TRƯỜNG ĐẠI HỌC SÂN KHẤU – ĐIỆN ẢNH HÀ NỘI
KHOA CÔNG NGHỆ ĐIỆN ẢNH – TRUYỀN HÌNH

KỸ THUẬT AUDIO – VIDEO

CHƯƠNG 8 · PHẦN E

Truyền dẫn, phát sóng và quy trình

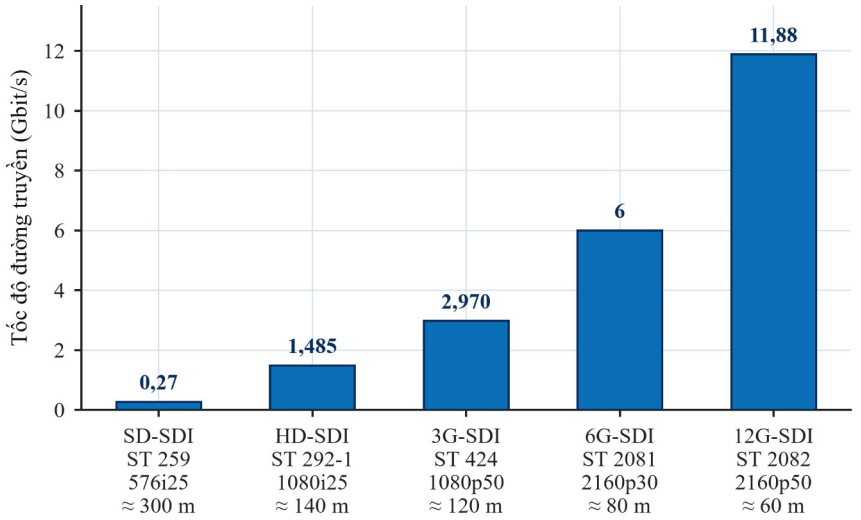
Giao diện truyền dẫn cơ sở

- Phần C và D tập trung vào nén; trong trường quay thì người ta cố gắng không nén
- Họ SDI: tốc độ càng cao thì cáp càng ngắn
- HDMI, đồng bộ chuẩn và bộ chuyển đổi

Vì sao trong trường quay lại không nén

- **Độ trễ.** Bộ mã hoá phải gom đủ dữ liệu mới xử lý được; truyền hình trực tiếp không chấp nhận độ trễ giữa hình và tiếng hoặc giữa các máy quay
- **Tổn hao thế hệ.** Tín hiệu qua bàn trộn, bộ tạo chữ, bộ chỉnh màu; nén rồi giải nén ở mỗi thiết bị thì tổn hao tích luỹ rất nhanh
- **Cự ly.** Trường quay chỉ vài chục mét, đủ ngắn để truyền tín hiệu chưa nén

Họ giao diện SDI



(a) Tốc độ, định dạng chở được và cự ly thực dụng của họ SDI

Tiêu chí	SDI	HDMI
Nơi dùng	Trường quay, thiết bị chuyên dụng	Thiết bị dân dụng, màn hình, máy chiếu
Đầu cắm, cự ly	BNC khoá chặt; hàng chục tới hàng trăm mét	Cắm ma sát; dưới 10 m với cáp đồng
Băng thông tối đa	11,88 Gbit/s (12G-SDI)	48 Gbit/s (HDMI 2.1)
Bảo vệ nội dung	Không có	HDCP: thiết bị ghi có thể bị từ chối tín hiệu
Tiếng nhúng	Tới 16 kênh	Tới 8 kênh, tuỳ phiên bản

(b) SDI so với HDMI

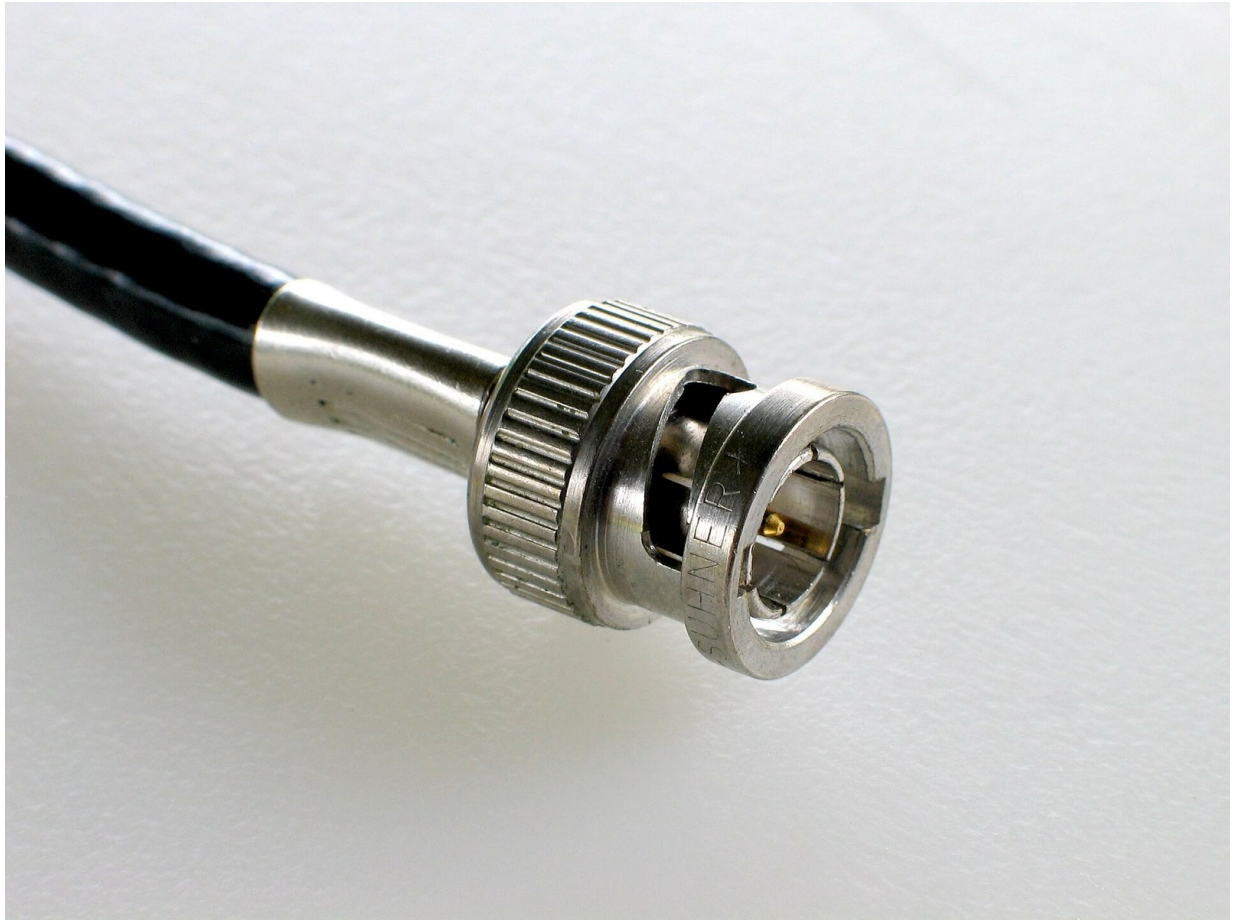
Hình 8.65 — Họ giao diện SDI theo tốc độ đường truyền, và so sánh với HDMI

