido como Thick Ethernet (10Base5), con un grosor de 0.5 pulgadas y el segundo un poco más delgado y por tanto, un poco más manejable con un grosor de 0.25 pulgadas, conocido como Thin Ethernet (10Base2), este último con un conector tipo **BNC**, el cual también puede encontrarse en dispositivos de audio (Raya et al., 2008, p.23).

“Gracias a su construcción y blindaje, el cable coaxial tiene una buena combinación de un alto ancho de banda y una excelente inmunidad al ruido. El ancho de banda posible depende de la calidad y la longitud del cable. Los cables modernos tienen un ancho de banda de hasta unos cuantos GHz” (Tanenbaum S. & Wetherall, 2012, p.85).

Figura 6

Composición de un cable coaxial y conector BNC



Fibra óptica

Una de las alternativas más rápidas para el transporte de información en la actualidad, aunque también una de las más costosas. Utilizada ampliamente en la transmisión de larga distancia, redes locales con velocidades superiores y acceso a Internet de gran velocidad (Tanenbaum S. & Wetherall, 2012, p.87).

A diferencia de otros medios de transmisión guiados, no se basa en señales eléctricas viajando a través de un conductor como el cobre, pues su funcionamiento consiste en el uso de ondas de luz para transportar la información (Chaos García et al., 2018, p.342).

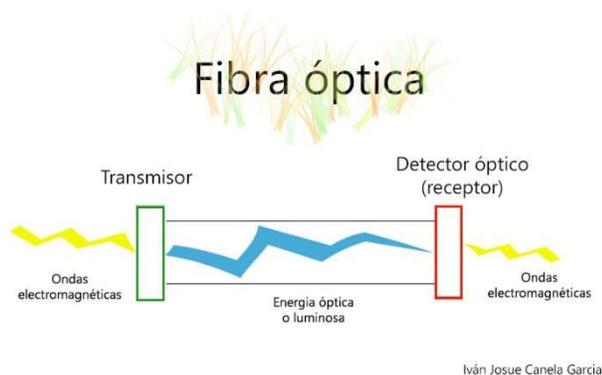
“La fibra óptica (en su versión más común) está formada por dos materiales transparentes y homogéneos. El de dentro se denomina núcleo (core) y el exterior cáscara o envoltura

(cladding). El índice de refracción de la envoltura es menor que el del núcleo, y esto permite a la luz viajar “rebotando” en las paredes de la fibra.” (Caffa, 2016, p.22).

Un sistema de transmisión óptico consta de 3 elementos como se puede observar en la figura 7:

Figura 7

Elementos de un sistema de transmisión óptico



Transmisor óptico o fuente de luz: Es el encargado de tomar la señal eléctrica y convertirla en señal lumínica, siendo un pulso de luz equivalente a 1 y la ausencia de luz equivalente a 0.

Medio de transmisión (fibra óptica): Generalmente compuesto por fibra de plástico o vidrio, es el encargado de transportar la señal de luz en su interior, evitando pérdidas de señal gracias a la diferencia de índice de refracción.

Detector óptico: Es el encargado de transformar la señal de luz en pulsos eléctricos. “La fibra óptica alcanza velocidades de transmisión del orden de 1 Gbps” (Chaos García et al., 2018, p.343).

Figura 8

Tipos de conectores para fibra óptica



Medios no guiados

Otra posibilidad de establecer una conexión de red entre diferentes objetos y lograr la transmisión de información a través de tal vínculo, es por medio del uso de ondas electromagnéticas, que dependiendo de sus características pueden ser ondas de radio, microondas, satelitales, infrarrojos y ondas de luz. Solo se mencionarán las más comunes para el contexto.

Ondas de radio:

Son ondas electromagnéticas cuya longitud de onda es superior a los 30 cm. Son capaces de recorrer grandes distancias, y pueden atravesar materiales sólidos, como paredes o edificios. Son ondas multi-direccionales, es decir, se propagan en todas las direcciones. Su mayor problema son las interferencias entre usuarios. Estas ondas son las que emplean las redes Wi-Fi, Home RF o Bluetooth (Raya et al., 2008, p.25).

Microondas:

Con un mayor ancho de banda, que está entre 1Ghz y 40Ghz y por tanto con una menor longitud de onda, este tipo de ondas electromagnéticas tienen un comportamiento direccional, pues “Por encima de los 100 MHz, las ondas viajan en línea recta y en consecuencia, se pueden enfocar en un haz estrecho” (Tanenbaum S. & Wetherall, 2012, p.121) por medio de una antena parabólica. Son útiles para cubrir grandes distancias, siempre y cuando no haya obstáculos en su paso.

Clasificación de redes

Existen diferentes formas de clasificar las redes, especialmente bajo dos criterios, por su tamaño o área de cobertura y por su tecnología.

Según su tamaño se pueden dividir en:

PAN (Personal Area Network)

Red de área personal. Es muy pequeña, con un rango que pueda ocupar una persona, por ejemplo, una habitación, donde por lo general se evita el uso de cables y se podrían conectar un computador con otros periféricos. Suelen utilizar medios de conexión como ondas de radio de corto alcance o infrarrojos (Prieto E. et al., 2006, p.694).

LAN (Local Area Network)

Red de área local. “Una red LAN (Local Area Network) o de área local suele cubrir el espacio físico de un edificio, una planta, un campus o una zona entre edificios cercanos de una misma empresa. El tamaño de las redes LAN está limitado a unos pocos metros o kilómetros. Están diseñadas para compartir recursos entre computadoras personales o estaciones de trabajo, por eso, suelen ser de propiedad privada o están restringidas a su uso dentro de una empresa o institución.” (Chaos García et al., 2018, p.339).

CAN (Campus Area Network)

Red de área de campus. Similar a la red de área local, comprende, la conexión entre diferentes edificios ubicados en un mismo predio, por ejemplo, una universidad o un complejo empresarial (Raya et al., 2008, p.3).

MAN (Metropolitan Area Network)

Red de área metropolitana. Hace referencia a una red que abarca toda una ciudad. “El ejemplo más popular de una MAN es el de las redes de televisión por cable disponibles en muchas ciudades.” (Tanenbaum S. & Wetherall, 2012, p.20).

WAN (Wide Area Network)

Red de área amplia. Comprende aquellas redes cuya extensión abarca grandes distancias y zonas geográficas, por ejemplo, un país entero, una región, un continente, etc. Un ejemplo de este tipo de redes puede ser una empresa que tiene sucursales en diferentes ciudades de un país o incluso en otros países o continentes (Tanenbaum S. & Wetherall, 2012, p.20).

Según su tipo de conexión las redes se pueden clasificar en:

Punto a punto:

Esta conexión proporciona un enlace dedicado entre dos dispositivos.

Multipunto o multiconexión

Es una configuración en la que varios dispositivos comparten el mismo enlace.

Línea espacialmente compartida:

Varios dispositivos usan simultáneamente el mismo enlace.

Línea de tiempo compartida:

Varios dispositivos usan el mismo enlace, pero por turnos (rodajas) de tiempo.

(Chaos García et al., 2018)

Hardware de red

Existen diferentes dispositivos (hardware) que permiten la interconexión de múltiples objetos que forman parte de una red, por ejemplo, los módems, repetidores, los hub (concentradores), los puentes (bridge), los switch (conmutadores), routers (encaminadores), entre otros. A continuación, se describen algunos de estos elementos:

Hub (concentrador):

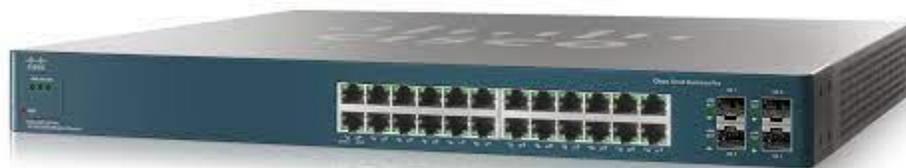
Es un dispositivo de operación básica, que permite interconectar dispositivos a través de sus puertos, conformando una red, de topología estrella (Prieto E. et al., 2006, p.708). Logra transmitir información entre todos los elementos conectados, pero no al mismo tiempo, ni tampoco utilizando diferentes protocolos, ni velocidades de transmisión. “Cuando un equipo envía un mensaje, los datos llegan al concentrador y este los regenera (mejora su calidad eléctrica) y los retransmite a *todos* los puestos que están conectados a cada uno de sus puertos.” (Raya et al., 2008, p.30).

Switch (conmutador):

En principio funciona igual que un concentrador, permitiendo interconectar varios dispositivos o segmentos de red, pero con la significativa diferencia, que la información no es enviada a todos los elementos conectados, sino exclusivamente al destinatario específico a través de las direcciones MAC (Control de Acceso al Medio), lo cual significa un mayor control selectivo del tráfico de información y una mayor eficiencia (Raya et al., 2008, p.31)

Figura 9

Dispositivo switch marca Cisco



Aunque existen diferentes factores por los cuales se podrían clasificar estos dispositivos, solo se mencionarán algunos a tener en cuenta para el objeto de este documento.

Los switch pueden clasificarse en dos tipos:

Administrables: Lo que significa que permiten un mayor control y programación del flujo de información, seguridad, acceso, disponibilidad, entre otras características, brindando una mayor flexibilidad al trabajo, de forma local o incluso remota.

No administrables: Cumplen su trabajo de manera automática, basta con conectar los dispositivos para que funcionen, lo cual limita bastante el trabajo, al no permitir realizar cambios. Estos equipos suelen ser utilizados en contextos poco exigentes como redes domésticas o pequeños negocios. (Cisco, 2012)

Otro elemento importante a tener en cuenta en estos dispositivos, es la velocidad a la que pueden transferir la información, la cual puede ser de 10/100 Mbps (FastEthernet), de 10/100/1000 Mbps (GigabitEthernet), de 10/100/1000/10000 Mbps (10GigabitEthernet).

Es conveniente tener en cuenta que, aunque todos los switch Ethernet pueden trabajar con Dante, se recomienda utilizar aquellos que brinden características que permitan crear redes Dante de mayor tamaño y confianza, por ejemplo, aquellos que sean administrables y operen a velocidades de Gigabit Ethernet. (Audinate, s/f-k)

Router (encaminador):

“Es un dispositivo que no sólo selecciona el tráfico, sino que también direcciona la información de acuerdo con la mejor ruta, utilizando algoritmos de encaminamiento. Se utilizan para conectar re- des independientes, por ejemplo, dos de tipo LAN con otra WAN, formando interredes. Realiza funciones asignadas a las tres capas inferiores del modelo OSI.” (Prieto E. & Prieto C., 2005).

