



CONVEGNO NAZIONALE
ASSOCIAZIONE ITALIANA
INGEGNERI CLINICI

NAPOLI

14-17 GIUGNO 2025
MOSTRA D'OLTREMARE



SALE OPERATORIE INTEGRATE: STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE FUTURE TRA TECNOLOGIE, DATI E PROCESSI

Evoluzione e tecnologie abilitanti

Ing. Paolo Cassoli
Ingegneria Clinica Fondazione IRCCS Ca' Granda Ospedale Maggiore
Policlinico di Milano

RELATORI
TECNOLOGIE, SOSTENIBILITÀ, AMBIENTE
Il contributo dell'innovazione alla sanità del futuro



Conflitti di interesse - disclosure

- Non ho conflitti di interesse con alcuna delle aziende fornitrici nell'ambito oggetto della relazione
- L'ospedale preso cui lavoro ha appena espletato - tra le molte procedure di gara - una specificatamente dedicata alla realizzazione dei sistemi di integrazione



Il Nuovo Policlinico

Edificio Sud

Dedicato alla Donna, alla Coppia, al Neonato e al Bambino

Area Urgenza

PS Ostetrico-Ginecologico
Soccorso Violenza Sessuale e Domestica
PS Pediatrico

Area Ginecologica

Area Maternità e Patologia della Gravidanza

"Case del parto": mini appartamenti che ricreano l'ambiente familiare

Area del Neonato e del Bambino

Terapia Intensiva Pediatrica
Terapia Intensiva Neonatale
Chirurgia Fetale

Clinica Santa Caterina (libera professione)

Disponibilità di suite dedicate

Area gioco per i bambini ricoverati



Edificio Nord

Dedicato alle attività Medico-Chirurgiche

Area Polispecialistica Medica

Per pazienti cronici e fragili e con malattie rare (specialità neurologiche, cardiovascolari, internistiche, dermatologiche, infettive)

Area Polispecialistica Chirurgica

Chirurgia Generale
Chirurgie Superspecialistiche con particolare attenzione all'area dei trapianti

Clinica Santa Caterina (libera professione)

Disponibilità di suite dedicate

Corpo Centrale

21 Sale Operatorie

Area Parto

Area Maternità e Patologia della Gravidanza

11 Sale parto di cui 3 attrezzate anche per il parto in acqua

Diagnostica per Immagini

Radiologia
Neuroradiologia
Quartiere Angiografico
Cardiologia Interventistica

Self-service restaurant

Impianti e servizi

Area convegni

Negozi

Spazi espositivi

Galleria pedonale

Giardino Terapeutico

Spazio dedicato ai pazienti

Percorsi di Riabilitazione e Terapia (Ortotapia, Yoga, Fitness)

Aperto al pubblico

Spazi protetti per bambini

Pet therapy

La struttura

Corpo Centrale: 3 piani

Edifici: 7 piani (compreso pian terreno)

Parcheggio interrato con oltre 500 posti auto

Raggiungibile con metropolitana M3 e M4

Area totale (cantiere): 23.000 mq

Giardino Terapeutico esteso: 6.000 mq circa

Rendering © Boeri Studio

Focus su un blocco operatorio



Domande iniziali



Che cosa si intende per sala operatoria integrata ?

Da quali necessità discende l'integrazione ?

Come si sono evolute negli anni tali necessità?

Due definizioni di sala operatoria integrata

www.ecri.org ■ HEALTH DEVICES September

2007

Una SO è definita INTEGRATA se esiste un controllo unico e centralizzato del routing dei segnali audio/video (AV) e di ulteriori funzionalità digitali.

Villazón DO, Cárdenas COA

Integrated operating room and technology applied to surgery

La S.O. completamente integrata costituisce una soluzione disegnata per eseguire procedure mini-invasive di tutte le specialità chirurgiche mediante un'unità di controllo digitale che include: sistemi di gestione video, stazione di controllo e documentazione, videocamera a soffitto, display digitali ad alta definizione su supporto pensile a braccia, capace di impostare centralmente i parametri di



Da dove nasce l'esigenza di integrazione delle sale operatorie ?

Da dove partivamo...



Che cosa è successo nel frattempo...

1. Il passaggio da chirurgia aperta a MIS (anche robotica)
2. Digitalizzazione dei segnali e delle informazioni disponibili in sala operatoria (esplosione dati)
3. La medicina didattica in un setting a rischio infettivo elevato deve consentire una diversa distribuzione e visualizzazione real-time delle immagini



Da dove nasce l'esigenza di integrazione

Sala operatoria
convenzionale



Elementi di progettazione:

Dimensione

Dotazione impiantistica

Destinazione clinica
(monospecialistica vs
multidisciplinare)

Classe di pulizia

Strumentazione medica

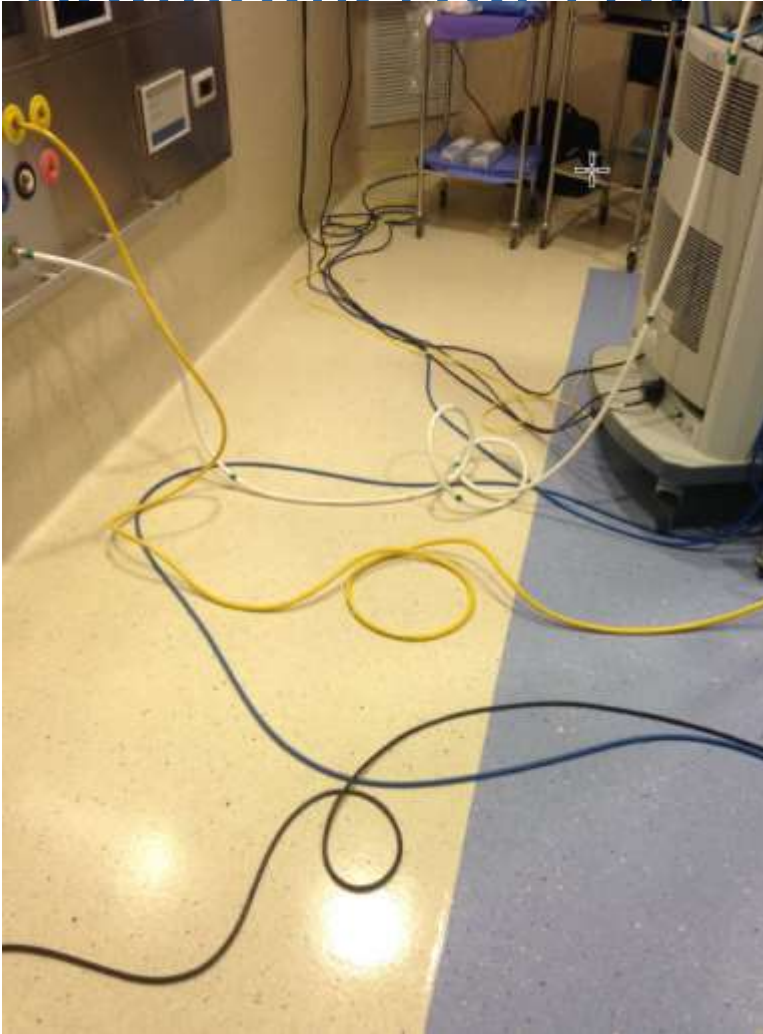
Funzionalità

Workflow



Criticità di una sala operatoria

convenzionale



- Connessioni video di tipo punto a punto
- Cavi a terra
- Sterilità ed ergonomia sacrificate
- Ridotta operatività degli operatori circolanti
- Frequente necessità di tecnico in sala
- Frustrazione
- Dipendenza reciproca tra chirurgo e posizione immagine video