Bảng 8.54 — Họ giao diện SDI

Tên	Chuẩn SMPTE	Tốc độ	Chở được	Cự ly thực dụng
SD-SDI	ST 259	270 Mbit/s	SD 576i25 hoặc 480i	≈ 300 m
HD-SDI	ST 292-1	1,485 Gbit/s	HD 1080i25, 720p50	≈ 140 m
3G-SDI	ST 424	2,970 Gbit/s	Full HD 1080p50	≈ 120 m
6G-SDI	ST 2081	6 Gbit/s	UHD 2160p30	≈ 80 m
12G-SDI	ST 2082	11,88 Gbit/s	UHD 2160p50 và 2160p60	≈ 60 m

- Cự ly là giá trị thực dụng với cáp đồng trục tốt, không phải giới hạn tuyệt đối
- Tốc độ càng cao thì cáp càng ngắn: trường quay UHD phải tính lại sơ đồ đi dây hoặc chuyển sang IP

Đầu nối BNC — giao diện vật lý của SDI



Hình 8.66 — Đầu nối BNC đực trên cáp đồng trục — giao diện vật lý của SDI

Ảnh: Jonas Bergsten, Public domain, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026)

- Đầu nối khoá xoay, trở kháng 75 Ω
- Thường dùng cho tín hiệu SDI trong trường quay

SDI mang được những gì

- Một sợi SDI không chỉ chở hình: trong khoảng xoá (mục 8.12) còn nhúng được nhiều thành phần
- Tới 16 kênh tiếng số: đủ cho nhiều ngôn ngữ và nhiều bản trộn
- Thời mã, đồng bộ với từng khung hình
- Phụ đề và dữ liệu điều khiển máy quay
- Siêu dữ liệu cảnh quay: tên máy, thông số ống kính, cân bằng trắng
- Trường quay sáu máy chỉ cần sáu sợi cáp thay vì hàng chục

Bảng 8.55 — SDI so với HDMI

Tiêu chí	SDI	HDMI
Nơi dùng	Thiết bị chuyên dụng, trường quay	Thiết bị dân dụng, màn hình, máy chiếu
Đầu cắm	BNC, xoay khoá chặt	Cắm ma sát, dễ tuột
Cự ly thực dụng	Hàng chục tới hàng trăm mét	Dưới 10 mét với cáp đồng thường
Băng thông tối đa	11,88 Gbit/s với 12G-SDI	48 Gbit/s với HDMI 2.1
Bảo vệ nội dung	Không có	HDCP: thiết bị ghi chuyên dụng có thể bị từ chối tín hiệu
Tiếng nhúng	Tới 16 kênh	Tới 8 kênh ở HDMI 1.x, tới 32 kênh từ HDMI 2.0

Đầu nối HDMI loại A



Hình 8.67 — Đầu nối HDMI loại A đực

Ảnh: Evan-Amos, Public domain, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026)

- Mười chín chân tiếp xúc
- Khác hẳn BNC về kích thước và cơ chế khoá

Một sự cố hay gặp khi thực hành

CẢNH BÁO

Cắm HDMI từ đầu phát đĩa hoặc hộp thu vào thiết bị ghi mà màn hình đen: nguyên nhân gần như luôn là HDCP, không phải hỏng cáp.

- HDCP là cơ chế bảo vệ bản quyền, không phải lỗi kỹ thuật, và không nên tìm cách vượt qua
- Muốn ghi nội dung có bản quyền cho mục đích giảng dạy thì phải xin nguồn tư liệu hợp pháp

Đồng bộ chuẩn và bộ chuyển đổi

- Hai thiết bị luôn có mặt trong trường quay SDI nhưng ít được nhắc tới
- **Bộ phát tín hiệu đồng bộ chuẩn:** mọi thiết bị quét hình cùng một nhịp, nếu không bàn trộn giật một khung khi chuyển cảnh; đưa máy vào nhịp chung gọi là khoá đồng bộ
- **Bộ chuyển đổi và bộ khung hình:** đưa nguồn không khoá đồng bộ được (máy tính đồ hoạ, tín hiệu vệ tinh, tệp phát lại) về đúng nhịp
- Bộ chuyển đổi đổi định dạng: HDMI sang SDI, 1080i sang 1080p, 59,94 sang 50 hình/giây

Một chi tiết dễ bỏ sót khi lập dự toán

GHI NHỚ

Chuyển đổi tần số hình (59,94 sang 50 hình/giây) là thiết bị đắt nếu cần chất lượng cao, vì phải nội suy khung chứ không chỉ lặp khung.