Topología de red

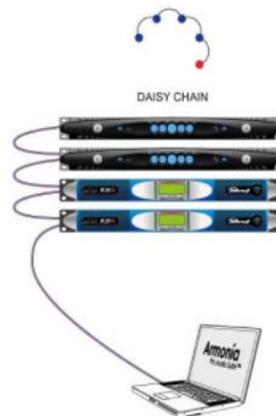
La topología indica la disposición física y lógica en la que se establece una red, la cual puede ser en forma de bus, cadena, árbol, anillo, estrella o malla. Específicamente DANTE reconoce dos topologías:

Cadena (Daisy Chain):

Los dispositivos se encuentran conectados sucesivamente, de extremo a extremo, no se requiere dispositivos adicionales, favorece la configuración y conexión, pero con la desventaja que, si uno de los dispositivos falla, puede causar pérdidas o cortes en el flujo de información de toda la red. (Bouillot et al., 2009)

Figura 10

Topología cadena en sistemas de sonido

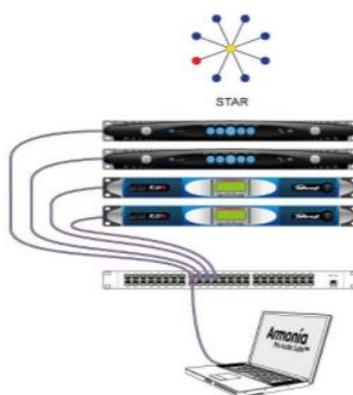


Estrella:

En esta disposición, cada uno de los dispositivos está directamente conectado a un conmutador (switch), que será el encargado de gestionar cualquier comunicación. “Si se produce un fallo en una de ellas (estaciones) no repercutirá en el funcionamiento general de la red; pero, si se produce un fallo en el conmutador, la red completa se vendrá abajo.” (Raya et al., 2008, p.91)

Figura 11

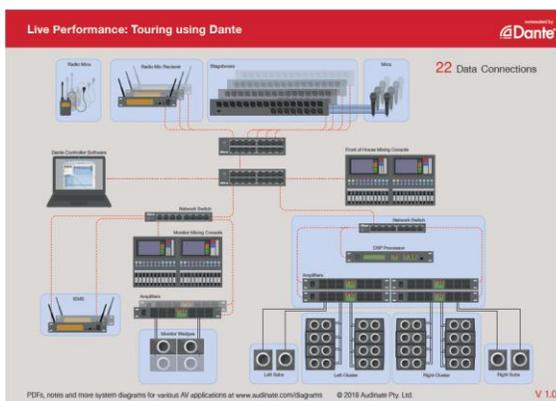
Topología estrella en sistemas de sonido



Puede presentarse también la unión de varias redes de tipo estrella, formando una especie de topología en árbol.

Figura 12

Ejemplo de topología de árbol en sistemas de sonido



Ethernet

Es en la actualidad, la tecnología más utilizada para el trabajo en redes de área local (LAN) a través de cable, determinando las características físicas, eléctricas y lógicas que debe poseer una red de este tipo.

“Especificado en la familia de estándares conocida como IEEE 802.3, Ethernet fue desarrollado originalmente por Xerox en la década de 1970. Ethernet fue inicialmente diseñado para funcionar con cables coaxiales, pero una LAN Ethernet típica ahora usa grados especiales de cables de par trenzado o cableado de fibra óptica” (Rouse, 2018).

Desde 1983, cuando aparece el estándar IEEE 802.3, Ethernet ha evolucionado a lo largo del tiempo, conservando un bajo costo, pasando por diferentes versiones, cuyas velocidades han aumentado por lo general 10 veces más rápido que la anterior:

Ethernet – 10 Mbps

FastEthernet – 100 Mbps

GigabitEthernet – 1.000 Mbps

10 Gigabit Ethernet – 10.000 Mbps

(Superiores: 40 Gbps / 100 Gbps / 400 Gbps)

TCP/IP

Transmission Control Protocol / Internet Protocol “TCP/IP es una familia de protocolos desarrollados para permitir la comunicación entre ordenadores de cualquier tipo de red o fabricante, respetando los protocolos de cada red individual.” (Raya et al., 2008, P.56).

Direccionamiento IP

Para que el envío de información dentro de una red sea efectivo y corresponda de su lugar de origen a su lugar de destino, es necesario identificar cada dispositivo dentro de una red, a través de una dirección IP, de forma parecida como funcionan las direcciones de residencia, los números de identificación personal o los números de teléfono, lo cual sugiere que no deberían existir dos iguales.

Las direcciones en la versión IPv4 que se utiliza en DANTE, tienen 32 Bits, distribuidos en 4 campos de 8 bits, separados por puntos

Por tanto, las direcciones IP están en representación binaria (por ejemplo, 01111111.00000000.00000000.00000001). Cada uno de los campos de 8 bits puede tener un valor que esté comprendido entre 00000000 (cero en decimal) y 11111111 (255 en decimal).

Normalmente y debido a la dificultad del sistema binario, la dirección IP se representa en decimal. Por ejemplo, la dirección IP indicada anteriormente 01111111.00000000.00000000.00000001 (en representación binaria) tiene su correspondencia con 127.0.0.1 (en representación decimal). (Raya et al., 2008)

Transmisión de audio digital por redes

Con el paso de los años se fueron desarrollando ciertas tecnologías que favorecieron el intercambio de información entre diferentes dispositivos, conformando las redes de información, es así que surge el estándar Ethernet en la década de los 80, implementado por el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), estándar que, por sus características y gran aceptación, sería ideal para el trabajo con audio (Contrera & Vilca, 2012).

Protocolos de transmisión de audio por redes

Diferentes compañías y fabricantes han optado por el desarrollo de sistemas de transmisión de audio sobre redes, algunos bajo un enfoque abierto, como Dante, EtherSound y CobraNet, que utilizan la arquitectura del estándar de red Ethernet, permitiendo utilizar diferentes equipos, incluso de diferentes marcas, que cumplan los criterios necesarios, aprovechando al máximo las prestaciones de los distintos desarrollos tecnológicos en recursos de redes. Otros, a diferencia, utilizan un enfoque cerrado, restringiendo el uso de dispositivos solo a los productos del fabricante, como por ejemplo Nexus, Rocknet y Optocore. (Yamaha Commercial Audio, 2014)

En la Tabla 1 se pueden observar algunos de los protocolos para transmisión de audio en red más utilizados.

Tabla 1

Tecnologías de audio sobre redes

Nombre	Características
AVB	<p>Audio Video Bridging</p> <p>Extensión de Ethernet. Crea una única red para audio, video y control a través de un conmutador compatible. Con base en código abierto de estándares IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Utiliza un solo cable CAT5e o CAT6. Baja latencia de no más de 2 ms. Puede aumentar su capacidad hasta siete saltos sin afectar su calidad. Gestión del tráfico de información de manera inteligente. Sincronización por reloj maestro. (PreSonus, s.f.)</p>

Soundgrid	Tecnología de la compañía Waves. Ofrece soluciones de procesamiento de audio en tiempo real a través de Ethernet. Trabaja con hasta 128 canales de audio. Permite trabajar audio sin compresión, multicanal y de baja latencia de hasta 0.8 ms trabajando sobre una red Gigabit. (Waves, 2019)
<hr/> <p>Realtime Audio Video Enhanced Next Generation Network Architecture.</p>	
Ravenna	Tecnología abierta para transportar audio sobre IP. Trabaja con tecnología de red estándar. Permite una distribución de audio eficiente y flexible. Se ejecuta sobre la capa 3 del modelo OSI. Ofrece valores de latencia muy bajos. Sincronización precisa a través de PTPv2. Es compatible con redundancia. Trabaja sobre el estándar AES 67. (Ravenna, s.f.)
Livewire+	Segunda generación de la tecnología creada por Telos Alliance. Compatible totalmente con AES 67. Transmite audio sin compresión, de baja latencia y alta confiabilidad a través de Ethernet. Utiliza codificación PCM de 48 kHz/24 Bits. (Telos Alliance, s.f.)
AES 67	Es un estándar de la Audio Engineering Society, cuyo objeto es la interoperabilidad entre diferentes tecnologías de transmisión de audio digital sobre redes IP, ampliando el espectro de alternativas de conexión y comunicación. “Este estándar proporciona recomendaciones integrales de interoperabilidad en las áreas de sincronización, identificación de reloj de

medios, transporte de red, codificación y transmisión, descripción de sesión y gestión de conexiones.” (Audio Engineering Society (AES), 2018)

Metodología

Enfoque de la investigación

El enfoque definido para este trabajo es de tipo *cualitativo*, ya que el propósito de esta investigación no es la recolección de datos para probar una hipótesis, ni la medición numérica o el análisis estadístico. Por el contrario, la intención de esta investigación es, lograr construir un recurso bibliográfico, que condense y estructure apropiadamente toda la información necesaria comprender un tema específico, a partir de la revisión de diferentes fuentes.

Como lo indican Hernández Sampieri et al., (2014) el enfoque cualitativo es un proceso inductivo, recurrente, que favorece en la profundidad de significados, en amplitud, que ofrece una riqueza interpretativa y que permite contextualizar un fenómeno.

Tipo de investigación

Investigación descriptiva es el tipo que enmarca este trabajo, pues en correspondencia con el contexto y la intención de esta investigación, la cual pretende *describir* a los estudiantes del programa de Tecnología en Producción de Audio o afines, el estado, características, factores y procedimientos, de una de las mejores alternativas en la actualidad, para el diseño de sistemas de sonido en diferentes escenarios como la producción musical, sonido en vivo, educación, conferencias, reuniones, templos de culto, estaciones de radio o broadcast, utilizando DANTE, un protocolo que hace posible la transmisión de audio sobre redes o también conocido como AoIP (Audio over IP), obteniendo grandes ventajas sobre otros tipos de tecnologías.

Desarrollo Del Proyecto

A partir de la revisión bibliográfica de diferentes fuentes, especialmente de los documentos e información publicada por los fabricantes y diseñadores, cuyos sistemas implementan el protocolo DANTE, a continuación, se realiza la descripción de esta tecnología.

Protocolo Dante

Definición

Dante es un protocolo de transmisión de información digital multimedia multicanal, desarrollado por la empresa *Audinate*, que trabaja sobre redes informáticas, específicamente con el estándar de la arquitectura Ethernet y cuyo propósito ha sido aportar las ventajas de las redes de TI (Tecnologías de la Información) a la industria AV (Audio y Video) profesional.

Su concepto radica en transformar los complejos y poco flexibles sistemas de transmisión de información para AV, los cuales emplean largos y pesados cables analógicos (snakes), difíciles de maniobrar, con desventajas como el ruido, interferencias y pérdida de calidad, más aun con el aumento en la distancia, en sistemas más simples, flexibles y dinámicos, a través de conexiones en una red informática, permitiendo fácilmente transmitir señales de video o cientos de canales de audio por finos cables Ethernet, con una excelente calidad y fidelidad digital. Este tipo de tecnología permite una mayor flexibilidad, interoperabilidad, capacidad de expansión, control y administración, ya que todas las conexiones y ruteos de las señales se realizan por software, permitiendo enviar una señal a cualquier parte de la red de manera rápida y sencilla. (Audinate, s/f-a)

Por sus capacidades, se ha convertido en una de las tecnologías en transmisión de AV de mayor aceptación en el mundo, alcanzado grandes cifras como más de 500 fabricantes con

licencia para desarrollar productos con Dante, más de 2800 modelos que utilizan dante y más de 1'000.000 de productos que ya se encuentran en el mercado habilitados para Dante.