Sistema di controllo unico centralizzato



Attraverso un'unica postazione (pannello touch-screen posizionato anche all'interno del campo sterile), il personale può gestire diversi sistemi riducendo la necessità di movimento del personale all'interno della sala, minimizzando le potenziali interruzioni e i rischi di



Evoluzione del concetto di sala integrata

Fine secolo scorso: Spostamento da OS a MIS – si introducono i primi sistemi di video routing che aprono la strada a vari dispositivi e sistemi all'interno della sala operatoria

Anni 2000: Nel mercato medicale e quindi nelle sale operatorie entrano le tecnologie consumer più evolute sia in termini di qualità video (HTDV) sia di capacità trasmissive.
Il mondo dei player di mercato si divide tra vendor surgical e vendor broadcast

Anni 2010: Guadagnano popolarità le tecnologie robotiche e le sale ibride che combinano tecniche chirurgiche con imaging avanzato



Livelli di integrazione

Una SO è definita INTEGRATA se esiste un controllo unico e centralizzato del routing dei segnali audio/video (AV) e di eventuali ulteriori funzionalità digitali.

A seconda della configurazione, questo controllo può permettere:

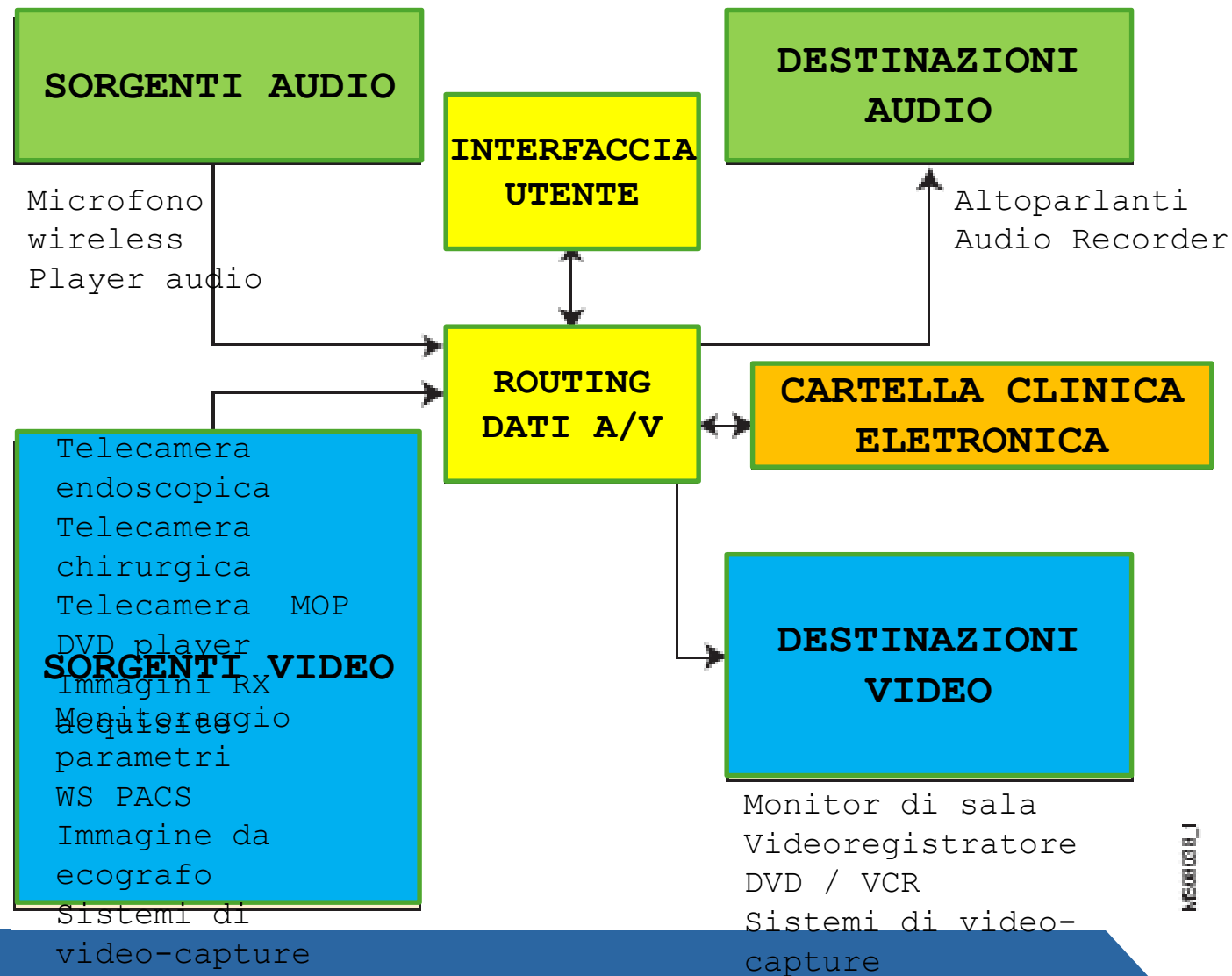
① il controllo dei segnali all'interno della S.O.

