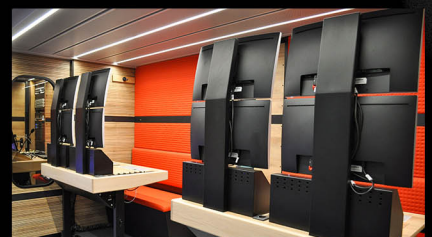


# ORF FÜ01

Ü-Wagen für IP-basierte Mobile Produktion  
OB Van for IP-based Mobile Production

Projektreferenz Seite 2

Project Reference Page 7



# IP Ü-Wagen für Sportproduktionen

Der neue Ü-Wagen FÜ01 ist das erste auf IP-Basis gebaute mobile Produktionsmittel des ORF und für Sport-, Unterhaltungs- und Musikproduktionen konzipiert. Die gesamte Video- und Audio-signalverteilung im ORF FÜ01 erfolgt mittels IP-Technologie auf der Basis von SMPTE ST 2110 und SMPTE ST 2022-7 sowie AES 67. Herzstück der Systemarchitektur sind zwei IP-Router, die als 1:1-Redundanz konfiguriert sind. Devices, die über IP-Schnittstellen verfügen, sind mit diesen Schnittstellen redundant direkt an die beiden Router angeschlossen und transportieren ihre Video- und Audioinhalte nur noch über IP. Für Devices ohne eigene IP-Schnittstellen werden IP nach SDI Embedded Konverter (und umgekehrt) verwendet. Ein Broadcast SDN Controller sowie ein Monitoringsystem stellen sicher, dass die im Broadcastbetrieb erforderlichen Steuerungsfunktionen und Signalisierungen auch im IP-Umfeld wie gewohnt nutzbar sind.

## Einsatzzweck und Projektumfang

Haupteinsatzzweck ist die Übertragung von Sportereignissen, insbesondere Wintersport, sowie Wahlsondungen, Unterhaltungssendungen und hochwertige Klassik-Musikproduktionen. Der FÜ01 kam erstmalig im Wintersport 2019/2020 bei der Übertragung des Biathlon-Weltcups aus Hochfilzen, der nordischen Kombination aus Ramsau, dem Dreikönigsspringen in Bischofshofen und dem Ski-Weltcup in Kitzbühel zum Einsatz.

Die technologische Besonderheit des Fahrzeugs besteht in der Nutzung modernster IP-Technologie auf Basis von SMPTE ST 2110, die von BFE Studio und Medien Systeme für den FÜ01 konzipiert, geplant und umgesetzt wurde. Es wurde ein skalierbarer Ansatz als Vorlage für größere Systeme gewählt. Darüber hinaus sind im Rahmen dieses Projekts auch alle entsprechenden Weiterentwicklungen bezüglich der eingesetzten IP-Technologien eingeflossen.

Ziel des ORF war es, eine kosteneffiziente Lösung und die teilweise Weiterverwendung von vorhandenem

The new OB Van FÜ01 is ORF's first IP based mobile production facility. It is mainly used for winter sport, classical music and entertainment productions. The entire video and audio signal distribution in the ORF FÜ01 is using IP technology based on SMPTE ST 2110, SMPTE ST 2022-7 as well as AES 67. Core element of the system architecture are two IP routers working in a 1:1 redundancy configuration. Devices that already provide IP interfaces are connected directly to the routers and transport their video and audio content via IP only. Some additional devices do not yet provide IP interfaces. Their video and audio signals need to be transferred into the IP system via IP to SDI Embedded converters (and vice versa). A Broadcast SDN Controller as well as a monitoring system guarantee the usability of control functions needed to operate and monitor the broadcast systems, independent from the devices and the IP signal transport mechanism.



Bild: BFE

### HEIKO HILSS

ist Senior Project Engineer bei BFE Studio und Medien Systeme

► [www.bfe.tv](http://www.bfe.tv)



Bild: BFE

### ROLAND PAUSCHERT

ist Senior Solution Architect Broadcast IT bei BFE Studio und Medien Systeme

► [www.bfe.tv](http://www.bfe.tv)

Equipment zu ermöglichen. Bei der Umsetzung der Anforderungen kamen nur Standardprodukte zum Einsatz. Kundenspezifische Entwicklungen wurden vermieden. Um das Bedienpersonal an die neue Technologie heranzuführen, sollte möglichst keine Änderung der bei Sportproduktionen etablierten und bewährten Workflows erfolgen.

Selbstverständlich ist eine Anbindung an die Infrastruktur des ORF Zentrums möglich und das neue IP-Konzept fügt sich in die langfristige IP-Konzeptionierung des ORF ein.

Die Hauptmerkmale des IP-basierten Technikwagens sowie des Materialwagens sind:

- Technikwagen als Sattelaufleger mit drei Ausschüben
- Zwei Video- und zwei Audio-Regieräume
- 18 kabelgebundene und acht drahtlose Kameras
- 30 Kanäle zur Slowmotion Aufnahme und Wiedergabe
- Signalverteilung mit Video- und Audio-Over-IP (SMPTE ST 2110, SMPTE ST 2022-7 und AES 67)

- BFE KSC CORE Broadcast Control System
- BFE KSC SILKNET Broadcast SDN Controller
- BFE KSC SinAlarm Monitoringsystem
- Modernes Design mit optimierter Akustik
- Materialwagen-Auflieger mit Multifunktionsraum, Servicebereich und Lager

### Fahrzeug, Raumkonzept und Verkabelung

Das Raumkonzept des Technikwagens basiert auf zwei Bildregien (BR-A, BR-B), einer Bildtechnik (BT), einer großen Tonregie (TR-A) und einer kleiner Tonregie (TR-B) im Bereich der zweiten Bildregie. In der großen Tonregie befinden sich weiterhin ein Aufnahmeleiterarbeitsplatz, ein Arbeitsplatz für einen Kommunikationsingenieur sowie ein Arbeitsplatz für einen Ton-Cutter. Bis zu sechs Slomotion-Operatoren können in den Bildregien A und B eingesetzt werden. In der Bildtechnik werden die Kameras angesteuert und gegenüberliegend befinden sich ein IP-Director-Arbeitsplatz und der Arbeitsplatz des Ü-Wagenleiters. Alle Arbeitsplätze, ausgenommen der reine Bildtechnikbereich, sind multifunktional ausgestattet. Der Sattelaufleger verfügt über drei Ausschübe, zwei davon auf der in Fahrtrichtung linken Seite, jeweils für die Bildregie A und die Bildregie B, sowie ein weiterer großer Ausschub auf der rechten Fahrzeugseite.