Según una reciente investigación elaborada por RH Consulting, hasta Enero de 2021 hay 3.034 dispositivos habilitados para Dante de 361 fabricantes diferentes, lo cual ratifica a Dante como la solución de audio sobre redes con más aceptación. En la siguiente tabla se puede observar la gran diferencia con otras tecnologías.

Figura 13

Relación cantidad de productos y fabricantes por protocolo

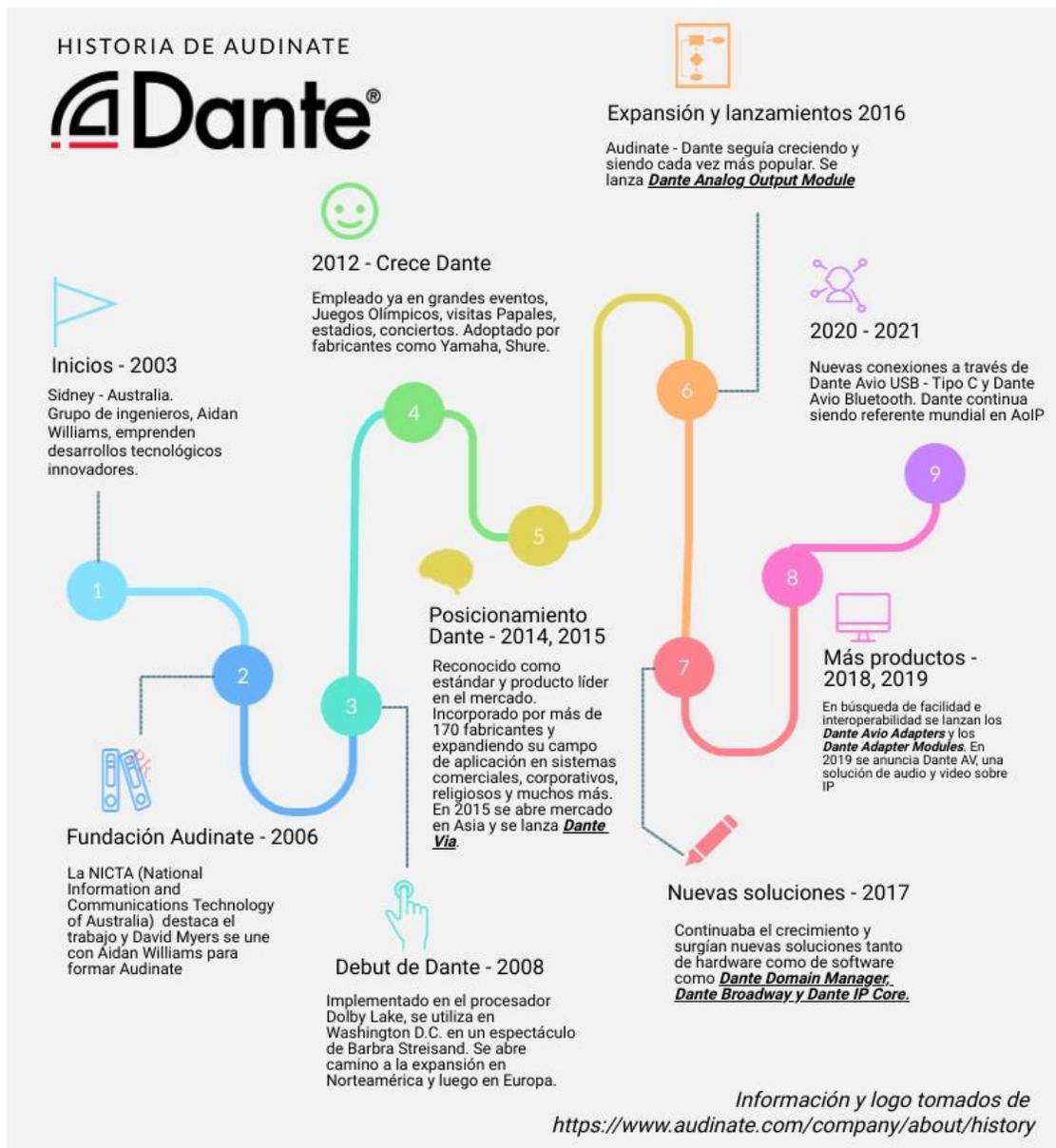
	Products per protocol	Manufacturers shipping per protocol
AVB	25	8
Dante	3034	361
Livewire	12	4
Livewire+	25	3
Milan	9	5
RAVENNA	173	53
Wheatnet	28	1

Desde sus comienzos Audinate y todos sus desarrollos en torno a Dante, han tenido un gran crecimiento y aceptación, ganando diferentes reconocimientos en varias categorías a lo largo del tiempo, tal como se puede evidenciar en la página de Audinate <https://www.audinate.com/company/awards>. Esta trayectoria, las cifras tan significativas, los varios campos de aplicación, el potencial que tiene la compañía y sus productos, representan un argumento para intentar dar conocer este recurso e incentivar a la investigación e innovación respecto a Dante y el audio sobre redes.

Historia

Figura 14

Historia de Dante - Audinate



¿Cómo funciona Dante?

La información de audio o video digital, es transformada en paquetes IP por el software o hardware Dante, siendo posible su transmisión a través de una red IP estándar, llevando no solo el contenido de la información sino también tiempos y direcciones de origen y destino, logrando transferencias y enrutamientos de manera mucho más fácil y efectiva.

Una vez que el dispositivo de destino recibe la información, reconstruye los paquetes de manera ordenada, verificando cualquier tipo de error y asegurando la fiabilidad de los datos, gracias a la estructura de las capas de red, obteniendo como resultado un flujo continuo de audio o video, sin pérdidas, con mínima latencia y sin interferencias (Audinate, s/f-a).

En su forma más simple, una red Dante requiere mínimo dos dispositivos habilitados para esta tecnología y conectados punto a punto entre sí, aunque podría añadirse un switch si fuera necesario. Una vez conectados, se requiere un computador que lleve a cabo las funciones de configuración a través del software Dante Controller de Audinate, que permite identificar, renombrar y rutear las señales, entre otras muchas posibilidades (d&B audiotechnik, s/f).

Una vez configurado el sistema de audio en red, “Todas las rutas y configuraciones se almacenan en los dispositivos Dante individuales, lo que les permite funcionar sin ninguna computadora conectada. Los usuarios no tienen que preocuparse por restablecer rutas cuando un sistema se traslada o se apaga y enciende: «simplemente funciona», ahorrando tiempo, preocupaciones y costos de configuración.” (Audinate, s/f-a)

Como se indicó en el capítulo de redes, para que un dispositivo funcione correctamente en cualquier red, debe tener establecida una única dirección IP, que le permita ser ubicado y en el caso de una red Dante, tanto la detección de los dispositivos como la asignación de dirección IP se hace de manera automática, gracias a diferentes tecnologías incorporadas en Dante como por

ejemplo Zeroconf. Aunque para usuarios más avanzados estas configuraciones se pueden hacer de forma manual, incluso para grandes sistemas no resulta necesario (d&B audiotechnik, s/f).

Características

Dante es una combinación de diferentes protocolos, hardware y software, cuyo propósito es transportar señales de audio por redes IP. Según la configuración que se utilice, pueden transmitirse hasta 512 x 512 canales de audio a través de una conexión Gigabit Ethernet. Dante soporta frecuencias de muestreo entre 44.1 y 192 kHz y entre 16 y 32 bits. (d&B audiotechnik, s/f)

Dentro de las ventajas que ofrece Dante está la supresión de grandes cantidades de cables pesados y costosos multinúcleo o analógicos, sustituyéndolos bien sea por cable de fibra óptica o por cables de red CAT5e o CAT6 de menor costo, favoreciendo la economía y el trabajo ligero. Dante incorpora todos los dispositivos multimedia y de control a través de una única red IP estándar.

Al transmitir audio de manera digital y no analógica, se evitan problemas comunes como interferencias de otros equipos eléctricos, cruces de línea entre cables o la pérdida de señal por largas distancias del cable, lo que permite una mayor cobertura en espacio.

La instalación de sistemas Dante es muy fácil e intuitiva ya que para el usuario no va más allá de la conexión de los dispositivos de hardware y software, pues la estructura y configuración compleja de la red, la realiza Dante por sí solo con un par de indicaciones fáciles determinadas por el usuario. Este tipo de trabajo favorece la integración y la flexibilidad, que bajo la operación de Dante Controller, software diseñado para el control de la red Dante, facilita el reconocimiento, enrutamiento y control de todos los dispositivos en la red.

Con la tecnología de Dante solo es necesario configurar la red una única vez, aun cuando los dispositivos se apaguen, estos guardan sus propiedades de manera segura, de tal forma que al encenderse de nuevo carguen la configuración apropiada.

Algo muy importante es asegurar un respaldo por si en algún momento particular la red fallara. Dante es compatible con redundancia “glitch free” (sin fallos), lo que provee una red secundaria física que conserva una copia del tráfico de audio, respaldando totalmente a la red primaria en un caso fortuito.

En búsqueda de la total integración, Dante es compatible con sistemas Mac o PC, que incluso con Dante Virtual Soundcard, el computador puede convertirse en una interfaz de audio para grabación y reproducción multipista a través del propio puerto Ethernet de la computadora, sin necesidad de hardware adicional. También siendo compaginable con aplicaciones comunes de audio, como Skype, iTunes, Pandora, Spotify, entre muchas otras.

Word Clock

En una red Dante, donde se encuentran conectados diferentes dispositivos que trabajan con audio digital, es necesario establecer un solo reloj maestro de referencia, que determine la frecuencia de muestreo y permita sincronizar todos los dispositivos para obtener o reproducir las muestras de audio al mismo tiempo.

De no existir un Word Clock y cada dispositivo trabajara con su reloj interno, existirían diferencias en el muestreo, lo que causaría problemas como el *Jitter*, que es una distorsión en el audio, un problema recurrente y costoso de resolver en conexiones en cadena de sistemas AES3, MADI, ADAT, S/PDIF.

Aunque Dante es compatible con cualquier frecuencia de muestreo, para poder llevar a cabo el transporte de información, es necesario que los dispositivos tengan la misma frecuencia de muestreo, pues Dante no realiza conversiones de sample rate.

La sincronización, igual que la detección e identificación de cada dispositivo, se realiza de manera automática, aunque también podría realizarse de manera manual, si así se requiere.

Latencia

Es la diferencia de tiempo que existe entre dos señales de audio en un sistema. En una red Dante, la latencia representa el tiempo que tarda la señal de un transmisor en llegar hasta el receptor. “Este tiempo de proceso o latencia de red depende de la latencia del dispositivo de transmisión y, en gran medida, del número y el rendimiento de los conmutadores de red por los que tiene que pasar la señal en su itinerario del transmisor al receptor” (d&B audiotechnik, s/f)

Para configurar una reproducción simultánea desde diferentes dispositivos habilitados para Dante, es posible modificar el tiempo de latencia en cada uno de estos.