② l'invio dei segnali all'esterno della S.O.
(auditorium, sala didattica,

monitor esterno in sala infermieri, tx 2025

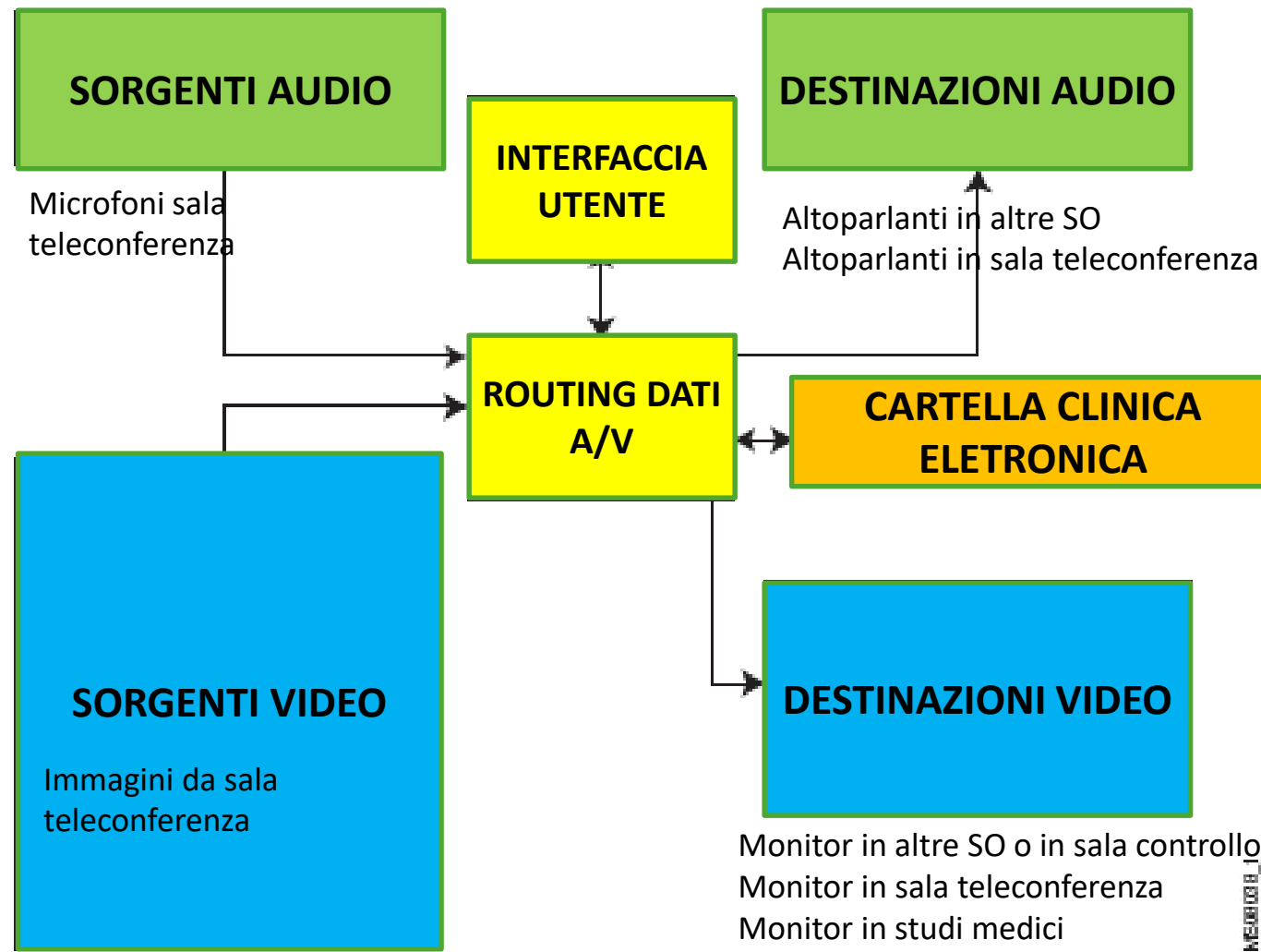


① Integrazione AV interna



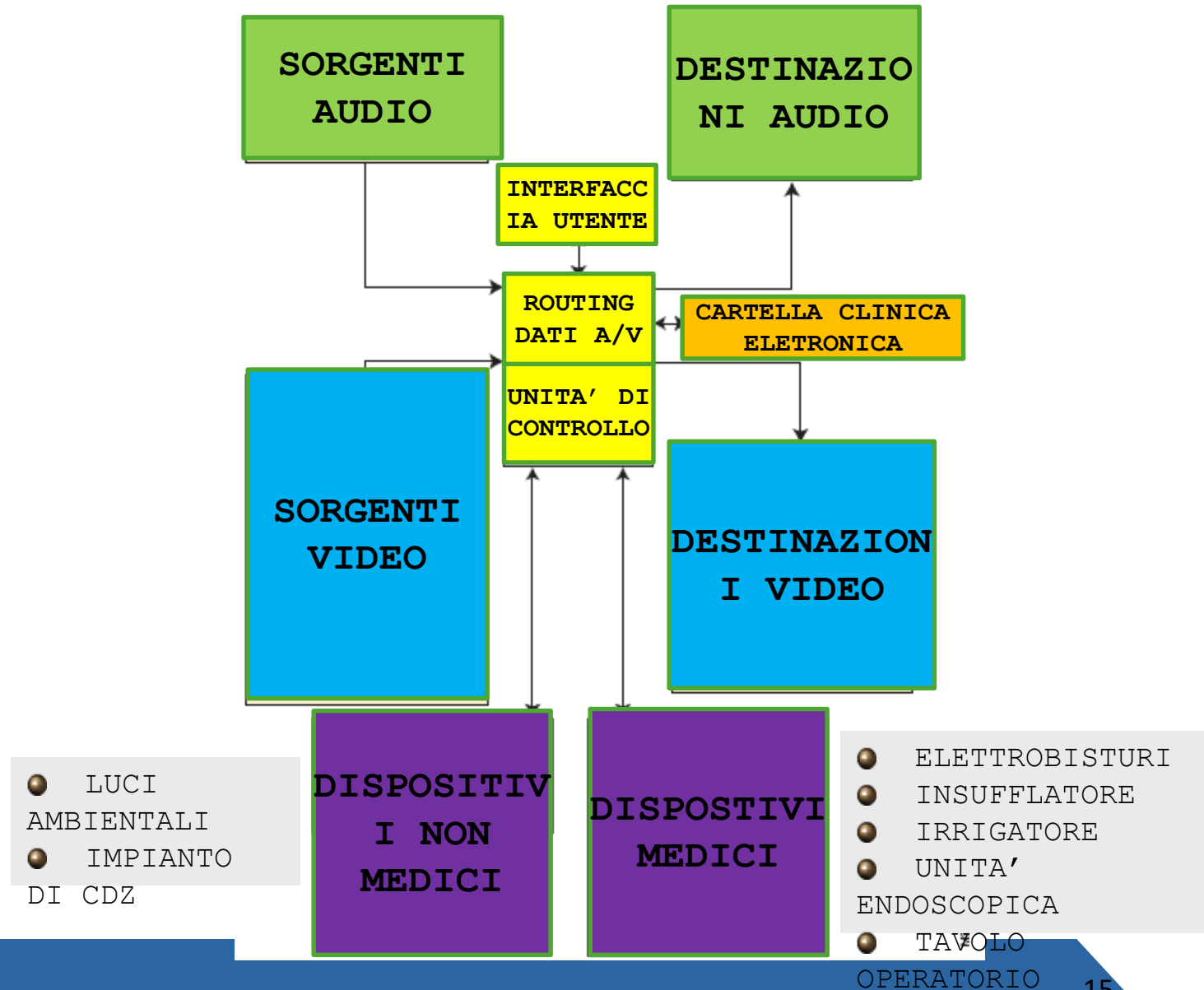
17/03/2013

② Integrazione AV verso l'esterno



AVESYSTEM

③ Controllo device



I 4 pilastri funzionali dell'integrazione di sala operatoria



**Integrazione
video**



**Integrazione
device**



**Integrazione
applicativi IT**



**Integrazione
clinico/ospedaliere**



Integrazione video

Gestione integrata dei segnali di input (sorgenti) e delle destinazioni) di varie tipologie di immagini/segnali

Deve consentire le seguenti funzionalità:

1. routing audio-video
2. registrazione digitale
3. streaming
4. videoconferenza (dove richiesto)