Der Materialwagen-Auflieger verfügt über einen Multifunktionsraum, einen Servicebereich für Wartung und Kleinreparaturen sowie einen Lager-/Transportbereich für Kameras, Stative, Stageboxen und weitere Geräte, die in der Außenübertragung erforderlich sind.

### Systemarchitektur und Formate

Die gesamte Video- und Audiosignalverteilung im ORF FÜ01 erfolgt mittels IP-Technologie auf der Basis von SMPTE ST 2110 (Video- und Audiostreaming), SMPTE ST 2022-7 (Redundanz) sowie AES 67 (Audio over IP und Audio over Ethernet interoperability). Zur Synchronisierung und Referenzierung wird PTP gemäß SMPTE ST 2110-10 genutzt. Der momentan verwendete Videoproduktionsstandard ist 1080i50 bzw. 1080p50. Ein Ausbau hin zu UHD ist möglich. Der Ton ist ausgelegt für die Produktion in Dolby 5.1 und der Tonproduktionsstandard ist AES/EBU mit 48kHz.

Konkret wird jedes „Signal“ mit einem SMPTE ST 2110 Video-Stream und zwei SMPTE ST 2110 Audio-Streams mit je acht Monospuren durch das System geroutet. Der in der Norm vorgesehene ANC-Stream ist vorbereitet. Da dieses Feature zum Zeitpunkt der Projektumsetzung aber in fast allen Devices noch nicht implementiert war, konnte es (noch) nicht genutzt werden. Eine erste Anwendung ist jedoch im Slomotion-System notwendig und wird beim nächsten Update-Termin getestet.

Während das Handling des Video-Streams relativ unkompliziert ist, erwiesen sich das Audiochannelmanagement und die Bandbreitenoptimierung im Audiobereich als Herausforderung. Bei der Konfiguration der SDI- nach IP-Konverter werden auf den Konvertern virtuelle Kreuzschienen angelegt, die vom Steuersystem geschaltet werden. Zu jeder Videokreuzschiene wird eine doppelt so große Audiokreuzschiene verwendet, denn zu jedem Video-Stream gehören zwei Audio-Streams. In bestimmten Konstellationen ist es sogar notwendig, die 16 Audio-Monospuren individuell zu schalten. Das spiegelt sich in der Referenzierung der Audiokanäle



Abbildung 1: Bildregien A und B und Tonregie A

durch das Steuersystem wider und erzeugt aufgrund der individuellen Konfiguration der Konverter recht große und umfangreiche Konfigurationsdateien sowie einen entsprechenden IP-Adressenbedarf.

Eine weitere Besonderheit im Audio ist die Bandbreitenbeschränkung bei der Anbindung des Audiomischpultsystems an die beiden IP-Router. Auf Seiten des Audiomischpultsystems steht dafür nur eine begrenzte Zahl an 1 Gig IP-Ports zur Verfügung. In diese Schnittstellen können nur eine begrenzte Anzahl von Audiostreams hineingepackt werden. Jeder Stream wiederum besteht aus acht Monospuren, von denen gegebenenfalls nur zwei genutzt werden. Die übrigen sechs Monospuren bleiben ungenutzt. Um dies effizienter zu gestalten, werden auf den SDI- nach IP-Konvertern sogenannte Audio-Kombikreuzschienen konfiguriert. Diese Kombikreuzschienen verbinden in einem SMPTE ST 2110-Audiostream bis zu acht verschiedene Monospuren zu sogenannten Kombi-Streams und erhöhen damit die Anzahl der am Tonmischpult verwendbaren Audiosignale um ein Vielfaches. Es liegt auf der Hand, dass die Konfigurationen in den daran beteiligten Systemkomponenten die Ansteuerung der Monokanäle ermöglichen und das Steuersystem dies auch abbilden muss. Die



Abbildung 2: Bildregie A und Slomo 1-4



Abbildung 3: Bildtechnik

Taktbasis für das gesamte IP-System wird durch zwei Evertz-Taktgeneratoren gelegt, die die PTP-Zeitreferenz gemäß SMPTE ST 2110-10 erzeugen. Per Konfiguration des entsprechenden Parameters sind diese beiden Geräte als Main und Backup die PTP-Grandmaster im Fahrzeug und stellen außerdem auch den immer noch notwendigen Blackburst zur Verfügung, der natürlich synchron zum PTP sein muss. Viele praktische Herausforderungen im IP-Umfeld hängen mit dem PTP und der Konfiguration von Grandmaster und seinem Backup-Szenario zusammen. Es muss durch entsprechende Konfigurationen verhindert werden, dass sich andere Geräte zum PTP Grandmaster „aufschwingen“ und das System „aus dem Takt bringen“. Der PTP verfügt über wesentliche Parameter, die entsprechend exakt konfiguriert werden müssen, um Bild und Tonsignal optimal verteilen zu können. Die Taktgeneratoren werden im FÜ01 ebenfalls dazu verwendet, die Testsignale für Bild und Ton als SMPTE ST 2110-Streams zu erzeugen und über die IP-Router verteilbar zu machen.

### Einsatz und Anbindung der Devices

Im Zuge der Implementierung der IP-Technologie in Broadcastgeräten setzen die Entwickler vermehrt auf „Software Defined Hardware“. Dies erhöht natürlich die Flexibilität, aber bei der praktischen Umsetzung auch den Konfigurationsaufwand. Die Planungsaufgabe umfasst daher nicht nur die Verkabelungsplanung, sondern in viel größerem Umfang die Vorgabe und Dokumentation der Konfigurationen. Es ist ein enger Informationsaustausch mit den Produktlieferanten erforderlich, um herauszufinden, wie das Gerät am sinnvollsten genutzt und im System eingebunden werden kann. Hinzu kommt, dass sich der Leistungsumfang stetig ändert und erweitert. Im Zuge des Projektes wurde das Planungsteam immer wieder mit neuen Firmwarereleases konfrontiert, die die Möglichkeiten der Geräte erweitert, aber auch immer wieder Entwicklungs- und Konfigurationsanpassungen notwendig machten. „Manage the Change“ beschreibt das recht passend. Allerdings war es zur Sicherstellung einer termingerechten Auslieferung des Ü-Wagens zu einem bestimmten Zeitpunkt notwendig, ein Design-Freeze vorzunehmen und nur noch Änderungen zuzulassen, die wirklich notwendige

Features, wie beispielsweise Havarie-Handling gemäß 2022-7, einführen.