Por defecto todos los dispositivos habilitados para Dante vienen con una latencia predeterminada de 1 ms, la cual resulta eficiente para hasta 10 saltos, es decir, que la señal tuviese que pasar por un recorrido de 10 switch diferentes. Esto significa que aun en redes extensas, de hasta cientos de dispositivos conectados, con varios switch en topología de estrella, la latencia seguiría siendo la misma de 1 ms, lo cual es realmente bajo.

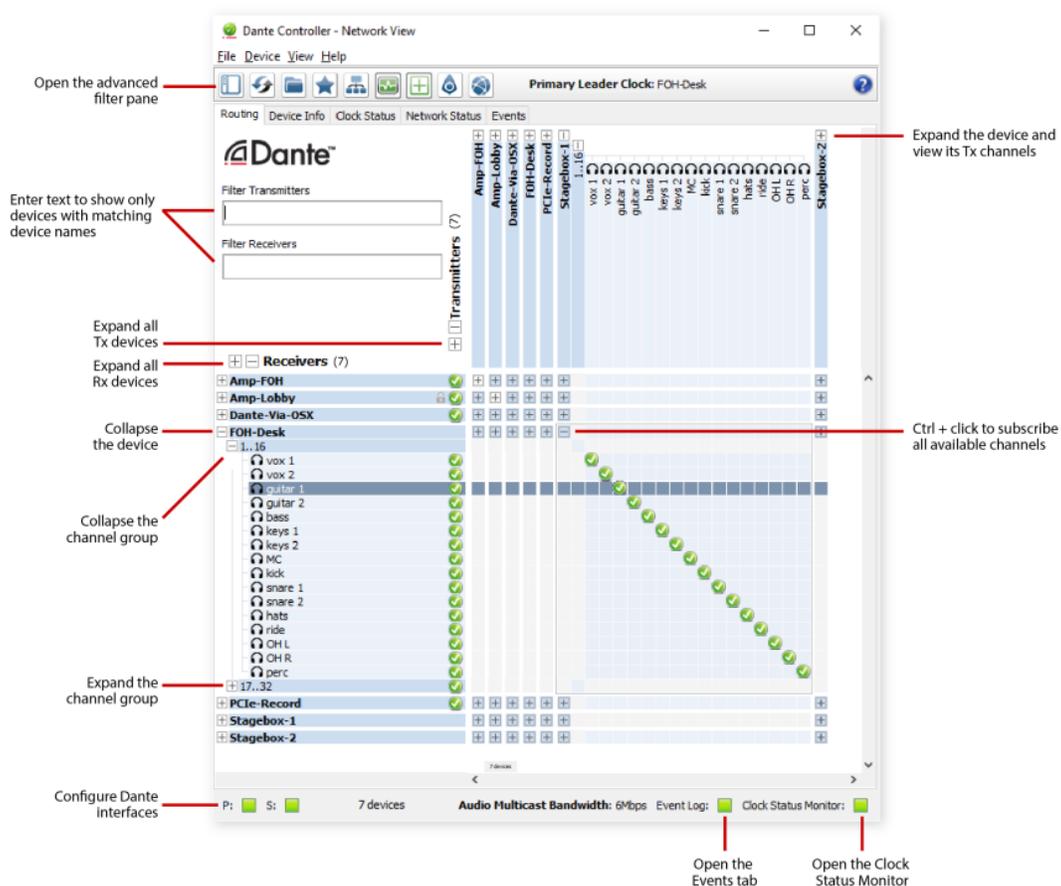
Dante Controller

Es la herramienta principal de software para la administración de una red Dante. Permite gestionar enrutamientos, visualización de los dispositivos, ajustes de reloj, frecuencia de muestreo, latencia, supervisión del flujo de información, estado actual de la red, latencia y sincronización. (Garcia, 2016).

En Dante Controller los canales de Transmisión se visualizan de forma horizontal y los canales de Recepción se ven de forma vertical. Al enlace entre un transmisor y un receptor se le llama “suscripción”. Cuando la suscripción está representada por un icono de “palomita” verde, significa que el enlace es correcto, coincidiendo en todo tipo.

Figura 15

Visualización de pantalla Dante Controller



Para realizar un Split, es decir, enviar una misma señal a diferentes destinatarios, se puede realizar con varias suscripciones de receptores (vertical) al mismo transmisor (horizontal).

Es importante tener en cuenta que la configuración de la red Dante se almacena en cada uno de los dispositivos y no en la computadora.

Aplicaciones

Sonido en vivo

Se habla de sonido en vivo refiriéndose a todo evento en el que el sonido de una fuente, que por sus capacidades acústicas y por su bajo nivel para generar presión sonora, necesita de un refuerzo específico, para poder ser llevado con el suficiente nivel y claridad a una audiencia o público en un escenario, que puede ser un recinto cerrado o al aire libre (García Clavijo, 2017).

El sonido en vivo se caracteriza por ser un suceso en directo, es decir, lo que pasa en el momento, pues no hay posibilidad de repetir el evento sonoro por un error o por una mejor toma, como si se puede hacer por ejemplo en una sesión de grabación. Es por esta razón que para llevar a cabo un evento de sonido en vivo se necesita un sistema confiable y seguro, que no dé lugar a fallos o errores.

Dante es considerado como la solución más fiable utilizada por los profesionales del sonido directo, pues su estructura permite respaldar constantemente la transmisión de audio y la conexión de los dispositivos.

Algunos ejemplos de instalaciones Dante para sonido en vivo, van desde montajes sencillos para pequeños espectáculos, hasta grandes sistemas de touring e incluso complejos y extensos sistemas para estadios.

El campus de la Universidad Texas A&E, en los Estados Unidos, es uno de tantos ejemplos de la implementación de Dante, al conectar y centralizar el control de los múltiples escenarios, especialmente deportivos, a través de una infraestructura IP, permitiendo cubrir y realizar la producción de varios eventos, incluso al mismo tiempo. El equipo de 12th Man Productions, quienes son los encargados de las producciones en el Texas A&E, han sido ganadores de varios premios por sus excelentes trabajos y fueron ellos quienes depositaron su

confianza en la tecnología de Dante junto con otros fabricantes y equipos como altavoces JBL y Harman, sistemas Soundweb BSS, consolas Yamaha CL y la RIO 32 Dante Stage Box.

Figura 16

Instalaciones universidad de Texas



“En el caso del estadio de fútbol, el sistema de megafonía consta tanto del tazón principal, que es el área pública con el sistema de megafonía principal, como de entradas, espacios premium, vestíbulos y baños. El audio de la parte trasera y del frente de la casa del estadio es la misma red, y todo se distribuye a través de Dante y se administra con Audio Architect y Dante Domain Manager.” (Audinate, s/f-b)

Figura 17

Ejemplo sistema analógico de audio para presentaciones en vivo

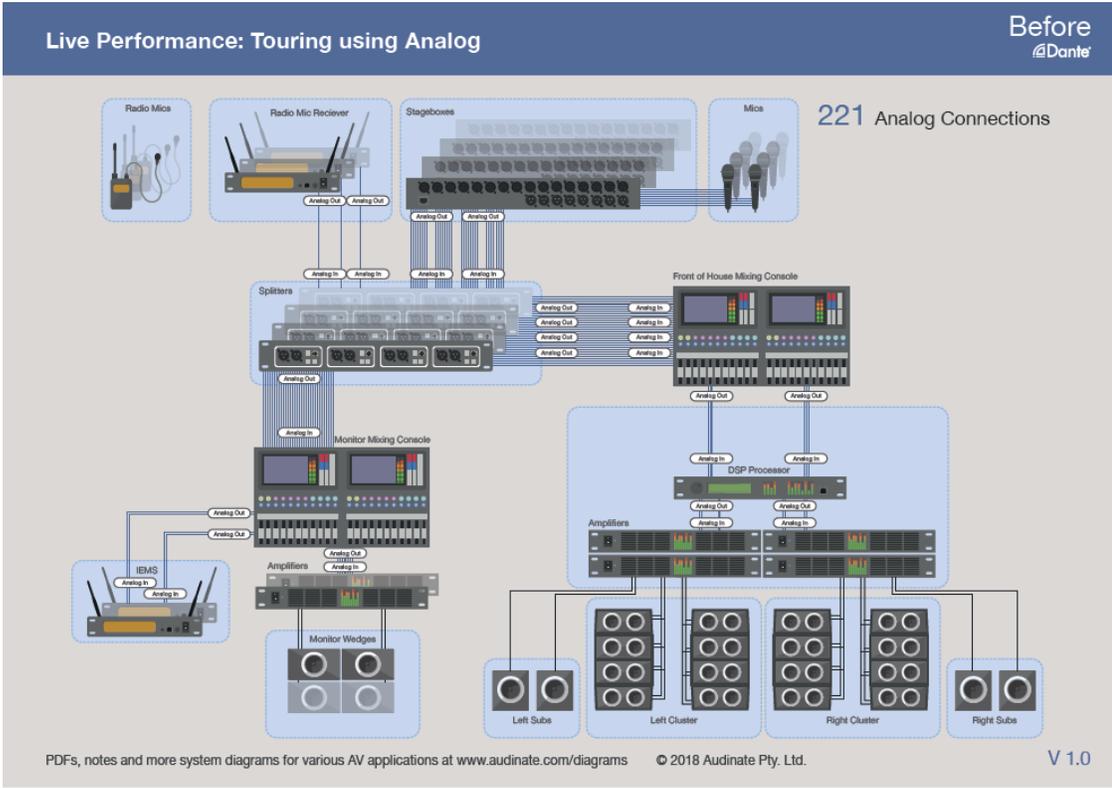
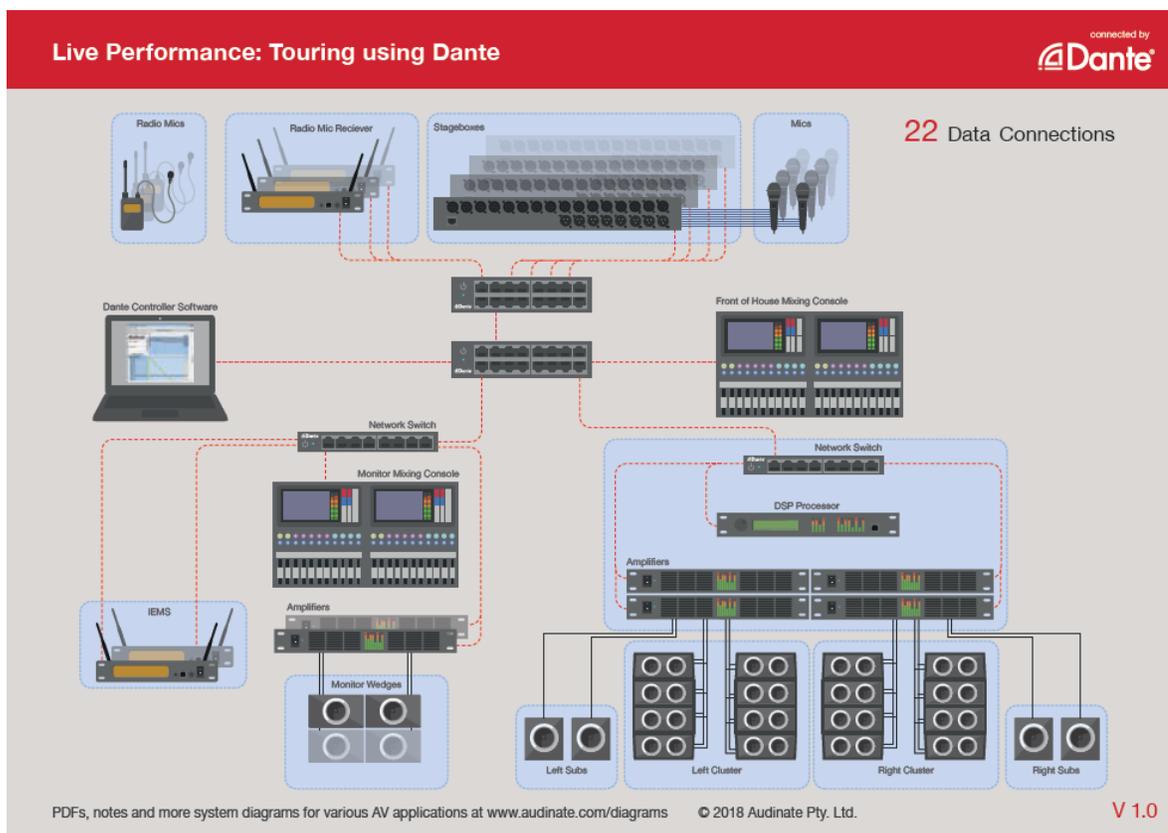