Integrazione video

Il cuore della gestione A/V, che permette di indirizzare qualsiasi segnale video in ingresso verso uno o più display selezionati, sia all'interno che all'esterno della sala, è il

Sistema di Routing/Switching

Video e dalla sua interfaccia. Le architetture possono essere basate su matrici di commutazione tradizionali (**matrice A/V di tipo switching**) o su reti IP (**video over-IP**)





Ulteriori componenti video da integrare

Sorgenti Video:

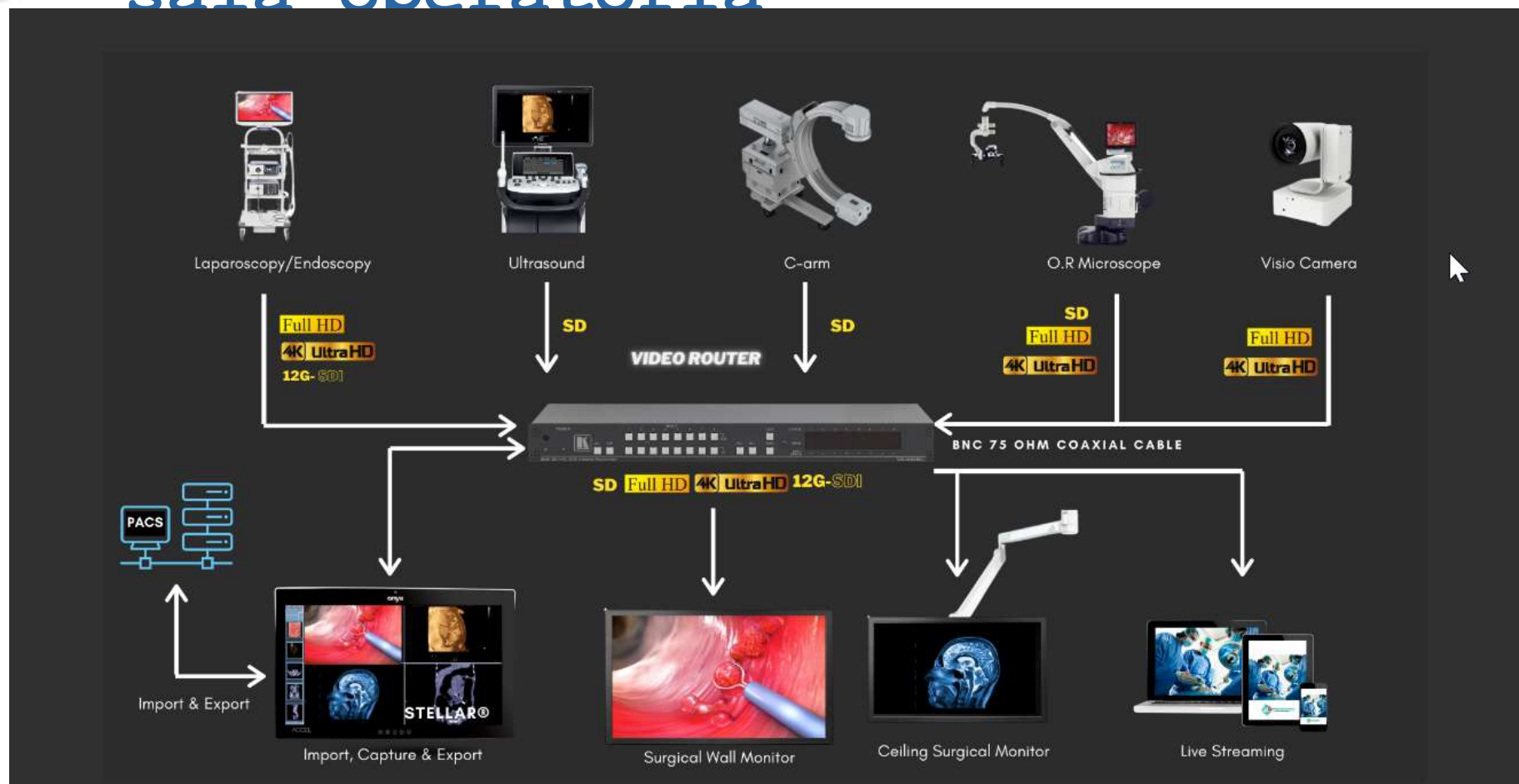
- Telecamere chirurgiche (VLS, endoscopi, esoscopi, MOP) : HD, 4K, 3D
- telecamere ambientali/di sala : HD, eventualmente 4K
- sistemi di imaging medicale (fluoroscopia, ecografia, PACS)

Nella progettazione di una sala operatoria ibrida la conoscenza dei formati è elemento di informazione di ingresso essenziale.

Nella progettazione di un blocco operatorio multispecialistico è auspicabile ma spesso di difficile disponibilità



Le diverse tipologie si segnalano in sala operatoria





Tipologie di segnali: SDI

L'SDI è lo standard de facto nato nel mondo del broadcast per la trasmissione di segnali video digitali non compressi in ambienti professionali e critici, come quello chirurgico.

- utilizza cavi coassiali terminati con connettori **BNC**
- trasporta il segnale video non compresso, fino a 16 canali di audio digitale embedded e dati ausiliari (come timecode o metadati personalizzati) su un singolo cavo.
- non usa protocollo di protezione anti-copia

Performance: capacità di trasmissione su lunghe distanze utilizzando cavi in rame e latenza intrinsecamente molto bassa

Lo standard SDI si è evoluto nel tempo per supportare risoluzioni e frame rate sempre maggiori:





Tipologie di segnali: SDI

Nome Standard	Standard SMPTE	Bitrate	Risoluzione/Frame Rate Esemplificativi
SD-SDI	SMPTE 259M	270 Mbps	480i, 576i (Definizione Standard)
HD-SDI	SMPTE 292M	1.485 Gbps	720p60, 1080i60
3G-SDI	SMPTE 424M	2.97 Gbps	1080p60 (Full HD)
6G-SDI	SMPTE ST 2081	6 Gbps	2160p30 (4K UHD)
12G-SDI	SMPTE ST 2082	12 Gbps	2160p60 (4K UHD)
24G-SDI	SMPTE ST 2083	24 Gbps	4320p30 (8K UHD)

È fondamentale per la progettazione, in quanto un segnale 4K a 60fps richiede un'infrastruttura (cavi, matrice, convertitori) compatibile 12G-SDI.



Tipologie di segnali: HDMI



Standard di connessione digitale più diffuso al mondo, presente su quasi tutti i dispositivi di elettronica di consumo e diffusi anche in ambito medicale.

Connettore standard (Tipo A) a 19 pin si basa su un meccanismo a frizione per rimanere in sede, suscettibile a disconnessioni accidentali. Sono stati quindi sviluppati connettori HDMI con meccanismi di blocco, come viti di serraggio o clip a scatto, fortemente raccomandati per le installazioni medicali e professionali.

Per segnali ad alta banda (es. 4K60), la distanza affidabile è generalmente limitata a meno di 15-20 metri, dopodiché sono necessari cavi attivi, amplificatori o extender per rigenerare il segnale.