Prinzipiell kommen im Fahrzeug zwei verschiedene Arten von Devices zum Einsatz. Auf der einen Seite Devices, die bereits über IP-Schnittstellen verfügen. Diese sind über ihre IP-Schnittstellen redundant direkt an die beiden IP-Router angeschlossen und transportieren ihre Video- und Audioinhalte nur noch über IP. Das sind:

- Videomischer Sony XVS 7000
- Slomoserver EVS XT-VIA
- Monitore SonoVTS QDP Serie
- Audiomischer/-kreuzschiene Lawo MC mit Nova 73
- Testsignal- und Taktgenerator Evertz 5700 MSC
- Messgerät Tektronix Prism
- Messgerät TSL PAM2-IP-3G
- IP nach HDMI Konverter AJA IPR-10G2-HDMI
- Multiviewer Lawo DMV

Auf der anderen Seite verfügen einige Komponenten noch nicht über die benötigten IP-Schnittstellen. Damit sie ebenfalls ins System eingebunden werden können, werden ihre Video- und Audiosignale über „IP- nach SDI Embedded-Konverter“ (und umgekehrt) der Firma Lawo vom Typ C-100 konvertiert. Diese Konverter wiederum sind über ihre IP-Schnittstellen redundant an die beiden Arista-Router angebunden. Zur Wandlung kommen zwei verschiedene Konverterversionen zum Einsatz. Die Version mit 18 SDI-Eingängen und zwei SDI-Ausgängen wird vorrangig zur Anbindung der Kameras und der Matchingplätze verwendet. Die zahlreich eingesetzte Konverterversion mit zehn SDI-Ausgängen und zehn SDI-Eingängen bindet die anderen SDI-Geräte in das IP-System ein.

Die Konverter können umfassend konfiguriert werden. Dies macht sie flexibel einsetzbar, ist jedoch auch eine Herausforderung bei der Konzeptionierung und der Inbetriebnahme. Hinzu kommt die Notwendigkeit, die Konverterkonfiguration und die Ansteuerungsparameter zu dokumentieren. Die branchenüblichen AutoCAD Pläne sind die Basis dafür, reichen aber bei weitem nicht aus. Zusätzliche „Verdrahtungspläne“, Excellisten und Skripte müssen für jeden Konverter individuell entwickelt und gepflegt werden. Über die Skripte werden die Konverter einzeln konfiguriert. Für Tests oder schnelle Änderungen sind die Parameter ebenfalls über das Userinterface zugänglich und einstellbar.

Wie oben bereits erläutert, werden sich die Leistungsmerkmale der Geräte stetig weiter entwickeln und es ist damit zu rechnen, dass sich die Anzahl der notwendigen Konvertierungen verringert. Ob und wie das gegebenenfalls in eine Nach-/Aufrüstung des FÜ01 einfließen wird, erfordert eine Abwägung von Nutzen und Aufwand, verbunden mit einer entsprechenden Feinplanung sowie ausreichend dimensionierten Systemintegrationstests.

### Netzwerke

Schwerpunkt der Signalverteilung sind nicht mehr die in der SDI-Technologie üblichen Kreuzschienen, sondern ein Media-Netzwerk, das durch ein Management-Netzwerk ergänzt wird. Herzstück des Media-Netzwerks sind zwei Arista-Router vom Typ 7504 mit maximal 110 40G/100G Ports sowie 48 1G Ports. Die beiden Router sind als 1:1-Redundanz im Sinne von SMPTE ST 2022-7 konzipiert und die Routen werden durch den Orchestration Layer (BFE KSC SILKNET SDN Layer) verwaltet. Für jeden Port kann man individuell festlegen, ob ein

40G- oder ein 100G-SFP verwendet wird. Das heißt in der Praxis, dass die Möglichkeiten des angeschlossenen Gerätes die Bandbreite des Routerports bestimmt. Es kommen 81x 40Gig- und 29x 100G-Ports zum Einsatz. Im Ausblick auf UHD als Videoformat ist es wünschenswert, dass in der Zukunft vermehrt die Verwendung von 100G-Ports möglich ist. Verschiedene Hersteller haben das bereits auf der Roadmap, da aber für den FÜ01 ein Design-Freeze notwendig war, bleibt diese Verbesserung den zukünftigen Update-Zyklen vorbehalten. Die 1G-Ports werden hauptsächlich für die Anbindung des Audiomischpultsystems verwendet.

Auf den IP-Routern ist ein Layer 3-Netzwerk konfiguriert. Die Ausnahme stellt der Lawo-Multiviewer DMV-64 dar. Dieser besteht aus 13 C-100-Karten, die zusammen einen Multiviewer-Verbund ergeben. Die Verteilung der Multiviewer-PIPs innerhalb dieses Verbundes erfolgt über Layer 2 und ist konfiguratorisch auf den beiden Routern als separates VLAN abgebildet.

Die Managementaufgaben im Fahrzeug werden durch ein umfangreiches Cisco Management-Router-Netzwerk wahrgenommen. Es besteht aus acht gestackten Switchen mit insgesamt 384 Ports, die in verschiedene VLANs aufgeteilt sind. Jedes Device, das für Signalverteilung über SMPTE ST 2110 benutzt wird, benötigt auch einen Management-Port, um dem Steuerungssystem die entsprechende Konnektivität zu bieten.

Die Konfiguration, Verwaltung und Nutzung dieser Netzwerke erfordern die Vergabe und das Management einer großen Menge von Multicast- und Management-IP-Adressen. Dies war zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme ein manueller Prozess. Ebenso aufwendig war die individuelle Konfiguration der Devices. In vielen Geräten mussten die IP-Adressen manuell eingetragen werden, sowohl auf Seiten des Gerätes als auch auf Seiten der Steuerungs- und Monitoringsysteme. Hier sind die Hersteller gefordert, durch Implementierung des NMOS-Standards die Konfiguration zu vereinfachen.