Figura 18

Ejemplo sistema de audio con dante para presentaciones en vivo



Como se puede visualizar en las figuras 17 y 18 en la primera con un sistema totalmente analógico implica una mayor cantidad de conexiones físicas, lo que demanda mayor tiempo y esfuerzo, además el control del flujo de datos es totalmente manual y requiere desplazarse a cada lugar donde sea necesario realizar un cambio. Mientras que en la segunda imagen, un sistema en red de audio Dante, requiere significativamente menos conexiones físicas, añadir algunos switches y ya habría un control centralizado desde cualquier punto, visualización de los dispositivos y rápida configuración

Instalaciones de sonido comercial

Muchos establecimientos comerciales de diferentes actividades económicas, emplean sistemas de audio de diversas capacidades como complemento para el desarrollo de sus actividades cotidianas, por ejemplo, restaurantes, pequeños clubes, salas de juntas y conferencias, centros de convenciones, hoteles, casinos, centros comerciales. Dante permite a través de una red fija común integrar audio, control y datos.

Por nombrar algunos ejemplos alrededor del mundo, está el Centro Comercial Mundo E, ubicado al norte de la Ciudad de México, uno de los lugares más visitados tanto por locales como por extranjeros en la ciudad, caracterizado por su arquitectura moderna y su concepto de innovación. En un proyecto de renovación, la compañía inSound, encargada de la parte de instalación de sonido, empleó en 2 de las 8 zonas del centro comercial Dante, con el propósito de tener total control y automatización del sonido, logrando una perfecta sincronía entre el sonido de música ambiente y el sonido de los shows de cada zona.

Figura 19

Instalaciones Mundo E centro comercial



Las soluciones para conferencias es otro de los grandes mercados en los que se desempeña Dante, especialmente ahora después de los efectos de una pandemia, donde la virtualidad se posiciona como la mejor y en algunos contextos la única alternativa para continuar

produciendo bienes y servicios. Ahora más que nunca las conferencias y videoconferencias demandan una mayor calidad e interoperabilidad. (Audinate, s/f-g)

El Banco de Norteamérica, una de las más grandes instituciones financieras de Norteamérica, finalizaba ajustes adoptando nuevas soluciones para conferencias y espacios de reuniones, dando respuesta a todo lo que una organización global podría requerir tradicionalmente, cuando sucedió la pandemia en este año 2020. La tecnología que habían adoptado involucraba a Dante su estándar de audio sobre IP y Dante Domain Manager, lo cual en medio del contexto permitió abrir la perspectiva a nuevas formas de trabajo sin perder la eficiencia y calidad, logrando trabajar con miles de señales de Audio y Video distribuidas a conformidad, de forma segura y a un bajo costo en las múltiples instalaciones, además de favorecer al distanciamiento social en las reuniones con la interacción entre micrófonos de techo y altavoces. (Audinate, s/f-d)

Figura 20

Ejemplo sala de video conferencia con sistema analógico

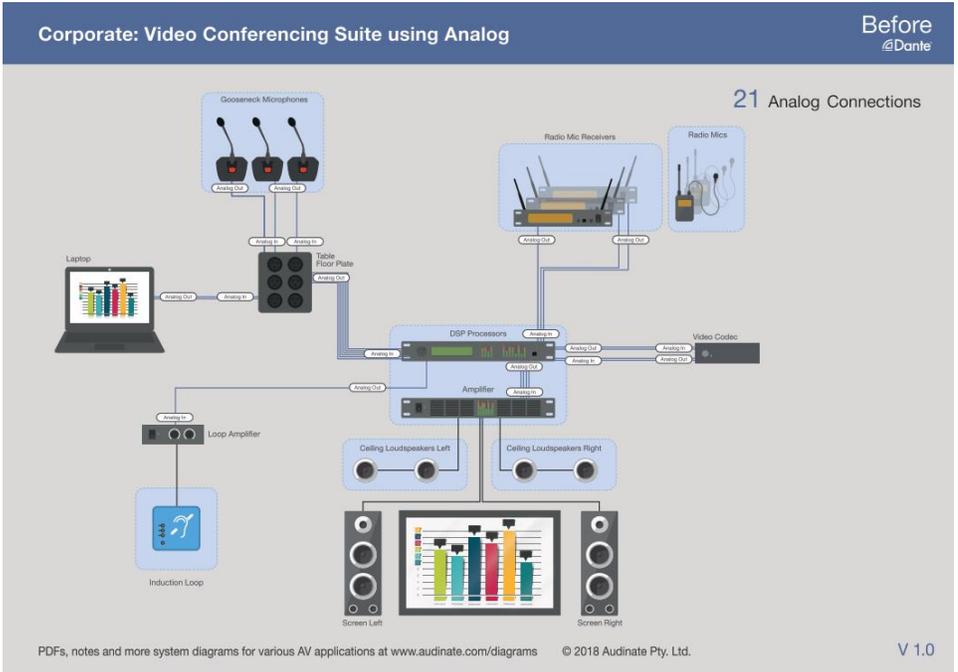
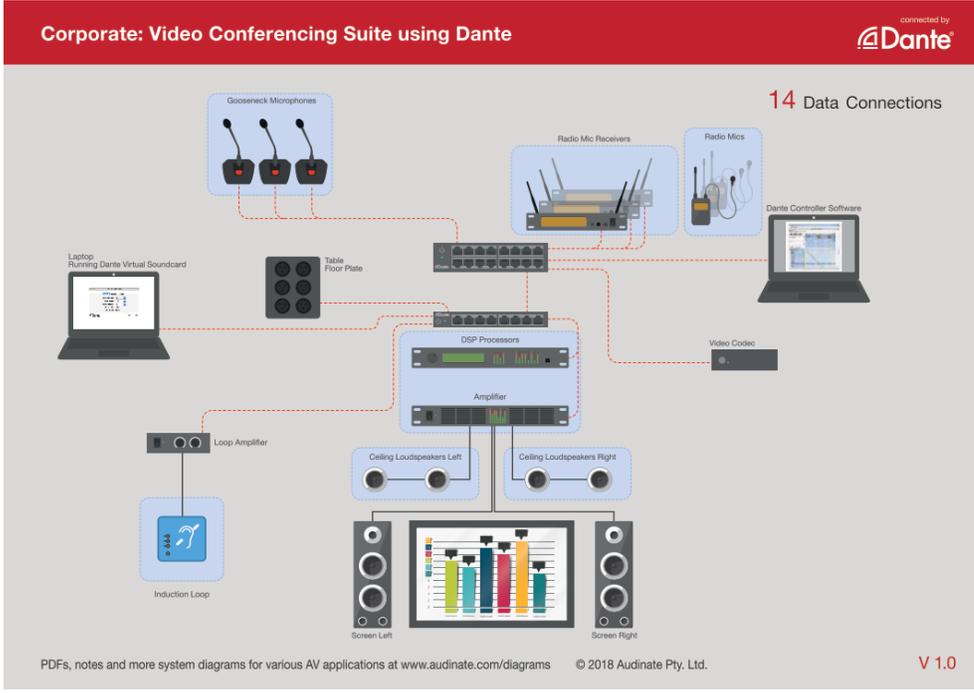


Figura 21

Ejemplo sala de video conferencia con sistema Dante



Broadcast

Broadcast es el protocolo de difusión que envía paquetes masivos de información desde un sistema final (host) al resto de nodos en una red, algunos ejemplos del uso de este protocolo son la distribución de informes meteorológicos, actualización de bases de datos distribuidas en red, emisión de un programa de radio o televisión en directo, entre otros. (Boronat Seguí & Montagud Climent, 2012).

En la actualidad cuando los medios de comunicación apuntan a la retransmisión digital, es necesario contar con un sistema que proporcione una gran calidad de la señal y fiabilidad para el envío de información en la red. Dante es un excelente recurso para asegurar el audio broadcast para diferentes propósitos.

Ejemplo de este campo, podría mencionarse la renovación que hizo Rede Centro America Rádio al crear su primer Estúdio Glass en Cuiabá, estado de Mato Grosso en Brasil, cuando en el 2014 buscó un nuevo espacio incorporando un gran nivel de tecnología e innovación. Para tal propósito se adquirió una consola AEQ Gran Forum, la cual está diseñada para responder a las más rigurosas demandas de la industria de la transmisión de radio y televisión, la cual es compatible con el nuevo estándar AES67 a través de la tecnología Dante de Audinate. Este nuevo sistema permite la convergencia entre señales analógicas y digitales, distribuidas a través de la red permitiendo interconectar señales de estaciones afiliadas ubicadas en Cuiabá.