Tipologie di segnali: DisplayPort



Standard comune nato come interfaccia digitale per sostituire i vecchi standard VGA e DVI nel mondo PC ma meno diffuso in ambito medicale tradizionale.

La sua caratteristica più distintiva è il Multi-Stream Transport (MST), che consente di pilotare più monitor indipendenti collegandoli in cascata ("daisy-chaining") a una singola porta DisplayPort della sorgente



Tipologie di segnali: standard legacy

Sulle apparecchiature più obsolete, è possibile incontrare ancora apparecchiature medicali con uscite più datate:

- **DVI (Digital Visual Interface)**: Prima interfaccia per video digitale, riconoscibile per il suo grande connettore bianco con viti di fissaggio. Non trasporta audio, connettore ingombrante.
- **VGA, Composito (BNC/RCA), S-Video**: Segnali analogici che richiedono obbligatoriamente un convertitore analogico-digitale (ADC) di alta qualità per essere integrati in un sistema digitale moderno senza una significativa perdita di qualità.



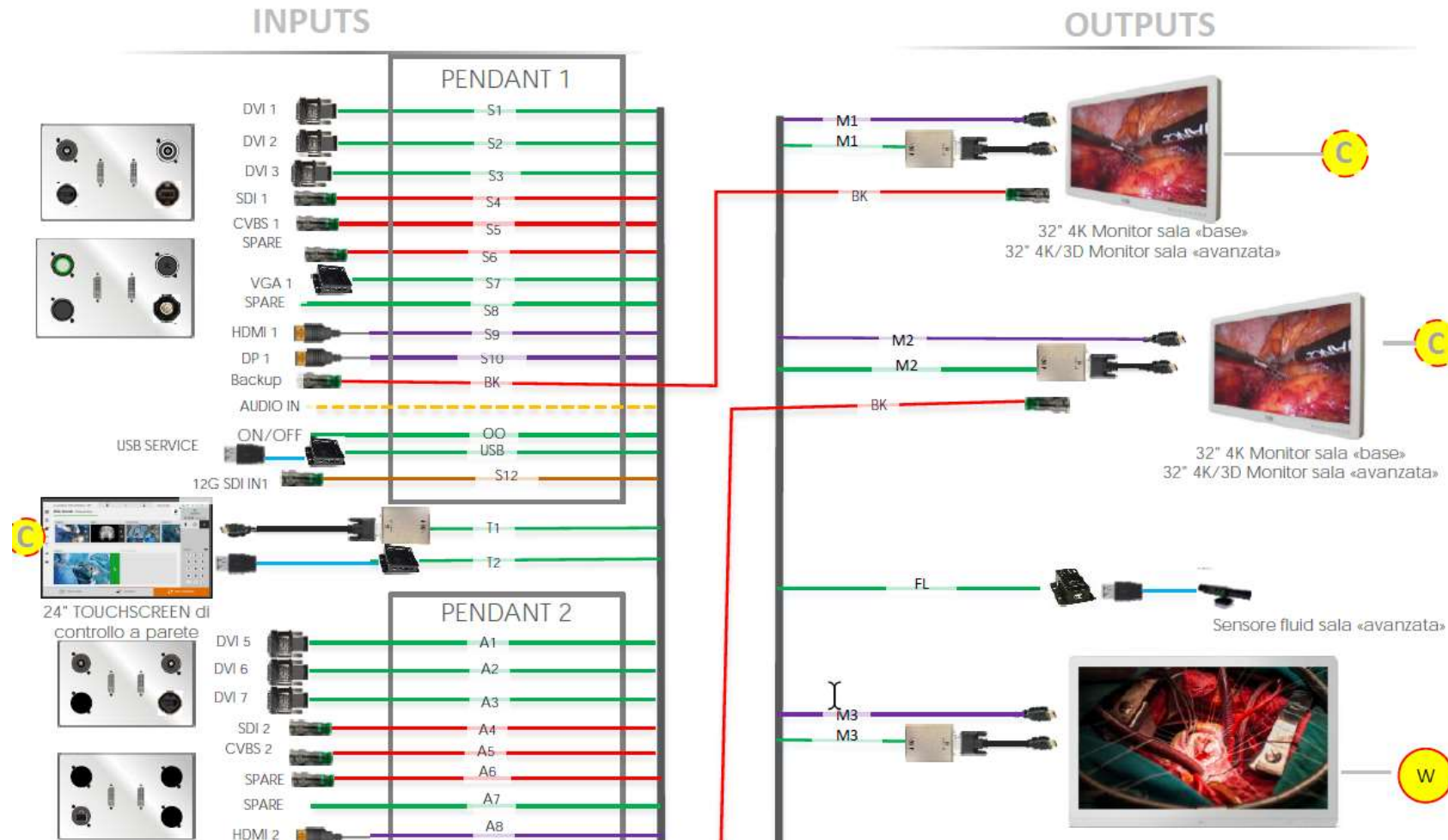


Tabella di confronto

Caratteristica	SDI (Serial Digital Interface)	HDMI (High-Definition Multimedia Interface)	DisplayPort
Uso Primario in SO	Standard professionale per telecamere, matrici	Connessione universale per monitor, sorgenti varie	Sorgenti basate su PC, monitor ad altissima risoluzione
Robustezza Connettore	Eccellente (BNC con blocco a baionetta)	Scarsa (standard), Buona (con blocco a vite/scatto)	Buona (con blocco a scatto)
Max Distanza (cavo rame)	Molto Lunga (fino a 100m per 12G)	Corta (< 20m per alta banda)	Corta (< 15m per alta banda)
Immunità a EMI	Alta (cavo coassiale schermato)	Media	Media
Trasporto Audio	Sì, embedded (fino a 16 canali)	Sì, integrato	Sì, integrato
		Bassa, ma	



Il piano di cablaggio (o «cablino plan»)





Parametri visualizzazione primaria

fondamentali

Latenza «glass.to-glass»

tempo che intercorre tra il momento in cui la telecamera acquisisce un'immagine ("primo vetro") e il momento in cui quell'immagine viene visualizzata sul monitor del chirurgo ("secondo vetro").

Idealmente deve essere inferiore al tempo intercorrente tra un fotogramma e il successivo in modo da essere impercettibile all'operatore umano: ~16 ms a 60fps

**Formato di compressione (idealmente ~~lossy~~)
dell'immagine trasmessa**

Qualità

Un segnale video 4K non compresso a 60 fotogrammi al secondo richiede una larghezza di banda di circa 12 Gigabit al secondo (Gbps).