### Steuerung und Orchestrierung

Damit die im Broadcastbetrieb erforderlichen Steuerungsfunktionen und die Signalisierung von Tally sowie Labels auch im IP-Umfeld wie gewohnt nutzbar sind, wird das Steuerungs- und Monitoringsystem KSC CORE der Firma BFE eingesetzt. Er bindet die Hardware-Bediengeräte an, stellt die graphischen GFX-Benutzeroberflächen auf den Tablets bereit, verwaltet die realen und virtuellen GPI/Os, übernimmt die Tally-Signalisierung mit Rot-, Grün- und Gelb-Tally sowie die Label-Verteilung. Die IP-Schicht wird vom Broadcast SDN Controller KSC Silknet orchestriert, der als Dienst des KSC CORE Systems fungiert und das Routing der SMPTE ST 2110-Streams übernimmt. Daher schaltet der Operator am „Kreuzschienenbedienteil“ und der GFXUnit wie gewohnt Quellen auf Senken. Er findet eine bekannte Benutzeroberfläche vor, obwohl er damit keine Video- und Audio-Kreuzschienen schaltet, sondern einen IP-Router beziehungsweise virtuelle Kreuzschienen auf den SDI/IP-Konvertern.

### System-Monitoring

Mittlerweile ist das System Monitoring ein elementarer Bestandteil in der neuen IP-Technologie geworden. Einfache Problemanalyse wie testweises Umstecken von den „grünen“ Kabeln auf andere Ein- oder Ausgänge ist nicht möglich, da keine dedizierten Punkt-zu-Punkt-Verbin-

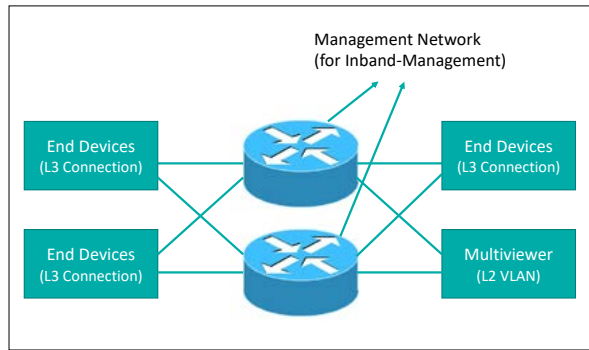


Abbildung 4: Media-Netzwerk

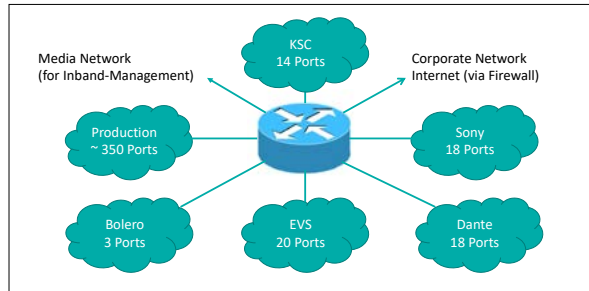


Abbildung 5: Management-Netzwerk

dungen mehr existieren. Vielmehr ist zu prüfen, ob die Multicastadresse des Senders, die Route zum Empfänger durch das Netzwerk und der Sender die richtige Multicastadresse verwenden. Die Überwachung und Aufzeichnung von Status- und Performancedaten von Servern, Broadcast-Equipment, Switchen und einzelnen Diensten ist somit nur noch ein Teil der Herausforderung. Das frühzeitige und proaktive Benachrichtigen im Fehlerfall, um Ausfälle zu vermeiden und den Betrieb sicherzustellen, ist wichtig.

Im FÜ01 ist das Monitoringsystem KSC SinAlarm von BFE implementiert. Das Monitoringsystem ist als hochverfügbares Clustersystem mit automatischem Failover konfiguriert und stellt alle gesammelten Daten übersichtlich auf der Monitoring-Webseite dar. Die eigentliche Herausforderung im FÜ01 bestand darin, die verschiedenen Dienste (PTP, Flows, etc.) gesamtheitlich zu monitoren und auswertbar zu machen. Die Beziehungen dieser Dienste untereinander werden über logische Operatoren als Gesamtservice dargestellt. Im Laufe der Inbetriebnahme und der ersten Betriebswochen hat sich gezeigt, dass die folgenden Features im FÜ01 notwendig sind. Sie wurden entsprechend implementiert:

- Die aktuelle Systemkonfiguration wird überwacht. Eine Fehlkonfiguration beispielsweise auf dem