- Vì vậy các đài chuẩn hoá toàn bộ dây chuyền về một tần số hình duy nhất
- Ở Việt Nam tần số ấy là 25 hình mỗi giây

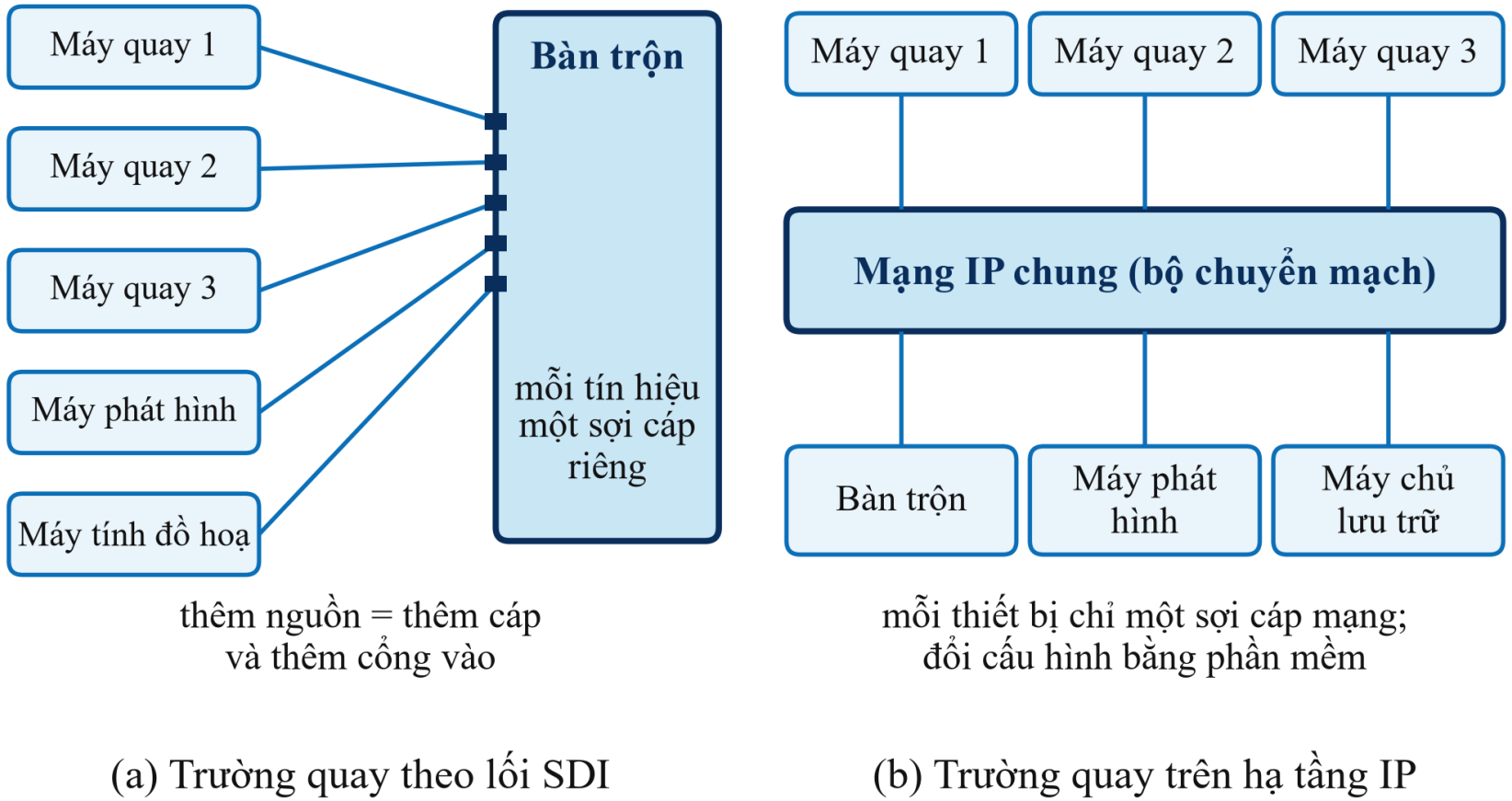
Những điều cần nhớ

- Trường quay giữ tín hiệu không nén vì độ trễ, tổn hao thế hệ và cự ly ngắn
- SDI chở hình, tới 16 kênh tiếng, thời mã và siêu dữ liệu trong một sợi; tốc độ cao thì cáp ngắn
- HDMI băng thông lớn nhưng dành cho dân dụng; cẩn thận HDCP
- Máy phát đồng bộ chuẩn và bộ chuyển đổi là hai thiết bị không thể thiếu
- Ở Việt Nam toàn dây chuyền chuẩn hoá về 25 hình/giây

Video trên hạ tầng IP

- Từ một cáp một tín hiệu sang một cáp mạng cho mỗi thiết bị
- Hai thế hệ chuẩn: ST 2022-6 và bộ ST 2110
- Đồng bộ thời gian PTP và hai giải pháp thực dụng: NDI, SRT