Ulteriori componenti video da integrare

Display:

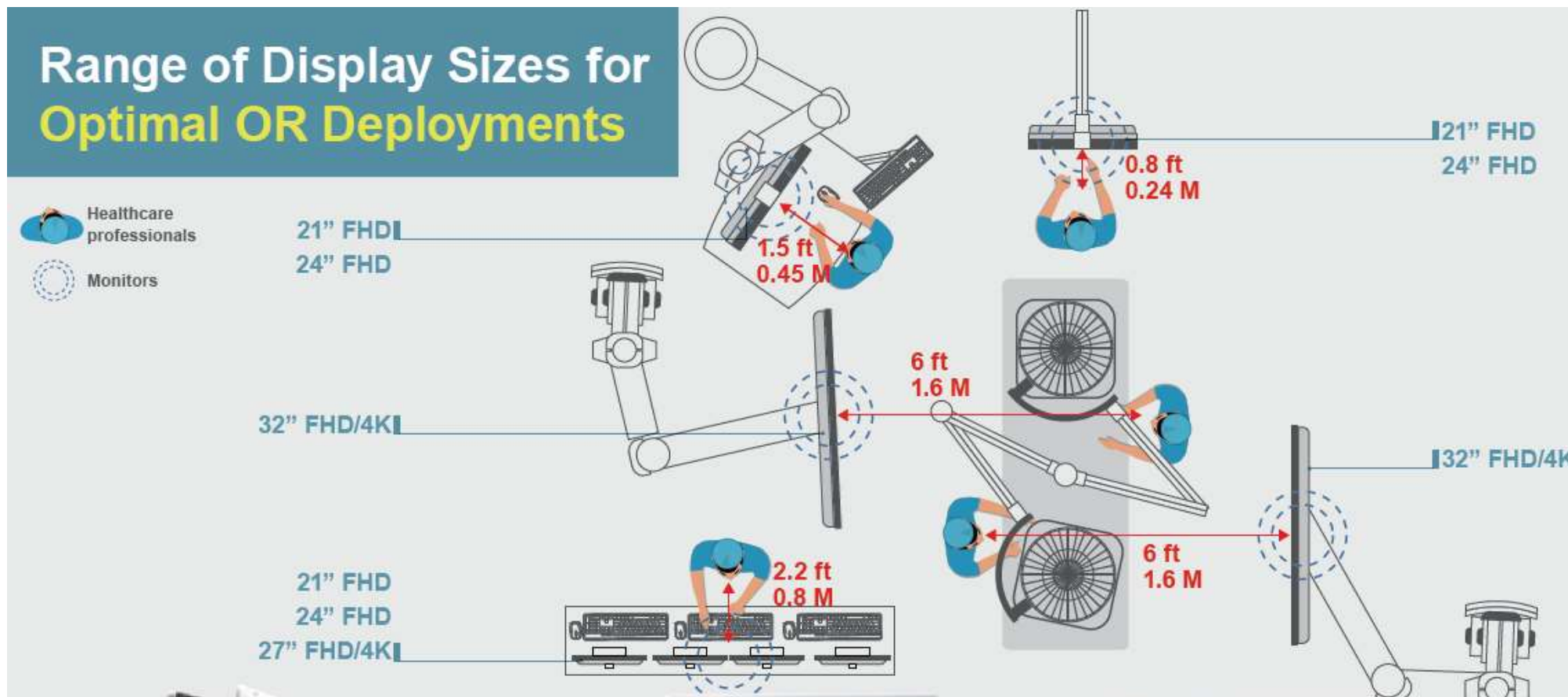
- Monitor chirurgici ad alta definizione (HD, 4K, talvolta 3D) posizionati vicino al campo operatorio in posizioni contrapposte rispetto al letto paziente
Disponibili sul mercato anche con funzione di controllo di tipo touchscreen (no 3D)
- Display di ampio formato (≥ 55 pollici) per visualizzazione di immagini e dati.

Sistemi audio





Ottimizzazione display in sala operatoria



Architetture di Integrazione A/V: Matrice vs. IP

La gestione e la distribuzione dei segnali audio/video all'interno della sala operatoria integrata sono storicamente realizzate mediante due principali architetture tecnologiche che si sono affermate per realizzare la medesima funzione di instradamento dei segnali AV da molteplici sorgenti a molteplici destinazioni :

- i sistemi basati su matrici di commutazione tradizionali (**switcher** o **digital video**)
- i sistemi basati su reti IP (**AV-over-IP**) .



Sistemi switcher (trasmissione DIGITAL VIDEO)

Cuore del Sistema: La Matrice di Commutazione Video (Video Matrix Switcher)



Dispositivo hardware con un determinato numero di ingressi fisici e uscite fisiche (es. 8x8, 16x16, 32x32).

La sua funzione è quella di creare percorsi di segnale programmabili: può instradare qualsiasi segnale in ingresso verso una qualsiasi delle uscite, o anche verso più uscite

Le connessioni tra sorgenti, matrice e destinazioni contemporaneamente (funzione di distribuzione). AV dedicati (HDMI, SDI, DVI, DisplayPort, fibra ottica per lunghe distanze) che seguono percorsi punto-punto.

Tutta la logica di commutazione risiede all'interno della



Sistemi switcher DIGITAL VIDEO)

(trasmissione

Vantaggi:

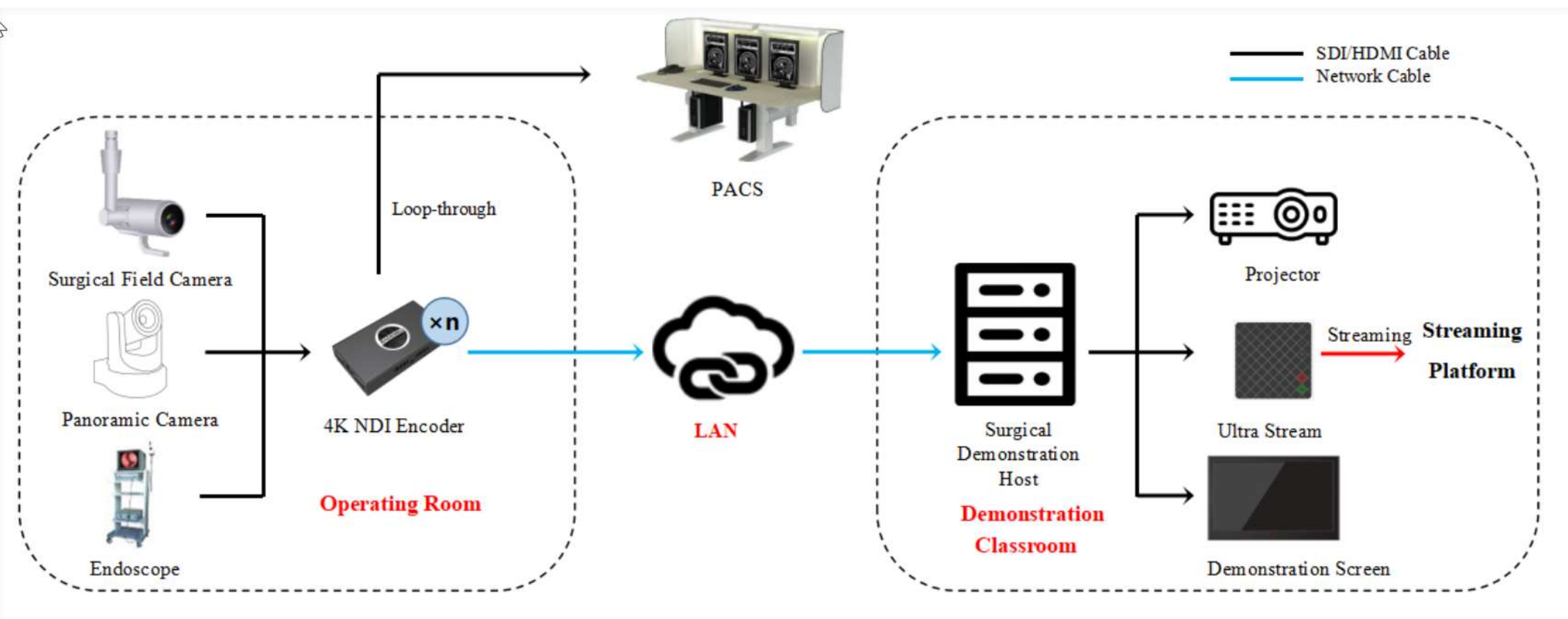
- *Latenza Bassissima*
- *Affidabilità:*
- *Semplicità Concettuale*
- *Costo Iniziale*
- *Non necessitano di encoder/decoder*
- *No alimentazione esterna per i cavi*
- *No scaling dell'immagine tra sorgente e destinazione*
- *Tecnologia consolidata nel*