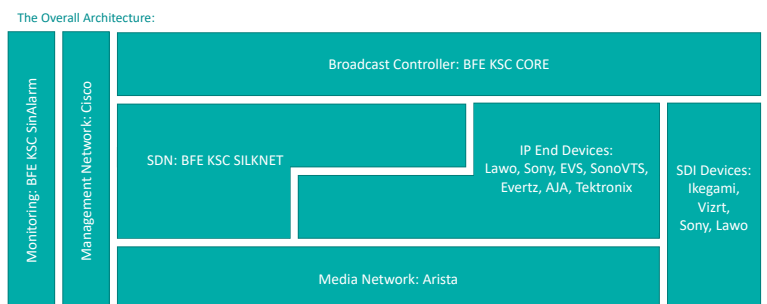


Abbildung 6: Steuerungsebenen

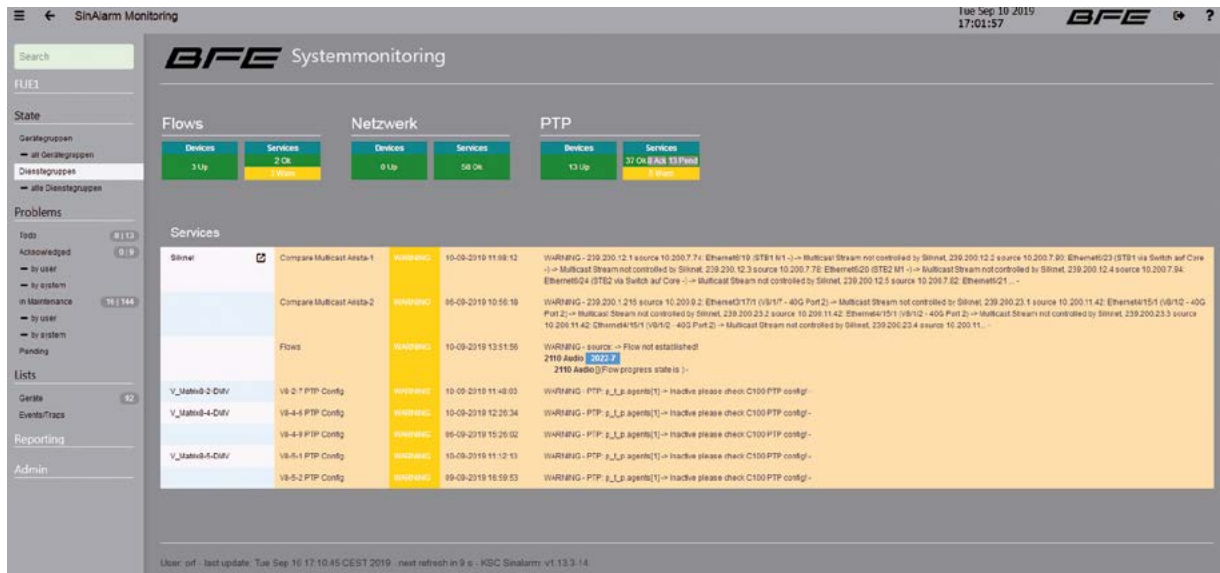


Abbildung 7:  
KSC SinAlarm  
GUI Dienst-  
gruppen

PTP-Grandmaster, ausgelöst durch Einspielen einer neuen Firmware oder eine versehentliche Fehlkonfiguration, kann schnell zu Sendestörungen führen. Das Monitoringsystem prüft daher regelmäßig auf Konfigurationsänderungen.

- Es sollen nur Flows im Netzwerk vorhanden sein, die durch den Orchestrator geschaltet werden. KSC SinAlarm korreliert die Daten des Steuersystems mit den tatsächlichen vorhandenen Flows auf dem Switchen.
- Die Anzeige der gefundenen Flows soll zusätzlich zu der Multicast-Adresse auch den im Steuersystem konfigurierten Namen erhalten. Dies erleichtert die Fehlersuche erheblich. Daher fügt KSC SinAlarm die Labels aus dem Steuersystem und Switches hinzu.
- Die Überwachung der PTP-Kommunikation ist notwendig. Alle Delay Request Messages pro Gerät werden überwacht. Bleibt die Meldung aus, liegt ein Problem in der PTP-Synchronisation vor.
- Die Performancedaten der Ports und Flows werden gesammelt, ausgewertet und grafisch dargestellt.
- Ausgeschaltete Geräte sollen nicht überwacht werden und damit Fehlermeldungen erzeugen. Dies erhöht die Übersichtlichkeit. Um das zu erreichen, kommuniziert das Monitoringsystem direkt mit der SPS.
- KSC SinAlarm analysiert und wertet die Logdaten aus.
- Der Ein-/Ausschaltvorgang des Fahrzeuges wird vereinfacht, überwacht und angezeigt.
- Zusätzlich zum Systemmonitoring erlauben neue Messtechnikgeräte, wie das im Fahrzeug verwendete Tektronix Prism oder das TSL PAM2IP, die Analyse von SMPTE 2110-Streams oder PTP-Parametern und helfen so bei der Ursachensuche.

### Fahrzeug Ein-/Ausschaltvorgang

Das Ausschalten des Fahrzeuges ist aufgrund der vielen IT-Systeme sehr aufwendig. Systemzustände und Konfigurationen werden gespeichert bevor alle Systeme kontrolliert heruntergefahren werden und bevor der Strom abgeschaltet wird.

Fast noch wichtiger als das geregelte Herunterfahren ist der geregelte Einschaltprozess des Ü-Wagens. Die Router und Geräte müssen in einer bestimmten Abfolge gestartet werden, um Probleme bei der Initialisierung und

Kommunikation der Systeme untereinander zu verhindern. Dazu gibt es einen über die Stromeinschaltung gesteuerten Ablauf. Um den Operator zu entlasten und einen reibungslosen Ablauf der Abschaltung zu gewährleisten, wird der Vorgang automatisiert durch das KSC SinAlarm-System gesteuert, das heißt durch das Monitoring-System vereinfacht, überwacht und angezeigt. Hierzu initiiert der Operator den Shutdown über die KSC SinAlarm-Webseite und die Systeme werden automatisiert heruntergefahren. Auch der Einschaltvorgang wird durch die KSC SinAlarm-SPS-Kommunikation entsprechend überwacht.

### Redundanz und Havarie

Das grundlegende Redundanzprinzip wird durch SMPTE ST 2022-7 definiert. Alle Devices, die dazu in der Lage sind, sind mit zwei Netzwerkschnittstellen verkabelt. Schnittstelle 1 geht auf Router 1, Schnittstelle 2 auf Router 2. Auf beiden Schnittstellen werden SMPTE ST 2110-Streams mit derselben IP-Adresse verwendet, die beiden IP-Router sind nicht miteinander verbunden und bilden so zwei parallele separate Routing-Instanzen. Das Steuersystem „schaltet“ die beiden IP-Router identisch und sorgt so dafür, dass die Streams des größten Teils der Geräte bei Ausfall eines Routers parallel auf dem anderen Router zur Verfügung stehen. Das empfangende Device kann somit immer einen gültigen Stream gemäß SMPTE ST 2022-7 verwenden.

### Fazit

Der FÜ01 des ORF ist ein IP Ü-Wagen, der erfolgreich bei Sportproduktionen eingesetzt wird und prinzipiell genauso wie ein Ü-Wagen auf SDI-Basis bedienbar ist. Die neue Technologie stellt bei Planung und Inbetriebnahme vor neue Herausforderungen, die durch andere Herangehensweisen beherrscht werden. Die neuen Systemkomponenten können flexibler eingesetzt werden, erfordern aber auch weitaus mehr Konfigurations- und Testaufwand. Steuerung, Orchestrierung und Monitoring gewinnen für die bestimmungsgemäße Funktion noch größere Bedeutung. ➤

# IP OB van for sports productions

The new FÜ01 OB van, ORF's first IP-based mobile production facility, is designed for production of sports, entertainment and music events. Video and audio signals in the ORF FÜ01 get distributed over IP following the standards for SMPTE ST 2110, SMPTE ST 2022-7 and AES 67. The heart of the system architecture comprises two IP switches configured for 1:1 redundancy. Devices with IP interfaces are directly and redundantly connected to these switches to transport video and audio content over IP. For devices not having IP interfaces, embedded IP to SDI (and SDI to IP) converters are used. A broadcast SDN controller and an integrated monitoring system ensure that the control functions and signaling required in broadcast operations can also be used in the IP environment as usual.