Vì sao trường quay chuyển sang IP



Hình 8.68 — Trường quay theo lối SDI so với trường quay trên hạ tầng IP

Hai cách đi dây

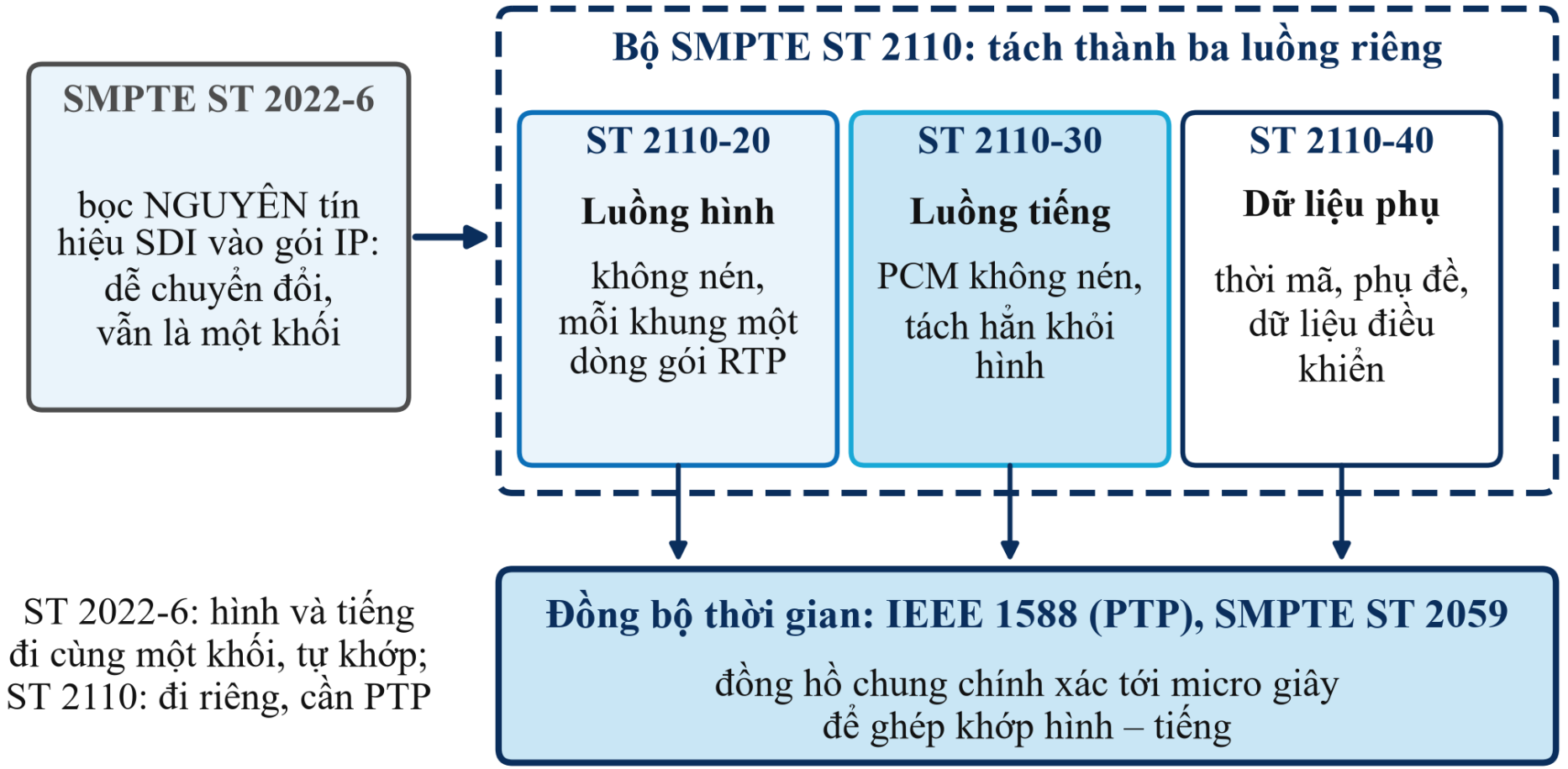
Trường quay SDI

- Mỗi tín hiệu một sợi cáp riêng
- Mỗi đường đi là một chiều cố định, nguồn tới đích
- Thêm một máy quay: kéo thêm cáp, mở thêm cổng vào bàn trộn
- Trường quay lớn lên tới hàng trăm cáp

Trường quay IP

- Mỗi thiết bị một cáp mạng nối vào bộ chuyển mạch chung
- Thiết bị nào cũng nhận được tín hiệu của thiết bị khác
- Đổi cấu hình bằng phần mềm thay vì đổi dây

Từ ST 2022-6 tới ST 2110



Hình 8.69 — Từ ST 2022-6 tới ST 2110, và vai trò của đồng bộ thời gian PTP

Bảng 8.56 — Hai cách đưa video lên hạ tầng IP

Chuẩn	Cách làm	Ưu	Nhược
SMPTE ST 2022-6	Bọc nguyên tín hiệu SDI vào gói IP, không tách gì	Chuyển đổi rất dễ; dùng lại thiết bị SDI cũ qua bộ chuyển đổi	Vẫn là một khối; muốn lấy riêng tiếng phải nhận cả hình
Bộ SMPTE ST 2110	Tách hình, tiếng và dữ liệu phụ thành ba luồng riêng	Lấy riêng từng luồng; băng thông chỉ dùng cho thứ cần	Hình và tiếng không còn tự khớp; bắt buộc có đồng hồ chung

Bảng 8.57 — Các phần chính của bộ ST 2110

Số hiệu	Nội dung
ST 2110-10	Khung tổng thể và mô hình đồng bộ thời gian
ST 2110-20	Luồng hình không nén, đóng gói theo RTP
ST 2110-30	Luồng tiếng PCM không nén
ST 2110-40	Luồng dữ liệu phụ: thời mã, phụ đề, dữ liệu điều khiển

Đồng bộ thời gian

- Ba luồng đi riêng trên mạng gói sẽ đến đích ở những thời điểm hơi khác nhau
- Để ghép khớp hình và tiếng, mọi thiết bị phải dùng chung một đồng hồ chính xác tới mức micro giây
- Nhiệm vụ này thuộc giao thức thời gian chính xác theo IEEE 1588 (PTP)
- Ngành phát sóng cụ thể hoá PTP trong SMPTE ST 2059

Điều cần nhớ về trường quay IP

GHI NHỚ

SDI: đồng bộ là đương nhiên. IP: đồng bộ là một hệ thống riêng, phải thiết kế, mua sắm và bảo trì.

- Trong hệ SDI hình và tiếng đi cùng một sợi nên không thể lệch nhau
- Đồng bộ là chi phí ẩn mà các dự án chuyển đổi thường bỏ sót khi lập dự toán

Bảng 8.58 — Ba mức truyền video trên mạng

Giải pháp	Mức nén	Yêu cầu mạng	Hợp với
ST 2110	Không nén	Mạng chuyên dụng 10 Gbit/s trở lên, có PTP	Đài truyền hình lớn, trường quay xây mới
NDI	Nén nhẹ, độ trễ rất thấp	Mạng gigabit thông thường	Sản xuất nhỏ, phòng thu của trường, sự kiện trực tuyến
SRT	Dùng tín hiệu đã nén sâu; tự sửa lỗi mất gói	Internet công cộng	Truyền hình lưu động, đưa tín hiệu từ hiện trường về đài

NDI là lựa chọn thực tế cho nhà trường

- Chạy được trên mạng máy tính sẵn có
- Phần mềm phần lớn miễn phí
- Đủ để dựng dây chuyền sản xuất nhiều máy quay cho người học thực hành