Svantaggi:

- *Scalabilità Limitata*
- *Flessibilità Ridotta*
- *Limitazioni di Distanza (servono estensori)*
- *Infrastruttura Dedicata*
- *Possibili futuri importanti costi di espansione*
- *Ingombro fisico armadi rack tecnici*



Sistemi video over IP



Sistemi video over IP

Vantaggi:

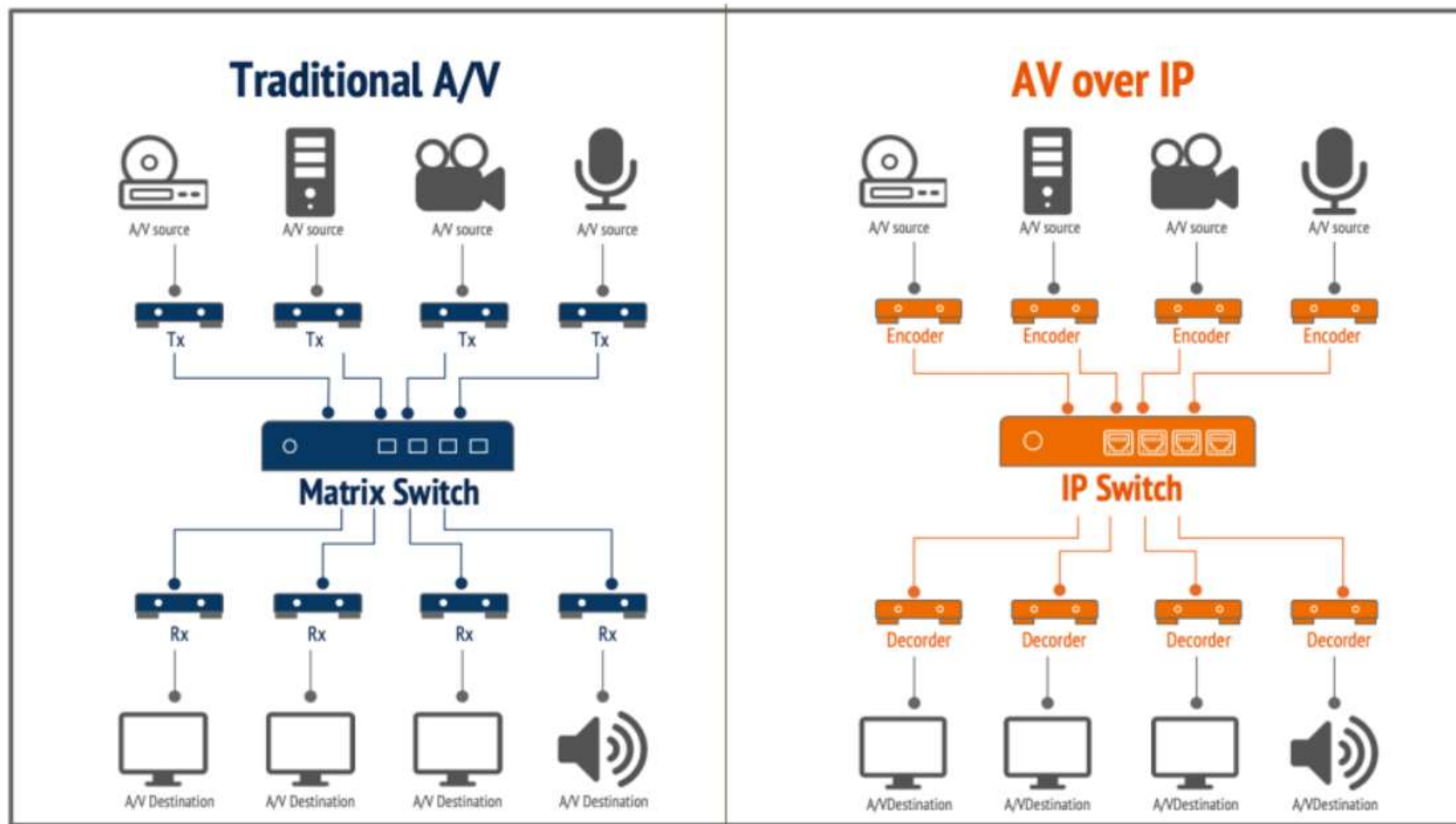
- *Scalabilità elevata*
- *Flessibilità estrema regolabile da software*
- *Superamento limiti di distanza*
- *Utilizzo infrastruttura esistente*
- *Costo a lungo termine e di espansione*
- *Convergenza AV/IT e controllo remoto*

Svantaggi:

- *Latenza (potenziale)*
- *Requisiti di rete*
- *Compressione video*
- *Costo iniziale*
- *Complessità di configurazione IT*
- *Sicurezza*



Architettura dei sistemi di cablaggio



Best practices di installazione

Percorsi Cavi:

dedicati per i cavi AV e dati separati da cavi ad alta tensione, con spazio sovradimensionato per future espansioni facilmente accessibili per manutenzioni

Cable management

Fascettature in velcro, rispetto del raggio di curvatura, cavi etichettati nelle estremità per immediata identificazione

Certificazioni e test

Richiedere test di certificazione secondo specifiche del produttore su tutti i collegamenti installati (sia rame che fibra) con rilascio documentazione parte integrante dell'accettazione






Integrazione device

CENTRALISED DEVICES CONTROL

VENTILATION

Temperature: 24°
Humidity: 12%
17.0°
+
-
+
-

OPERATING TABLES




DOORS ☒

ENDOSCOPIC EQUIPMENT

ELEPS aspirator-irrigator

Irrigation, % Measuring: 50 Setting: 50
Aspiration, % Measuring: 40 Setting: 70
AUTO
DISCARD
Power icon, Help icon, Speaker icon