Figura 22*Instalaciones Rede Centro America Rádio*

“Con la infusión de equipos de AEQ, hemos mejorado nuestras capacidades de red y ahora podemos acomodar señales analógicas, AES3 y AoIP. El resultado general es un mejor producto para nuestra audiencia en términos de calidad de audio.” (Audinate, s/f-f)

Figura 23

Ejemplo estación de radio con sistema analógico

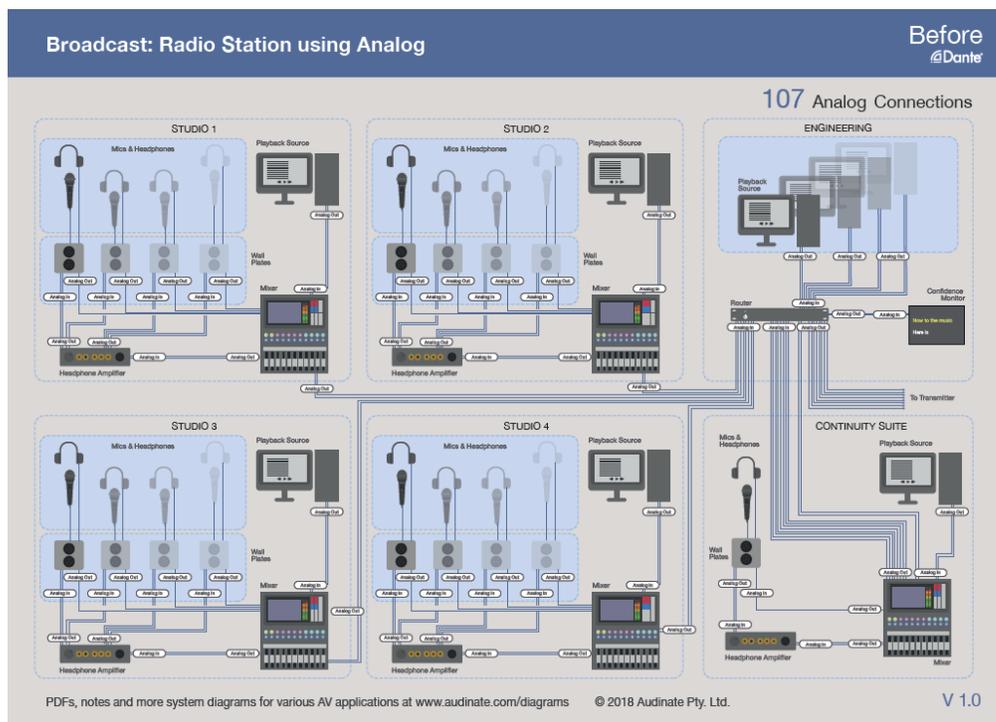
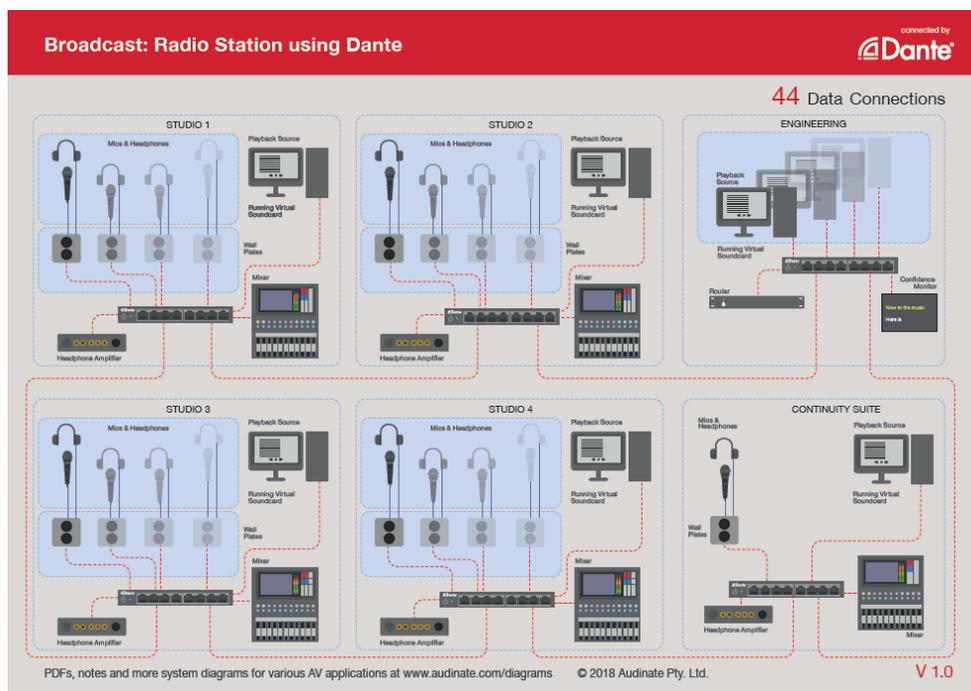


Figura 24

Ejemplo estación de radio con sistema Dante



Grabación

Como lo indica Savage, (2011) “Incluso las prácticas de grabación más básicas han sido influenciadas por la migración de la grabación analógica a la grabación digital” (p.3). En la actualidad con la revolución constante de la información digital, son muchos los contextos donde se requiere la grabación de audio, por ejemplo, producción musical, producción audiovisual, producción de audio para aplicaciones, videojuegos, contenido multimedia, etc.

“Los estudios profesionales y las unidades móviles de grabación dependen del audio digital de gran calidad y resolución. No hay opción para tomas perdidas. Dante se encarga de que todo funcione” (Audinate, Case Studies Across Markets)

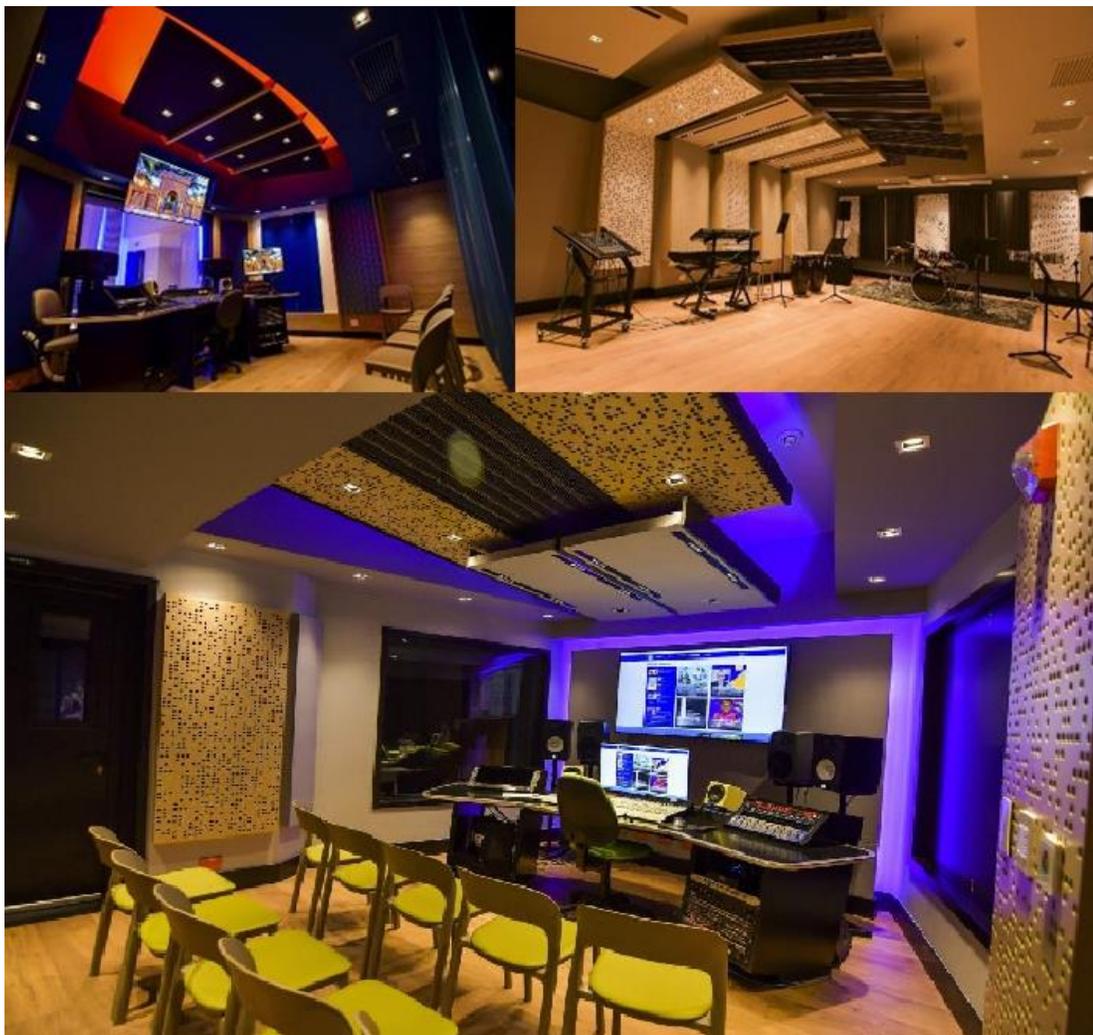
Particularmente como ejemplo de esta aplicación, vale la pena mencionar la inversión que realizó la universidad ICESI, ubicada en la ciudad de Cali – Colombia, al implementar tecnología Dante en sus instalaciones, con el propósito de brindar a los estudiantes del programa de música, las mejores, modernas y más profesionales condiciones para la producción musical.

La implementación que comenzó en el 2016, incluía la infraestructura de redes que permitiera conectar los 3 nuevos estudios de grabación que se construyeron en un nuevo edificio y cualquier otro espacio que pudiera emplearse para la producción musical, para un total de 27 ambientes diferentes.

Entre los equipos implementados se encuentran las interfaces Focusrite RedNet, las cuales con sus robustos convertidores, obtienen señales analógicas, las transforman en digitales con una excelente calidad y a través de un puerto Ethernet y el protocolo Dante, pueden ser direccionadas hacia cualquier parte de la red establecida en todo el edificio o viceversa, cualquier señal digital en la red podría ser dirigida a las interfaces para convertirse en señal analógica y resultar en las salidas físicas.

Figura 25

Instalaciones universidad ICESI Cali, Colombia



Megafonía

Según el diccionario enciclopédico Lexus (2007) “Megafonía es la técnica para aumentar el volumen del sonido mediante los aparatos e instalaciones precisos”. Método utilizado en distintos escenarios para brindar información, atendiendo diferentes situaciones, incluso en casos de emergencia. Escenarios como estadios, polideportivos, estaciones de tren, aeropuertos, hospitales, edificios, parques, entre otros. Dante cuenta con la capacidad de integrar los dispositivos y las conexiones necesarias para cubrir con calidad y fiabilidad las necesidades de estos escenarios, en los que inclusive se podrían salvar vidas.

El Wisconsin Center, en Estados Unidos, escenario donde se llevan a cabo una gran variedad de eventos como ferias, salones del automóvil, reuniones empresariales, bodas y otros más, le apostó a la renovación de sus sistemas de sonido, aprovechando la estructura de red que ya existía, implementando soluciones de audio multicanal gracias al protocolo Dante, junto a dispositivos como un procesador de señal digital multisala Symetrix SymNet, logrando así conectar todos los espacios en cuestión de sonido y centralizar el control para una mayor facilidad de operación.