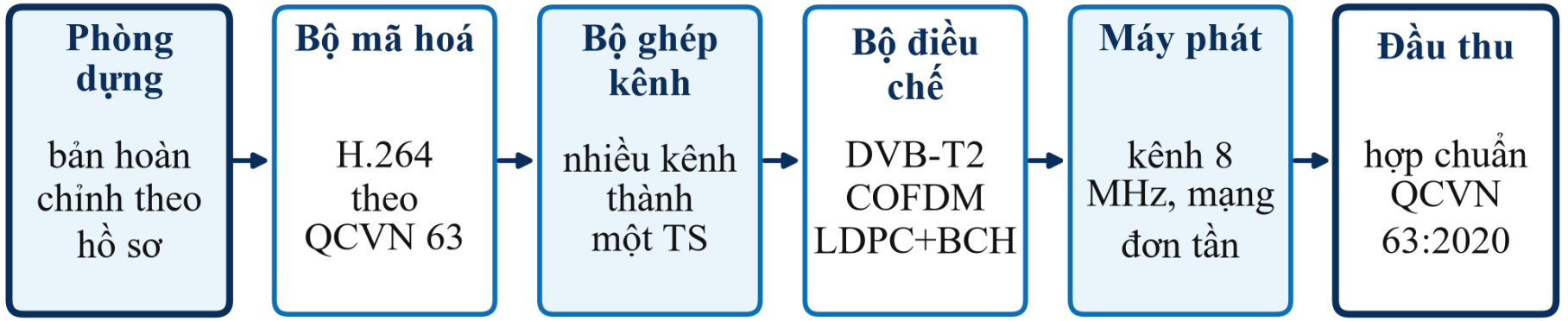
Những điều cần nhớ

- IP thay nhiều cáp riêng bằng một cáp mạng mỗi thiết bị; đổi cấu hình bằng phần mềm
- ST 2022-6 bọc nguyên SDI; bộ ST 2110 tách hình, tiếng, dữ liệu thành ba luồng
- ST 2110 bắt buộc có đồng hồ chung PTP (IEEE 1588, ST 2059): đó là chi phí ẩn
- NDI hợp với sản xuất nhỏ và trường học; SRT hợp với đưa tín hiệu từ hiện trường qua Internet

Phát sóng số mặt đất ở Việt Nam

- Bản hoàn chỉnh đi qua năm khâu trước khi tới khán giả
- Ghép kênh và điều chế DVB-T2
- QCVN 63:2020/BTTTT và lộ trình số hoá

Từ phòng dựng tới nhà khán giả



Ba con số cần nhớ khi làm nội dung cho truyền hình Việt Nam

25

hình mỗi giây

thừa hưởng từ PAL 625 dòng, giữ nguyên sang DVB-T2

H.264

chuẩn nén hình

Main Profile Level 3 cho SD, High Profile Level 4 cho HD

2020

năm hoàn thành số hoá

công bố ngày 11/01/2021

Hình 8.70 — Dây chuyền phát sóng số mặt đất ở Việt Nam, và ba con số cần nhớ

Năm khâu và ăng-ten thu



Hình 8.71 — Ăng-ten Yagi–Uda thu truyền hình mặt đất

Ảnh: Sajad-HasanAhmadi, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026)

- Năm khâu: mã hoá, ghép kênh, điều chế, phát sóng, giải mã ở đầu thu
- Mỗi khâu đặt một ràng buộc lên người làm nội dung
- Ăng-ten định hướng thu tín hiệu mặt đất

Ghép kênh

- Một kênh tần số 8 MHz chở nhiều chương trình cùng lúc
- Bộ ghép kênh trộn các luồng truyền tải thành một luồng duy nhất
- Chèn thêm các bảng thông tin dịch vụ để đầu thu biết trong luồng có những thành phần nào
- Tổng dung lượng cố định: thêm một kênh HD thì phải giảm tốc độ bit của các kênh còn lại

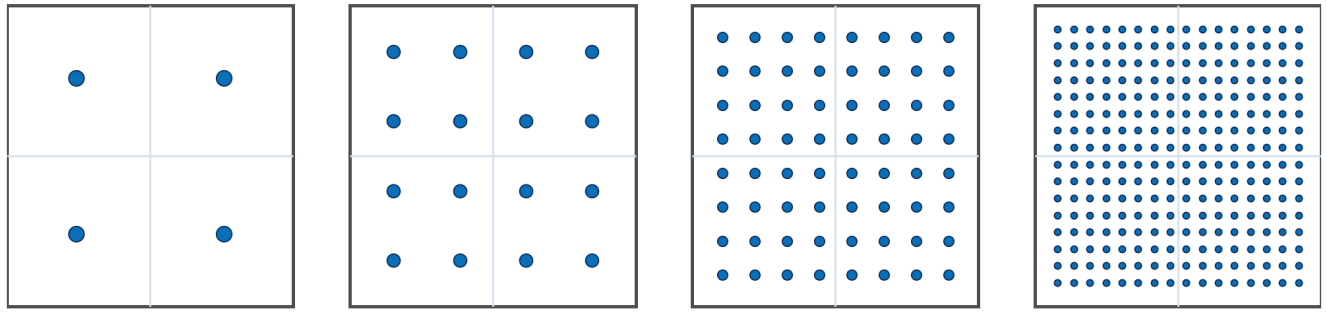
Số chương trình trong một luồng ghép (8.33)

Số chương trình bằng phần dung lượng còn lại chia cho tốc độ mỗi chương trình, làm tròn xuống.

$$n_{prog} = \left\lfloor \frac{R_{mux} - R_{ovh}}{R_{prog}} \right\rfloor$$

- n_prog: số chương trình chứa được; R_mux: dung lượng của luồng ghép; R_ovh: phần dành cho bảng thông tin dịch vụ; R_prog: tốc độ bit mỗi chương trình
- Mức cấp cho mỗi chương trình là quyết định kinh doanh chứ không thuần tuý kỹ thuật
- Đây là lý do chất lượng hình một số kênh mặt đất thấp hơn mong đợi dù bản gốc rất tốt