## Purpose and scope of the project

The main purpose of the project is transmission of sports events, particularly winter sports, but also election broadcasts, entertainment productions and high-quality classical music productions. The FÜ01 was used for the first time in the 2019/2020 Austrian winter sports season to broadcast the Biathlon World Cup from Hochfilzen, the Nordic Combined from Ramsau, the Four Hills Tournament in Bischofshofen and the FIS Alpine Ski World Cup in Kitzbühel.

The FÜ01 is an outstanding vehicle because of its use of state-of-the-art IP technology, based on SMPTE ST 2110. The FÜ01 was designed and commissioned by BFE Studio und Medien Systeme for ORF. To envision a template for large systems, a scalable approach was selected. On top of that, all new IP developments during the course of the project have been implemented, resulting in a state-of-the-art IP OB van.

ORF's goal was a cost-efficient solution including re-use of existing equipment where possible.

Der neue Ü-Wagen FÜ01 ist das erste auf IP-Basis gebaute mobile Produktionsmittel des ORF und für Sport-, Unterhaltungs- und Musikproduktionen konzipiert. Die gesamte Video- und Audiosignalverteilung im ORF FÜ01 erfolgt mittels IP-Technologie auf der Basis von SMPTE ST 2110 und SMPTE ST 2022-7 sowie AES 67. Herzstück der Systemarchitektur sind zwei IP-Router, die als 1:1-Redundanz konfiguriert sind. Devices, die über IP-Schnittstellen verfügen, sind mit diesen Schnittstellen redundant direkt an die beiden Router angeschlossen und transportieren ihre Video- und Audioinhalte nur noch über IP. Für Devices ohne eigene IP-Schnittstellen werden IP nach SDI Embedded Konverter (und umgekehrt) verwendet. Ein Broadcast SDN Controller sowie ein Monitoringsystem stellen sicher, dass die im Broadcastbetrieb erforderlichen Steuerungsfunktionen und Signalisierungen auch im IP-Umfeld wie gewohnt nutzbar sind.

Image: BFE



### HEIKO HILSS

Senior Project Engineer at  
BFE Studio und Medien Systeme

➤ [www.bfe.tv](http://www.bfe.tv)

Image: BFE



### ROLAND PAUSCHERT

Senior Solution Architect Broadcast IT at  
BFE Studio und Medien Systeme

➤ [www.bfe.tv](http://www.bfe.tv)

Standard products were used to implement the requirements, customer-specific developments were avoided. To facilitate the broadcast operators in the transition to the new technology, as few changes as possible were made to the established workflows for sports production.

Needless to say it is possible to connect to the infrastructure of the ORF Centre. Furthermore, the new IP concept implemented is compatible with ORF's long-term IP strategy.

The main features of the IP OB van and the support and equipment truck are:

- IP OB van as semitrailer with three expansions
- Two video control rooms and two audio control rooms
- 18 wired cameras and 8 wireless cameras
- 30 channels for slow-motion recording and replay
- Signal distribution via Video over IP and Audio over IP (SMPTE ST 2110, SMPTE ST 2022-7 and AES 67)
- BFE KSC CORE broadcast control system
- BFE KSC SILKNET broadcast SDN controller
- BFE KSC SinAlarm monitoring system

- Modern design with optimized acoustics
- Support and equipment truck with multi-functional room, service area and storage

### Vehicle, space concept and cabling

The space concept of the technology vehicle is based on two video production rooms (BR-A, BR-B), a video control room (VTR or BT), a large audio control room (TR-A) and a small audio control room (TR-B) within the area of the second video control room. In the large audio control room there is a sound supervisor workstation, a workstation for a communications engineer and a workstation for an audio editor. Up to six slow-motion operators can work in parallel in video control rooms A and B. In the video control room the cameras are controlled. Opposite there is an IP director workstation and the workstation of the OB van manager. All workstations, except the pure video control room area, are equipped for multiple functions. The semitrailer has three expansions. Two are on the left side in the direction of travel, one for video control room A and one for video control room B. A third large expansion is on the right side of the vehicle.

The support and equipment truck has a multi-functional room, a service area for maintenance and minor repairs and a storage/transport area for equipment such as cameras, tripods, stage boxes, etc.

### System architecture and formats

The entire distribution of video and audio signals in the ORF FÜ01 is over IP technology based on SMPTE ST 2110 (video and audio streaming), SMPTE 2022-7 (redundancy) and AES 67 (Audio over IP and Audio over Ethernet interoperability). For synchronization and referencing PTP is used in accordance with SMPTE ST 2110-10. The video production standard currently used is 1080i50 respectively 1080p50. An extension towards UHD is possible. Audio is configured for production in Dolby 5.1 and the audio production standard is AES/EBU at 48 kHz.

Each signal is routed through the system with a SMPTE ST 2110 video stream and two SMPTE 2110 audio streams; each audio stream contains eight mono tracks. The ANC stream provided in the standard is prepared. Since this feature was not yet available in all devices when the project was implemented, this feature could not be used at that time. However, a first application is required in the slow-motion system and will be tested at the next scheduled update.

Handling the video stream is relatively straightforward, however audio channel management and bandwidth optimization in the audio range proved to be challenging. For configuration of the SDI to IP converters, virtual routers are created on the converters; they are switched by the control system. For each video router an audio router that is twice the size is used, since two audio streams belong to each video stream. In certain constellations it is even necessary to switch the 16 mono audio tracks individually. This is reflected in the referencing of the audio channels by the control system and generates – due to the individual configuration of the converters – quite large and extensive configuration files as well as a corresponding IP address requirement.

Another specialty in audio is the bandwidth limitation between the audio mixer system and the two IP switches. Only a limited number of 1G IP ports is available for this purpose on the audio mixer system side.