Figura 26

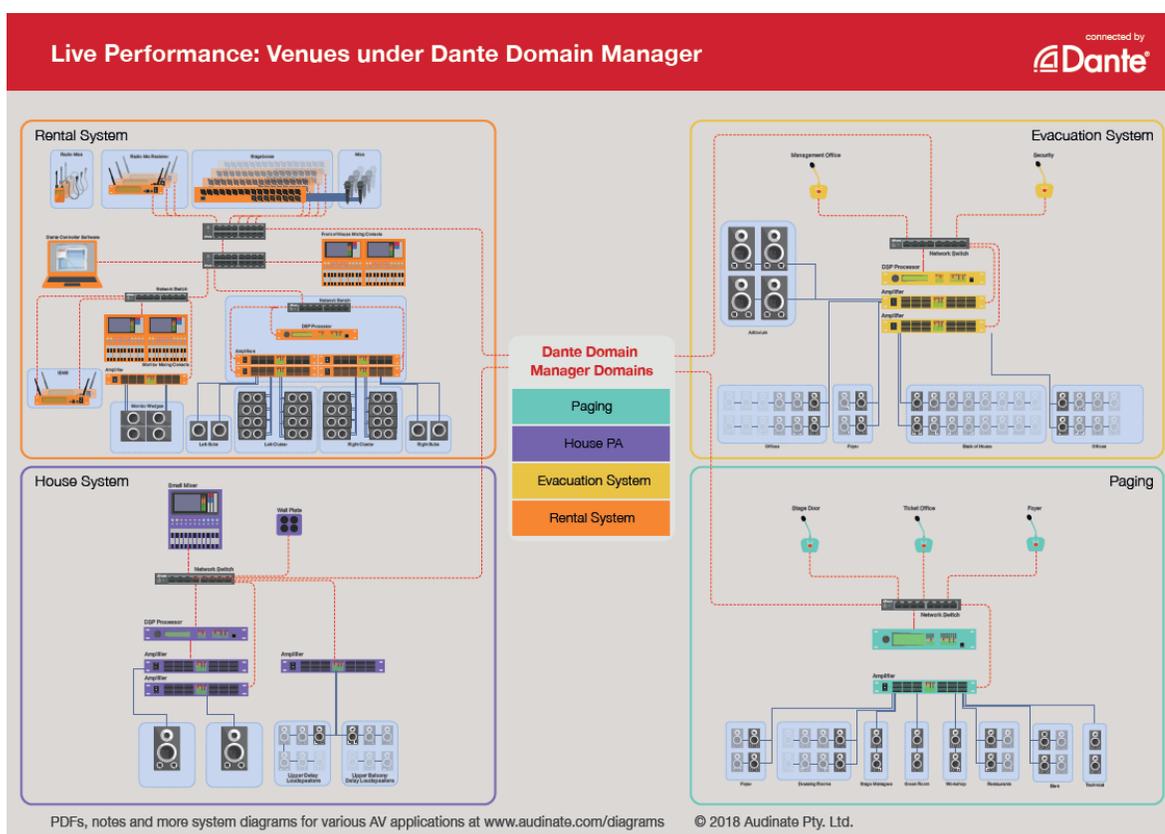
Instalaciones Winsconsin Center, Estados Unidos



Keith Anderson, el director de operaciones de Metro Sound y Video, compañía de integración de sistemas profesionales, quien estuvo a cargo de la implementación del nuevo sistema, asegura que los beneficios que ofrece Dante son varios y que en comparación con otras tecnologías como CobraNet, no hay forma de conseguir las capacidades de enrutamiento y flexibilidad para la interconexión en red. (Audinate, s/f-e)

Figura 27

Ejemplo centro de convenciones con sistema Dante

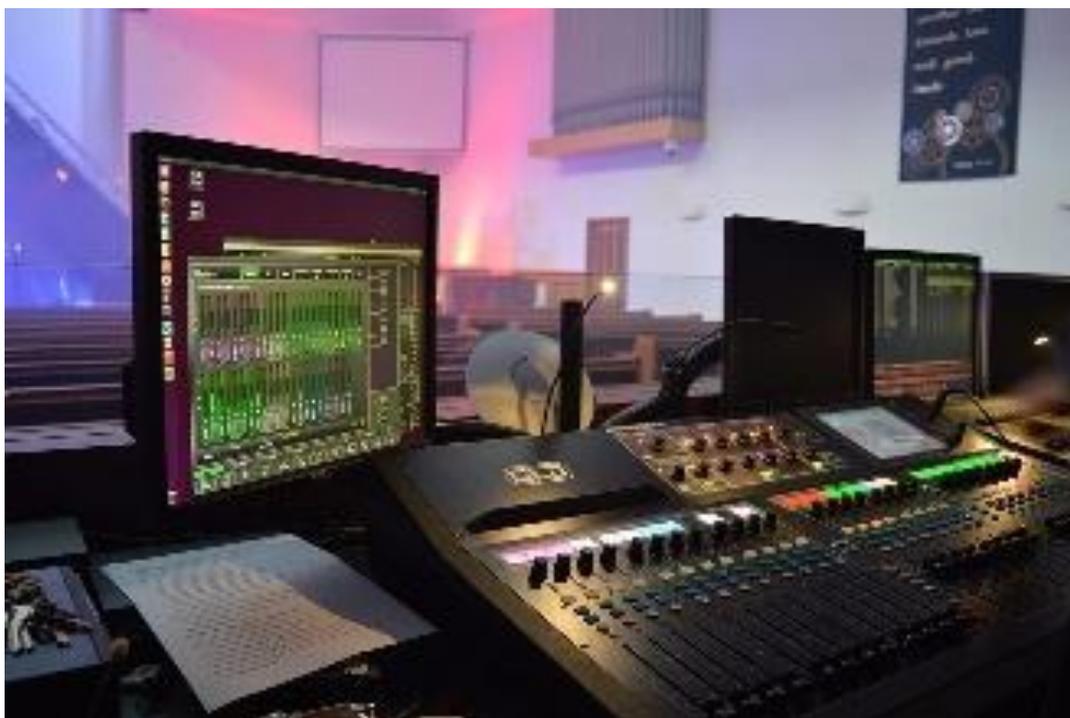


Templos de culto

En la actualidad son muchos los templos de culto a lo largo del mundo y en diversas religiones que han optado por instalar sistemas de sonido cuyo propósito sea entregar el mensaje de una manera clara y contundente. Desde las capillas más pequeñas hasta las más grandes catedrales, bien sea con un sistema de sonido sencillo o instalaciones AV multirecinto, Dante ofrece la estructura en red para poder integrar todos los dispositivos necesarios, asegurando calidad y eficiencia.

Figura 28

Equipos de audio iglesia presbiteriana High Kirk



En Antrim (Irlanda del Norte), la iglesia presbiteriana High Kirk de Ballymena en búsqueda de mejorar las condiciones para sus eventos de culto, le apostó al uso de la tecnología Dante de la mano de Allen & Heath con sus mezcladoras digitales GLD-112 y expansores AR84 IO y un AR2412, conectado todo a través de las tarjetas M-Dante

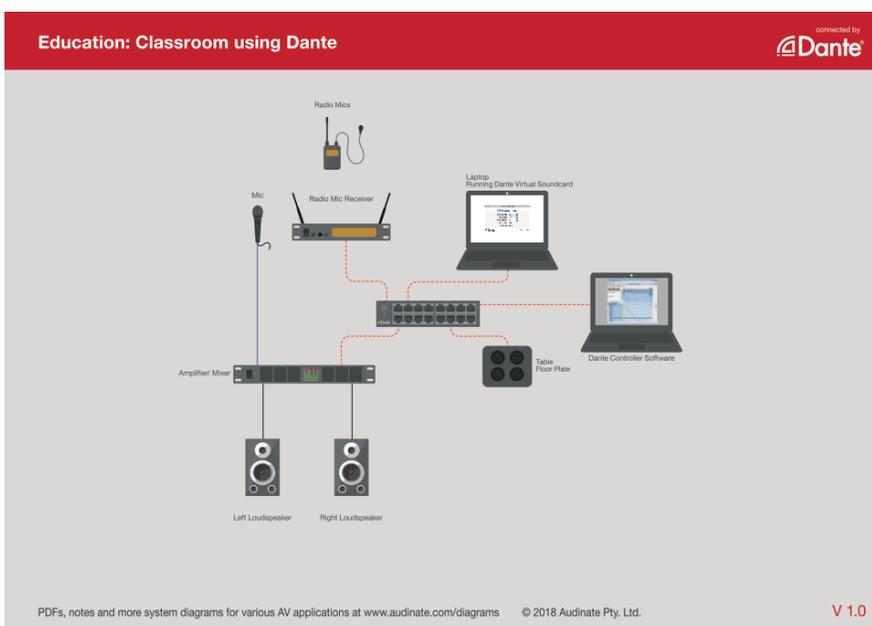
Educación

Vincular la tecnología a los procesos de formación académica ha sido el propósito de muchas instituciones en todo el mundo en los últimos años y más ahora en medio de la crisis a causa de la pandemia, donde todos los escenarios académicos tuvieron que migrar a la virtualidad para no perder el tiempo y poder continuar con la educación. Aunque sin duda la crisis ha dejado mucho que lamentar, también ha abierto la puerta a nuevas ideas, recursos e innovaciones, como por ejemplo las clases remotas.

La Universidad Estatal de Utah en Estados Unidos, ofrece una serie de cursos en línea y transmisiones interactivas en vivo, donde los estudiantes pueden participar y comunicarse con el instructor de manera remota. Para lograr el óptimo desempeño de esta alternativa, la universidad confía en la tecnología Dante y Dante Domain Manager, junto con dispositivos como micrófonos de techo inalámbricos y de formación de haces de Senheiser y Shure en las aulas, todo interconectado en una red de audio Dante y procesadores de señal digital. (Audinate, s/f-c)

Figura 29

Diagrama salón de clases con sistema Dante



Conclusiones

Los avances y desarrollos tecnológicos son inherentes a muchos campos y el audio no es la excepción, especialmente en los últimos años cuando la integración de redes informáticas y el uso de TI, han abierto un mundo de posibilidades y mejoras para el diseño, control y desempeño de diferentes sistemas de sonido.

La transmisión de audio digital a través de redes y el uso de medios guiados ofrece significativas ventajas frente a la transmisión analógica, tal cual como se describe en el desarrollo del proyecto, en la definición y características de Dante, por ejemplo, menor cantidad de cables, mayor distancia sin pérdida de señal, disminución de ruido e interferencias, muy baja latencia, facilidad, control en la identificación de los dispositivos y el ruteo de las señales.

Como se evidenció en el capítulo de protocolos de transmisión de audio por redes, existen en la actualidad múltiples opciones para trabajar con audio (AoIP - AoE), es importante conocer las características que ofrece cada una, para poder definir un criterio que permita tomar las mejores decisiones frente a las condiciones o necesidades que requiera un sistema.