Điều chế DVB-T2



(a) QPSK — 2 bit mỗi ký hiệu

(b) 16-QAM — 4 bit mỗi ký hiệu

(c) 64-QAM — 6 bit mỗi ký hiệu

(d) 256-QAM — 8 bit mỗi ký hiệu

Tham số	Các giá trị	Đánh đổi
Chòm sao	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	dày hơn thì chở nhiều bit hơn nhưng cần tỉ số tín hiệu trên nhiễu cao, vùng phủ hẹp
Mã sửa lỗi	LDPC + BCH, tỉ lệ 1/2 tới 5/6	tỉ lệ cao thì chở nhiều dữ liệu hơn nhưng kém chịu nhiễu
FFT	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k sóng mang con	lớn thì chịu được phản xạ xa hơn nhưng nhạy với dịch tần do chuyển động
Khoảng bảo vệ	1/128 tới 1/4 độ dài ký hiệu	dài thì máy phát trong mạng đơn tần đặt xa nhau hơn nhưng tốn dung lượng

Hình 8.72 — Chòm sao điều chế và bốn tham số chính của DVB-T2

COFDM: nhiều sóng mang con tốc độ thấp

- DVB-T2 dùng ghép kênh phân chia theo tần số trực giao có mã hoá (COFDM)
- Tín hiệu rải lên hàng nghìn sóng mang con, mỗi sóng mang tốc độ rất thấp
- Chịu được phản xạ nhiều đường, điều kiện thường gặp ở đô thị Việt Nam
- Đầu thu có cổng ăng-ten vào, cổng ra HDMI, âm thanh số và mạng



Hình 8.73 — Mặt sau đầu thu DVB-T2: cổng ăng-ten vào, HDMI và S/PDIF ra

Ảnh: Raimond Spekking, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026)

Tốc độ dữ liệu hữu ích của kênh (8.34)

Dung lượng là tích số của bốn đại lượng: ký hiệu, bit mỗi ký hiệu, tỉ lệ mã và hiệu suất khoảng bảo vệ.

$$R_{ch} = R_{sym} \cdot \log_2 M \cdot r_c \cdot \frac{1}{1 + \Delta_g}$$

- R_sym: tốc độ ký hiệu; M: số điểm của chòm sao, nên log2 M là số bit mỗi ký hiệu
- r_c: tỉ lệ mã sửa lỗi; Δ_g: khoảng bảo vệ tính theo tỉ lệ độ dài ký hiệu
- Chòm sao dày, mã sửa lỗi cao và khoảng bảo vệ ngắn đều tăng dung lượng nhưng làm giảm khả năng chịu nhiễu hoặc phản xạ

Bảng 8.59 — Bốn tham số chính của DVB-T2 (ETSI EN 302 755)

Tham số	Các giá trị	Đánh đổi
Chòm sao điều chế	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	Chòm sao dày chở nhiều bit hơn nhưng cần SNR cao hơn, vùng phủ hẹp lại
Tỉ lệ mã sửa lỗi	1/2 tới 5/6, LDPC ghép BCH	Tỉ lệ cao: chở nhiều dữ liệu hơn nhưng kém chịu nhiễu
Kích thước FFT	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k	FFT lớn: chịu phản xạ xa hơn nhưng nhạy dịch tần do chuyển động
Khoảng bảo vệ	1/128 tới 1/4 độ dài ký hiệu	Dài thì máy phát đặt xa nhau hơn nhưng tốn dung lượng

Mạng đơn tần

GHI NHỚ

Nhiều máy phát cùng phát trên một tần số; vùng rộng chỉ cần một kênh.

- Hệ tương tự: hai máy phát cùng tần số triệt tiêu nhau
- COFDM có khoảng bảo vệ: tín hiệu máy phát thứ hai được coi như một tia phản xạ và được cộng vào

QCVN 63:2020/BTTTT

- Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về thiết bị thu truyền hình số mặt đất DVB-T2
- Ban hành kèm Thông tư 17/2020/TT-BTTTT
- Áp dụng cho thiết bị thu tín hiệu không khoá mã: cả đầu thu rời lẫn tivi tích hợp

Bảng 8.60 — Yêu cầu chính của QCVN 63:2020/BTTTT

Nhóm yêu cầu	Nội dung
Giải mã hình MPEG-2	720 × 576, 544 × 576, 480 × 576, 352 × 576 ở 25 hình/giây, khuôn 4:3 và 16:9
H.264 độ nét tiêu chuẩn	Main Profile Level 3 (ISO/IEC 14496-10), cùng các độ phân giải và khuôn hình trên
H.264 độ nét cao	High Profile Level 4 (ISO/IEC 14496-10), phù hợp ETSI TS 101 154
Tốc độ bit hình tối thiểu	600 kbit/s ở độ phân giải 720 × 576
Giải mã tiếng	MPEG-1 Layer II hai kênh; HE-AAC Level 2 (1 và 2 kênh), Level 4 (tới 5.1 kênh), 48 kHz
Tham số cao tần	FFT 1k – 32k; QPSK – 256-QAM; LDPC + BCH 1/2 – 5/6; khoảng bảo vệ 1/128 – 1/4

Ràng buộc rất cụ thể với người làm nội dung

GHI NHỚ

Quy chuẩn không nêu HEVC: đầu thu hợp chuẩn chỉ bảo đảm giải mã MPEG-2 và H.264.