Figure 1: Video control room A and B, and audio control room A

Only a limited number of audio streams can be packed into these interfaces. Each stream again consists of eight mono tracks, of which possibly only two are used. The six mono tracks left over remain unused. To make this more efficient so-called audio-combi routers were configured within the SDI to IP converters. In one SMPTE ST 2110 audio stream, these audio-combi routers combine up to eight different mono tracks into “audio-combi streams” and thus increase multiple times the number of audio signals that can be used on an audio mixer. Obviously, the configurations in the participating system components enable activation of the mono channels. The control system must also map this situation. The time reference for the entire IP system is set by two Evertz clock generators that generate the PTP time reference in accordance with SMPTE ST 2110-10. By configuration of the appropriate parameters, these two devices act as main and backup PTP grandmasters in the vehicle providing also black burst, synchronized with the PTP in the IP environment. Many practical challenges are associated with the PTP configuration of grandmaster and backup scenarios. Appropriate configurations must be made to prevent other devices from “appointing” themselves as PTP grandmaster and “taking the system out of sync”. The



Figure 2: Video control room A and slomo 1-4



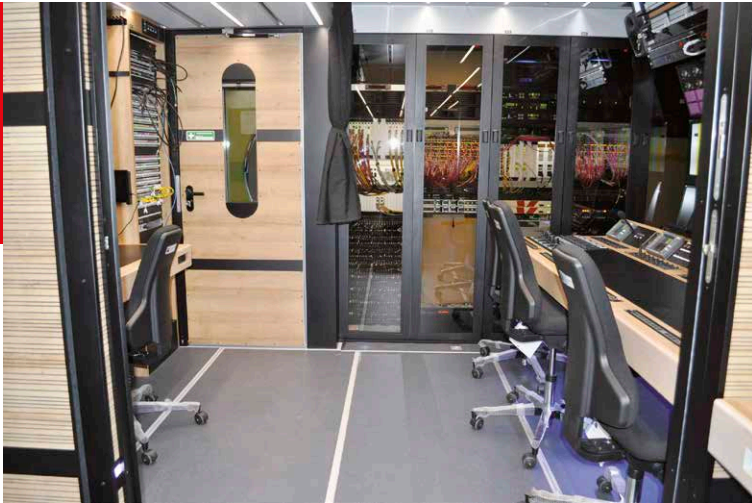


Figure 3: Video control room

PTP has essential parameters, which accordingly must be precisely configured to enable optimal distribution of video and audio signals. In the FÜ01 the clock generators are also used to generate the test signals for video and audio as SMPTE ST 2110 streams to enable distributable via the IP switches.

### Use and connection of the devices

In the course of implementing the IP technology in broadcast devices the developers increasingly relied on “software-defined hardware” (SDH). Obviously SDH increases flexibility, but when implementing these it increases the configuration effort substantially. Consequently, planning tasks not only include planning the cabling, to a much greater extent they also include specification and documentation of the configurations. Close collaboration with the product suppliers is required to find out the optimal use and integration of their devices into the system. In addition, as a consequence of the ongoing technological change, the functional range of the services is continuously expanding. As the project progressed, the planning team was repeatedly faced with new firmware releases that extended the capabilities of the devices, which made repeatedly development and configuration adjustments necessary. The phrase “manage the change” aptly describes the situation. To ensure on-schedule delivery of the OB van, it was necessary to freeze the design at a specific point in time and only allow changes, which introduced features that were really necessary, such as emergency handling in accordance with 2022-7.

Essentially, there are two different types of devices that are used in the vehicle. On the one hand, devices that already have IP interfaces. Through their IP interfaces, these devices are redundantly connected to the two IP switches and transport their video and audio content only via IP. Devices that already have IP interfaces are:

- Sony XVS 7000 video mixer
- EVS XT-VIA slomo servers
- SonoVTS QDP series monitors
- Lawo MC audio mixer/crossbar with Nova 73 router
- Evertz 5700 MSC test signal and clock generators
- Tektronix Prism measuring device
- TSL PAM2-IP-3G measuring device
- AJA IPR-10G2-HDMI IP to HDMI converters
- Lawo DMV multiviewer

On the other hand, there are several components that did not yet have the required IP interfaces. For these components to likewise be integrated into the system, their video and audio signals are converted by the Lawo C-100 “IP to SDI (and SDI to IP) embedded converters”. These converters, in turn, are redundantly connected to the two Arista switches via their IP interfaces. Two different converter versions are used for conversion. The version with 18 SDI inputs and two SDI outputs is used primarily for connection of the cameras and the matching stations. The widely used converter version with ten SDI outputs and ten SDI inputs integrates the other SDI devices into the IP system.

The converters can be comprehensively configured. This enables flexible use of these converters; however it also presents a challenge in terms of conceptual planning and commissioning. Moreover, there is the necessity of documenting the converter configuration and the activation parameters. The industry standard AutoCAD plans usually used are by no means sufficient for this task. Additional “wiring plans”, Excel lists and scripts must be developed and maintained for each converter individually. The converters are configured one-by-one via the scripts. For tests or fast changes, likewise the parameters are accessible and adjustable via the user interface.

As explained above, the performance features of the devices will continue to evolve and it is expected that the number of necessary conversions will decrease. Whether and how this may be incorporated in a retrofit/update of the FÜ01, requires a weighing of benefits and effort, in conjunction with appropriate detailed planning, as well as adequately dimensioned system integration tests.

### Networks

The key priority of signal distribution is no longer the usual router functionality like in SDI, but a media network supplemented by a management network. The heart of the media network comprises two Arista type 7504 switches with a maximum of 110 40G/100G ports and 48 1G ports. The two switches are designed with 1:1 redundancy as per SMPTE ST 2022-7 and are managed by the orchestration layer (BFE KSC SILKNET SDN layer). For each port individually one can specify whether a 40G or 100G SFP will be used. In practice this means that the possibilities of the connected device determine the bandwidth of the port. The system uses 81x 40 gig ports and 29x 100 gig ports. Looking ahead to UHD as video format, it is more than desirable to have the ability to increasingly use 100G ports. Various manufacturers already have UHD on their roadmap. Due to the need for a design freeze, this improvement remains reserved for future update cycles. The 1G ports are used primarily for connection of the audio mixer system.