Aunque existen protocolos con características y prestaciones similares a Dante, este último se ha destacado en los últimos años por su gran aceptación y popularidad a nivel mundial, tal como se muestra en el desarrollo del proyecto en la definición de Dante. “Los datos de RH Consulting indican que Dante es el protocolo de elección en más del 91% de los productos de audio en red actualmente en el mercado” (Audinate, 2021)

El desarrollo de Dante y su implementación en diferentes componentes como consolas, micrófonos, altavoces, interfaces, entre otros, ha permitido optimizar la calidad y el desempeño de muchos escenarios, tal cual como se mostró en el capítulo de aplicaciones, no solo de sonido en vivo como conciertos, obras, presentaciones, sino también espacios educativos, empresariales, comerciales y religiosos.

Recomendaciones

Es importante vincular a la formación del programa de Tecnología en Producción de Audio o afines, nuevas formas de transmisión de audio digital sobre redes, como Dante, gestando a partir de este documento, iniciativas que favorezcan el aprendizaje, como simuladores para el diseño de sistemas de sonido o estudios de casos.

Las diferentes marcas, fabricantes de equipos de audio, lanzan constantemente nuevos componentes, aplicaciones, recursos, que pueden resultar fascinantes. Mantenerse actualizado y en constante investigación de nuevas tecnologías es una necesidad para la competencia del mundo de hoy. Especialmente para los estudiantes de la UNAD, podría ser a través de estrategias como la creación de una revista, canal de videos, un blog o cualquier otro recurso que facilitara estar al día y profundizar en las últimas tendencias del audio, como los recursos que ofrece Dante.

Para quienes deseen abarcar más información sobre Dante es recomendable que consulten los diferentes recursos académicos que ofrece Audinate, incluso realicen las certificaciones que imparten, las cuales no solo permiten acrecentar el conocimiento sino también generar un valor añadido para el desempeño laboral.

Un posible proyecto a futuro podría plantearse sobre la pregunta, ¿cómo integrar una tecnología como Dante, en las instalaciones de la Sede Nacional de la UNAD? De tal forma que se pueda evidenciar un diseño para los diferentes espacios, junto con los beneficios, ventajas y desventajas que esto implicaría.

Referencias bibliográficas

Argentina, Q. N. (s/f). *Conectores para fibra óptica SC LC ST E2000*.

<http://www.qualitynet.com.ar/productos/conectores-fibra-optica-sc-lc-st-e2000/>

Audinate. (s/f-a). *¿Qué es Dante?* <https://www.audinate.com/meet-dante/what-is-dante?lang=es>

Audinate. (s/f-b). *12th Man Productions brinda acceso a todos los fanáticos de Texas A&M gracias a Dante y Dante Domain Manager | Audinar*. <https://www.audinate.com/meet-dante/dante-in-action/projects/12th-man-productions-provides-access-to-all-texas-am-fans-thanks-to-dante-and-dante-domain-manager?lang=es>

Audinate. (s/f-c). *Aulas remotas de la Universidad Estatal de Utah: Llegando a la distancia con Dante y Dante Domain Manager*. <https://www.audinate.com/meet-dante/dante-in-action/projects/utah-state-university-remote-classrooms-going-the-distance-with-dante-and-dante-domain-manager?lang=es>

Audinate. (s/f-d). *Conferencing Solution Powered by Dante Proves Pandemic Resilient for North American Bank*. <https://www.audinate.com/meet-dante/dante-in-action/projects/conferencing-solution-powered-by-dante-proves-pandemic-resilient-for-north-american-bank?lang=es>

Audinate. (s/f-e). *Dante pone voz al Wisconsin Center*. <https://www.audinate.com/meet-dante/dante-in-action/projects/dante-gives-voice-to-wisconsin-center?lang=es>

Audinate. (s/f-f). *Estúdio Glass, Dante Installation*. <https://www.audinate.com/meet-dante/dante-in-action/projects/estudio-glass-dante-installation?lang=es>

Audinate. (s/f-g). *Mega-shopping mall, Audio Systems Renovation*.

<https://www.audinate.com/meet-dante/dante-in-action/projects/mega-shopping-mall-audio-systems-renovation?lang=es>

- Audinate. (s/f-h). *Music Curricula in Colombia Invests in Contemporary Production with Dante-backed Audio-over-IP Workflow*. <https://www.audinate.com/meet-dante/dante-in-action/projects/music-curricula-in-colombia-invests-in-contemporary-production-with-dante-backed-audio-over-ip-workflow>
- Audinate. (s/f-i). *Nueva instalación en la iglesia presbiteriana High Kirk*. <https://www.audinate.com/meet-dante/dante-in-action/projects/high-kirk-presbyterian-church-new-installation?lang=es>
- Audinate. (s/f-j). *Routing View*. https://dev.audinate.com/GA/dante-controller/userguide/webhelp/content/routing_view.htm
- Audinate. (s/f-k). *There are lots of Ethernet switches available. Will they all work with Dante?* <https://www.audinate.com/learning/faqs/there-are-lots-of-ethernet-switches-available-will-they-all-work-with-dante?lang=es>
- Audinate. (2018). *Application Diagrams for Dante Systems*. May.
- Audinate. (2021). *Dante de Audinate ahora es compatible con más de 3.000 dispositivos*. <https://www.audinate.com/news/press-releases/audinates-dante-now-supported-in-more-than-3000-device?fbclid=IwAR3qjDWede9Is3AxYCRURkl8cMUzRwKbF1Vgt2cYqYx0fBon0UameOuhek>
- Audio Engineering Society (AES). (2018). *AES67-2018: AES standard for audio applications of networks-High-performance streaming audio-over-IP interoperability*.
- Birlis, A. (2007). *Sonido Para Audiovisuales* (Ugerman Ed).
- Boronat Seguí, F., & Montagud Climent, M. (2012). *Modelo De Interconexión De Redes Basado En Capas*.

- Bouillot, N., Cohen, E., Floros, A., Foss, R., Harris, S., Inc Brent Harshbarger, B., Joffrey Heyraud, C., Lars Jonsson, E., Radio John Narus, S., & LLC Michael, V. (2009). *Best Practices in Network Audio*. <http://www.aes.org/technical/documents/AESTD1003V1.pdf>
- Caffa, A. (2016). *Conceptos de Redes de Computadoras*.
- Cerana, J. I., & Izaguirre, M. (2015). *Principios de Audio Digital-2*.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/5499/213005Principios.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chaos García, D., Gómez Palomo, S. R., Letón Molina, E., San Juan, C. R., & Rubio González, M. Á. (2018). Introducción a la Informática Básica. En *Universidad Nacional de Educación a Distancia* (Vol. 3).
- Cisco. (2012). Lo que usted necesita saber sobre routers y switches. *Cisco*, 5.
https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/ofertas/desconectadosanonimos/routing/pdfs/brochure_redes.pdf
- Commen. (s/f). *What Is the Difference Between Unshielded and Shielded Network Cables? | Manufacturer/Network Cables Supplier/Commen*. <http://www.commen.com/what-is-the-difference-between-unshielded-and-shielded-network-cables/>
- Conoce la nueva cara de MUNDO E- Centro comercial renovado al norte de la CDMX - YouTube*. (2016). <https://www.youtube.com/watch?v=j5FDVnsKEHQ>
- Contrera, H. H., & Vilca, J. A. (2012). *TRANSMISIÓN DIGITAL DE AUDIO SOBRE REDES ETHERNET*.
http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/fundamentosdeacusticayelectroacustica/pu_b/file/FAyE0612E2-Contrera-Vilca.pdf
- Coursera. (s/f). *Breve historia de la grabación de sonido - La producción musical como práctica*

creativa |. <https://www.coursera.org/lecture/intro-produccion-musical/breve-historia-de-la-grabacion-de-sonido-2vg5r>

d&B audiotechnik. (s/f). *TI 317 1.1es, Red de Audio Dante*.

<https://www.dbaudio.com/assets/products/downloads/ti/dbaudio-technical-information-ti317-1.1-es.pdf>

Espacio Fundación Telefónica. (s/f). *1, 2, 3... ¡Grabando! Una historia del registro musical* |.

<https://espacio.fundaciontelefonica.com/evento/un-dos-tres-grabando/>

Fibras ópticas – comunicación multimedia. (2015).

<https://comunicacionmultimediafesajosuecg.wordpress.com/2015/08/29/fibras-opticas/>

García Clavijo, E. A. (2017). *Concepto y objetivo del refuerzo sonoro*.

<http://repository.unad.edu.co/handle/10596/11645>

García, M. (2016). *DANTE CERTIFICATION PROGRAM LEVEL 1 2*.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*.

María, J., Ordinas, B., & Grier, J. Í. (2004). *Redes de computadores* (S. Eureka Media (Ed.)).

<http://curso-sobre.berlios.de/introsobre>.

Montañez, L. A., & Cabrera, J. G. (2015). *Definición de Audio*.

Power Soft Audio. (s/f). *Topologías de Red*. <https://www.powersoft-audio.com/help/armonia/index.html?Networktopologies.html>

PreSonus. (s/f). *An Introduction to AVB Networking*. <https://www.presonus.com/learn/technical-articles/an-introduction-to-avb-networking>

Prieto E., A., Lloris R., A., & Torres C., J. C. (2006). *Introducción a la Informática*. En C.

Sánchez G. (Ed.), *McGRAWHILL* (Cuarta, Vol. 4, Número 0). McGRAW-HILL.

- Prieto E., A., & Prieto C., B. (2005). *Conceptos de Informática* (McGRAW-HIL).
- Ravenna. (s/f). *OVERVIEW - RAVENNA IP-based Media Network*. <https://www.ravenna-network.com/about-1/overview/>
- Raya, J. L., Raya, L., & Martínez, M. Á. (2008). *Redes Locales Instalación y configuración básicas* (Alfaomega).
- RH Consulting. (2021). *Networked Audio Products 2021*.
<https://rhconsulting.uk/blog/networked-audio-products-2021/>
- Rouse, M. (2018). *¿Qué es Ethernet? - Definición en WhatIs.com*.
<https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Ethernet>
- Savage, S. (2011). *The Art of Digital Audio Recording: A Practical Guide for Home and Studio*.
<http://books.google.com/books?id=8CorGPbLQTQC&pgis=1>
- Tanenbaum S., A., & Wetherall, D. J. (2012). Redes de computadoras. En *Redes de computadoras*. <https://doi.org/10.17993/ingytec.2018.32>
- Telos Alliance. (s/f). *Conexión en red Livewire + AES67 AoIP*. de
<https://www.telosalliance.com/Axia/Livewire-AoIP-Networking>
- Velásquez, G., Gómez, M., Aparicio, A., Ortega, A. R., Camacho, M., Rondón, J. E., Rocha, M. G., Torres, P., Salgado, M., Nieto, I. C., & Alcócer, M. (2011). *La Investigación en la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería*.
- Waves. (2019). *SoundGrid 101 Part 1: What is SoundGrid?* <https://www.waves.com/soundgrid-101-part-1-what-is-soundgrid>
- Yamaha Commercial Audio. (2014). *Introducción al audio en red*.
<https://download.yamaha.com/files/tcm:39-322556>