SURGICAL LIGHTING



SIGNAL BOARDS

Warning signs
X-RAY
NO ENTRY
LASER

SMART GLASSES



CEILING LIGHTING

LOUVER ☐

NOTIFICATION OF ACCIDENTS

ENERGY SAVING



Integrazione device

CONTROLLO CENTRALIZZATO APPARECCHIATURE CHIRURGICHE

- centralizzazione dei comandi sterile + non sterile a parete
- replica la schermata comandi delle apparecchiature chirurgiche
- mancanza di standard di interfacciamento può porre

CONTROLLO CENTRALIZZATO ALTRI SISTEMI DI SALUTE

- ambiguità in merito all'identificazione delle apparecchiature e sistemi indipendenti
- controllate da cascate di condizionamento
- non vincolato alla scelta dei produttori
- normalmente gestito attraverso controllo





Integrazione device

① FORNITURA
"CHIAVI IN
MANO"

② FORNITURA A
LOTTI
DISGIUNTI

	VANTAGGI	SVANTAGGI
①	<ul style="list-style-type: none">• Unico interlocutore• Responsabilità definite	<ul style="list-style-type: none">• Minore flessibilità di scelta• Dipendenza da unico fornitore
②	<ul style="list-style-type: none">• Maggiore libertà di scelta• Modularità nel tempo	<ul style="list-style-type: none">• Forte coordinamento interno• Necessità integrazioni apparecchi



Integrazione applicativi IT

L'integrazione con i sistemi informativi esistenti (PACS, LIS, HIS, CCE) richiede:

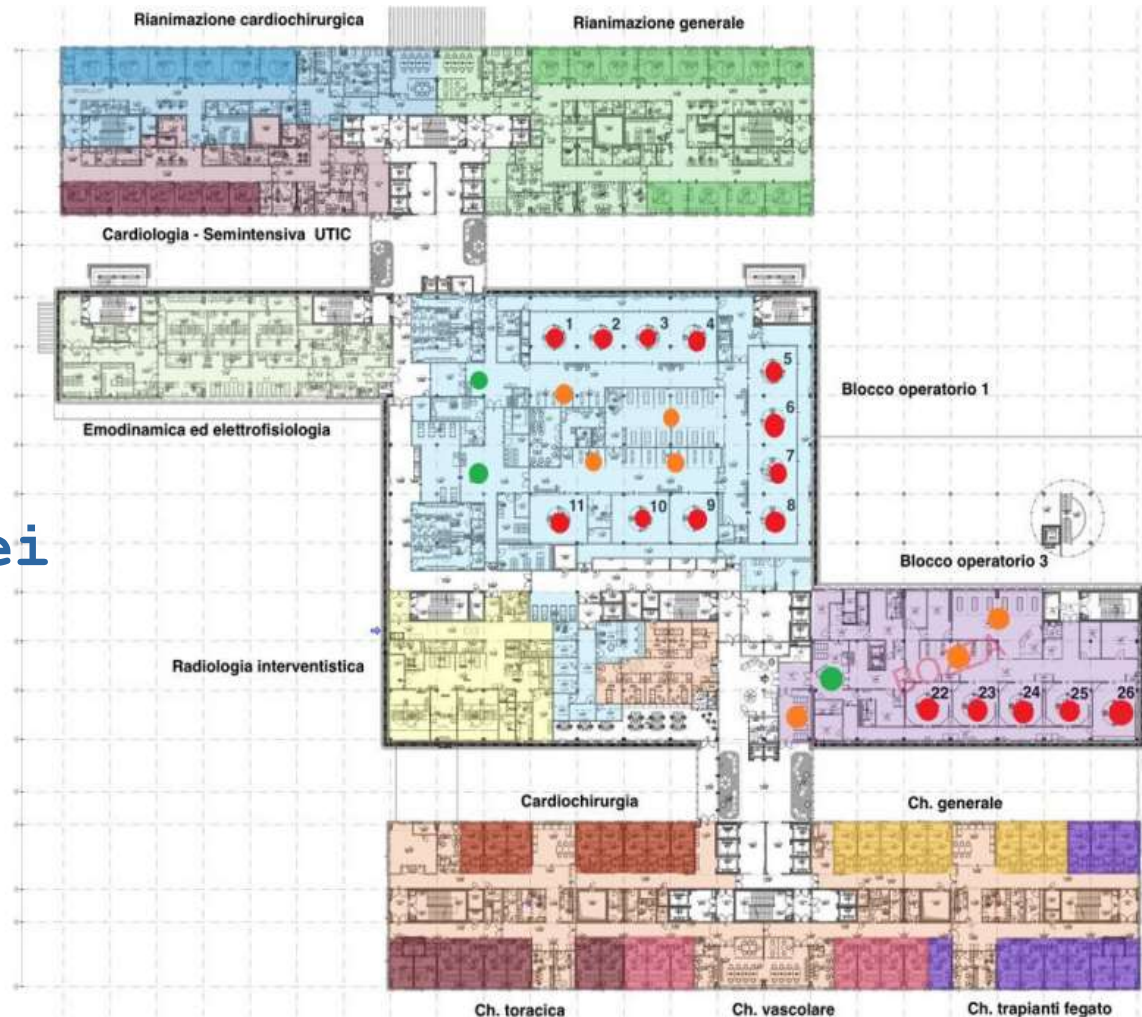
Connettività: tra il server o gateway del sistema di integrazione OR e l'infrastruttura di rete ospedaliera che ospita i server PACS e HIS/EHR.

Protocolli e Standard: **DICOM** per il PACS, **HL7** per l'integrazione con CCE, ADT (**p**er ricevere informazioni sull'ammissione, trasferimento e dimissione del paziente.)

Altri Standard/Tecnologie: Integrazione con l'**LDAP** (**L**ightweight **D**irectory **A**ccess **P**rotocol) o Active Directory.

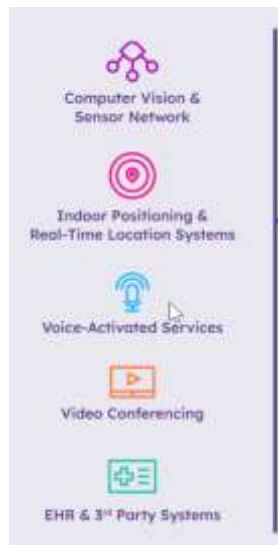
Integrazione clinico-ospedaliera

Rilevazione automatica dei
tempi del paziente
chirurgico





Integrazione clinico-ospedaliera



Integrazione con sistemi di intelligenza artificiale che integrano sensori IoT e sistemi di visualizzazione per automatizzare i processi

Funzioni PRESET scenario video e predisposizione assett di sala

Integrazione con sistemi di realtà aumentata o sistemi di modellizzazione anatomica 3 D di terze parti





CONVEGNO NAZIONALE
ASSOCIAZIONE ITALIANA
INGEGNERI CLINICI

NAPOLI

14-17 GIUGNO 2025
MOSTRA D'OLTREMARE



Grazie per
l'attenzione
!

TECNOLOGIE, SOSTENIBILITÀ, AMBIENTE
Il contributo dell'innovazione alla sanità del futuro