A layer 3 network is configured on the switches, except for the Lawo DMV-64 multiviewer. This multiviewer consists of 13 C-100 boards, which result in a large multiviewer network. The distribution of multiviewer PIPs within this multiviewer network is done via layer 2 and is configured on the two switches as a separate VLAN.

Management tasks in the vehicle are handled by an extensive Cisco management network. It consists of eight stacked switches with a total of 384 ports that are divided into different VLANs. Each device that is used for signal distribution via SMPTE ST 2110, also requires a management port, in order to offer the appropriate connectivity to the control system.

Configuration, administration and use of these networks require the assignment and management of a large quantity of multicast IP addresses and management IP addresses. When the OB van was commissioned this was a manual process. Likewise, the individual configuration of the devices was complex. In many devices the IP addresses had to be entered manually, both on the device side and on the control and monitoring systems side. In this regard the manufacturers are strongly requested to simplify configuration works through implementing the NMOS standards.

**Control and orchestration**

BFE's KSC CORE control and monitoring system is used to ensure that the usual control functions required in broadcast operation, including tally and labels can be used in the IP environment. KSC CORE connects the hardware operating devices, provides the graphic GFX user interfaces on the tablets, manages the real and virtual GPI/Os, takes over the tally signaling with red, green and yellow tally, and label distribution. The IP layer is orchestrated by the broadcast SDN controller KSC SILKNET. KSC SILKNET functions as a service of KSC CORE and takes over the routing of the SMPTE ST 2110 streams. Consequently, the operator switches on the "router control panel" and the GFX unit switches sources to destinations as usual. The operator will find a familiar user interface, although in real he does not switch any video and audio with it; this function is handled by an IP switch or virtual routers on the SDI/IP converters.

**System monitoring**

System monitoring today is a fundamental component in the new IP world. Simple problem analysis, such as changing the plugs of the "green" cables to other inputs or outputs for test purposes is not possible because dedicated point-to-point connections no longer exist. Instead you must check if the multicast address of the sender is using the route to the recipient through the network and if the sender is using the right multicast address. This means that monitoring and recording status data and performance data of servers, broadcast equipment, switches and individual services is just another part of the challenge. If there is a fault, early and proactive messaging is important to avoid failures and ensuring operation.

BFE's KSC SinAlarm monitoring system is implemented in the FÜO1. The monitoring system is configured as a high-availability cluster system with automatic failover and presents all collected data, clearly organized,

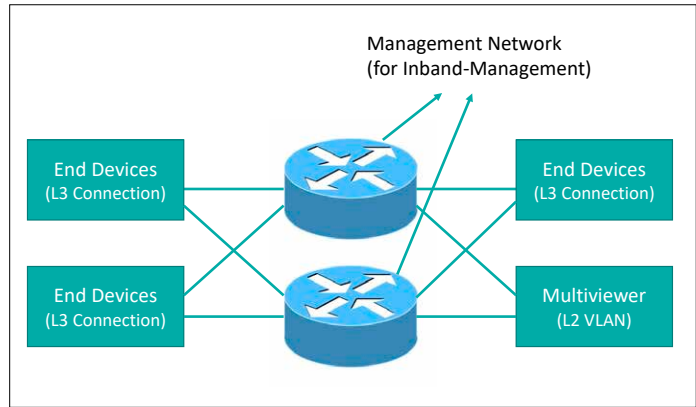


Figure 4: Media network

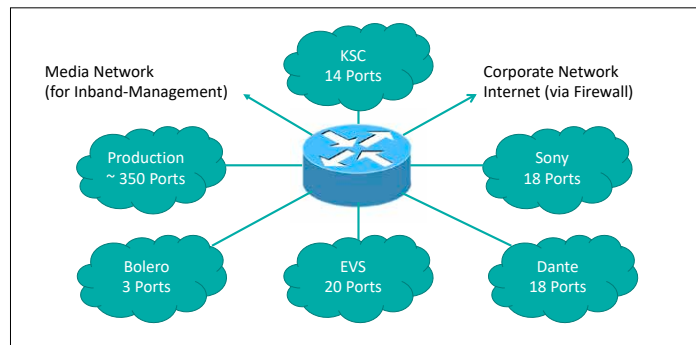


Figure 5: Management network

on the monitoring web GUI. The real challenge was to holistically monitor the various services (PTP, flows, etc.) in the FÜO1 and to allow swift and useful analysis.

The interrelationships of these services are presented as a consolidated service through logical operators. In the course of commissioning and in the first few weeks of operation it was evident that the following features in the FÜO1 are necessary. Accordingly, these features have been implemented:

- The current system configuration is monitored. A faulty configuration, for example, triggered on the PTP grandmaster by importing new firmware or an inadvertent wrong configuration, can quickly result in broadcast failures. Therefore, the monitoring system regularly checks for configuration changes.
- Only flows that are switched by the orchestrator should be present in the network. KSC SinAlarm cor-

The Overall Architecture:

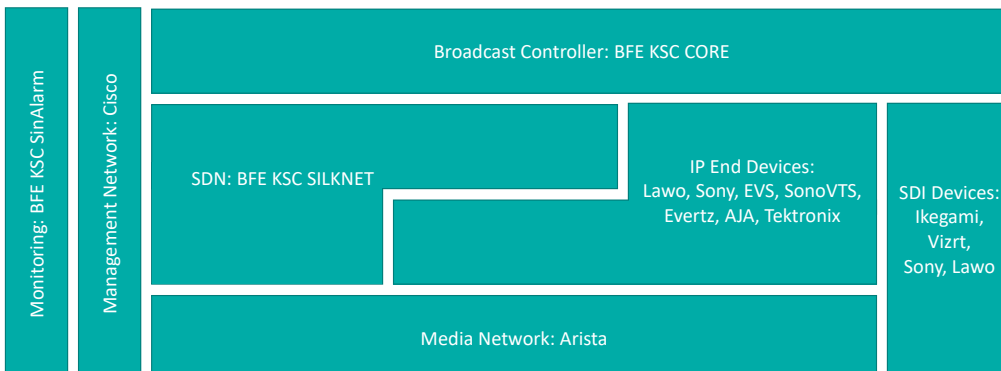


Figure 6: Control levels