- Bản giao nộp cho truyền hình mặt đất phải mã hoá H.264, thường High Profile Level 4 cho kênh HD
- Nộp bản HEVC vì nén tốt hơn sẽ tạo ra bản mà nhiều khán giả không xem được
- Kỹ thuật được chọn phải theo quy chuẩn của nơi phát hành, không theo phương án tốt nhất về lý thuyết

Lộ trình số hoá truyền hình Việt Nam

- Đề án số hoá truyền dẫn, phát sóng truyền hình mặt đất đến năm 2020: Quyết định 2451/QĐ-TTg ngày 27/12/2011
- Triển khai chín năm theo nhóm tỉnh thành; hoàn thành năm 2020, công bố chính thức ngày 11/01/2021
- Đi thẳng vào DVB-T2, bỏ qua DVB-T: tiết kiệm một vòng đầu tư, dung lượng cao hơn
- Vùng phủ tăng từ khoảng một nửa dân số năm 2011 lên khoảng 80 % dân cư năm 2020
- Giữ 25 hình/giây (di sản PAL 625 dòng): người làm nghề trong nước không gặp vấn đề thời mã bỏ khung

Những điều cần nhớ

- Bản hoàn chỉnh qua năm khâu: mã hoá, ghép kênh, điều chế, phát sóng, giải mã
- Số chương trình trong một luồng ghép bị giới hạn bởi dung lượng; mức cấp là quyết định kinh doanh
- DVB-T2 dùng COFDM; bốn tham số: chòm sao, mã sửa lỗi, FFT, khoảng bảo vệ
- QCVN 63:2020/BTTTT: MPEG-2 và H.264, không có HEVC
- Việt Nam dùng DVB-T2, hoàn thành số hoá năm 2020, giữ 25 hình/giây

Phát trực tuyến và OTT

- Mỗi người xem có một đường truyền riêng, băng thông thay đổi từng phút
- Giải pháp: mã hoá sẵn nhiều bản ở nhiều tốc độ bit; đầu phát tự chọn
- HLS, MPEG-DASH, thang tốc độ bit, mạng phân phối nội dung và độ trễ

Phát sóng và phát trực tuyến

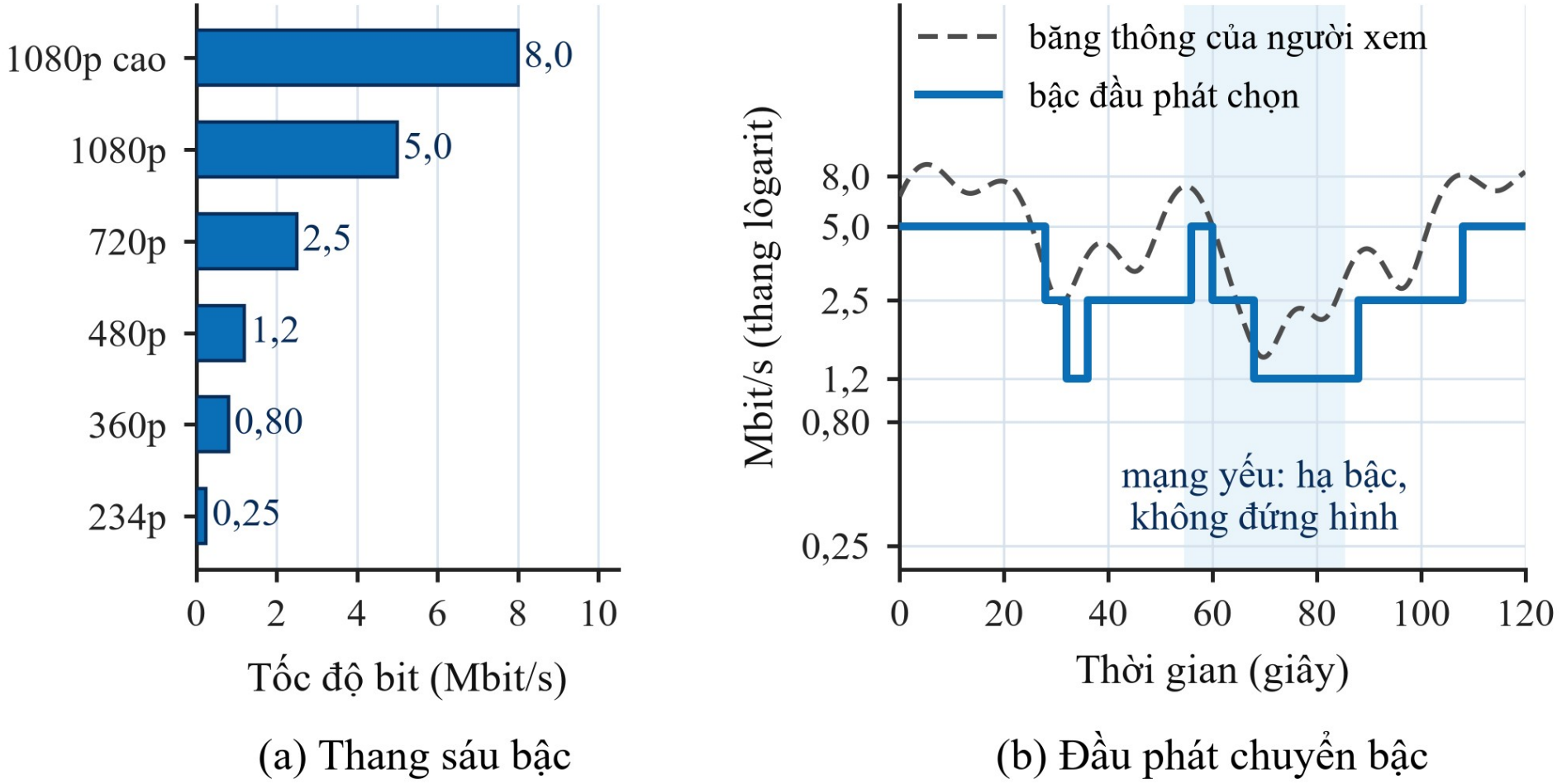
Phát sóng

- Truyền một chiều
- Mọi máy thu nhận cùng một tín hiệu
- Máy thu ở nơi sóng yếu phải chấp nhận chất lượng kém

Phát trực tuyến

- Truyền hai chiều
- Mỗi người xem có đường truyền và băng thông riêng
- Băng thông thay đổi từng phút
- Một tốc độ bit duy nhất không phục vụ được mọi người

Thang tốc độ bit và cách chuyển bậc



Hình 8.74 — Thang tốc độ bit của một dịch vụ phát trực tuyến, và cách đầu phát chuyển bậc

Cơ chế truyền theo HTTP thích ứng

- Chương trình cắt thành các đoạn ngắn, thường 2 – 10 giây; mỗi đoạn là một tệp riêng
- Mỗi đoạn mã hoá thành nhiều bậc chất lượng
- Một bản kê liệt kê mọi bậc và địa chỉ từng đoạn
- Đầu phát tải bản kê, đo tốc độ tải đoạn vừa nhận, chọn bậc cho đoạn tiếp theo
- Bậc có thể đổi ở ranh giới mỗi đoạn

Bảng 8.61 — Hai chuẩn truyền theo HTTP thích ứng

Chuẩn	Nguồn gốc	Đặc điểm
HLS	Của Apple; nay là RFC 8216	Bản kê dạng văn bản đơn giản; hỗ trợ rộng nhất, nhất là trên thiết bị di động
MPEG-DASH	ISO/IEC 23009-1	Bản kê dạng XML, linh hoạt hơn; độc lập với codec nên dùng được cả AV1

- Cơ chế này giải thích vì sao video trên mạng mờ đi rồi nét lại thay vì đứng hình
- Hình mờ chốc lát dễ chấp nhận hơn nhiều so với đứng hình để chờ tải

Bảng 8.62 — Một thang tốc độ bit tham khảo cho nội dung Full HD

Bậc	Độ phân giải	Tốc độ bit hình	Dành cho
1	416 × 234	0,25 Mbit/s	Mạng di động rất yếu
2	640 × 360	0,8 Mbit/s	Mạng di động thông thường
3	854 × 480	1,2 Mbit/s	Mạng cố định chậm
4	1280 × 720	2,5 Mbit/s	Mạng cố định thông thường
5	1920 × 1080	5,0 Mbit/s	Mạng cáp quang
6	1920 × 1080	8,0 Mbit/s	Bậc chất lượng cao

Nguyên tắc dựng thang tốc độ bit

- Các bậc cách nhau khoảng 1,5 tới 2 lần về tốc độ bit
- Chuyển bậc không quá đột ngột nhưng cũng không quá dày
- Bậc thấp nhất phải đủ nhẹ để chạy trên mạng di động kém nhất mà dịch vụ nhắm tới

Mạng phân phối nội dung

- Mọi người xem lấy dữ liệu từ một máy chủ duy nhất: máy chủ quá tải, người ở xa tải rất chậm
- Mạng phân phối nội dung đặt bản sao của từng đoạn ở nhiều điểm gần người xem
- Độ trễ giữa các cách phát khác nhau rất xa (slide sau)

Bảng 8.63 — Độ trễ của các cách phát

Cách phát	Độ trễ điển hình	Nguyên nhân
Truyền hình mặt đất DVB-T2	3 – 6 giây	Mã hoá, ghép kênh, điều chế, bộ đệm ở đầu thu
Phát trực tuyến thông thường	20 – 45 giây	Đoạn dài cộng nhiều tầng bộ đệm ở máy chủ và đầu phát
Phát trực tuyến độ trễ thấp	3 – 8 giây	Đoạn ngắn, truyền từng phần nhỏ ngay khi mã hoá xong
Hội nghị truyền hình	Dưới 0,5 giây	Không dùng khung B, đoạn rất ngắn, chấp nhận chất lượng thấp hơn

Một con số có ý nghĩa kinh tế

GHI NHỚ

Giảm 30 % tốc độ bit ở cùng chất lượng là giảm 30 % chi phí băng thông.

- Với dịch vụ hàng triệu lượt xem, đây là khoản tiết kiệm rất lớn
- Vì vậy các nền tảng lớn đầu tư mạnh vào AV1 và VVC dù chi phí mã hoá cao gấp hàng chục lần
- Codec mới nhằm giảm chi phí băng thông hơn là làm hình xem nét hơn

Những điều cần nhớ

- Phát sóng một chiều; phát trực tuyến hai chiều với băng thông riêng mỗi người xem
- Mã hoá nhiều bậc, cắt đoạn 2 – 10 giây, đầu phát tự chọn bậc: HLS và MPEG-DASH
- Thang tốc độ bit: các bậc cách nhau khoảng 1,5 – 2 lần
- Độ trễ: mặt đất 3 – 6 giây, trực tuyến thường 20 – 45 giây, độ trễ thấp 3 – 8 giây
- Codec mới giảm chi phí băng thông của dịch vụ lớn

Chuẩn giao nộp và kiểm tra chất lượng

- Hồ sơ giao nộp là điều kiện nghiệm thu, không chỉ là gợi ý
- Nối với Chương 6: độ to theo QCVN 115:2017/BTTTT
- Bốn lỗi bị trả bài nhiều nhất; giao cho đài khác giao cho nền tảng

Danh mục kiểm trước khi giao nộp

HÌNH

- ☐ codec và profile đúng hồ sơ (ví dụ H.264 High L4)
- ☐ độ phân giải, tỉ lệ điểm ảnh đúng
- ☐ tần số hình, kiểu quét đúng (25 h/s)
- ☐ phạm vi mức: dải hẹp 16 – 235, không ngoài dải
- ☐ không gian màu khai báo đúng (BT.709 cho HD)

TIẾNG

- ☐ số kênh, thứ tự kênh đúng hồ sơ
- ☐ độ to trung bình theo QCVN 115:2017/BTTTT
- ☐ không có đỉnh quá mức, không có tiếng lẫn ở kênh trống

TỆP VÀ SIÊU DỮ LIỆU

- ☐ bộ chứa đúng (MXF OP1a hoặc MP4 tuỳ đài)
- ☐ thời mã bắt đầu đúng quy ước (10:00:00:00)
- ☐ thanh màu, tín hiệu chuẩn, khoảng đen đầu cuối đủ
- ☐ phụ đề đúng định dạng, đúng mốc thời gian
- ☐ tên tệp theo quy ước của đài

Bốn lỗi bị trả bài nhiều nhất

1. Sai phạm vi mức (hình bệt đen hoặc cháy trắng)
2. Độ to không đạt quy chuẩn
3. Thời mã bắt đầu không đúng quy ước
4. Codec hoặc profile khác hồ sơ yêu cầu

Hình 8.75 — Danh mục kiểm trước khi giao nộp một bản hoàn chỉnh

Bảng 8.64 — Hồ sơ giao nộp kênh HD của đài Việt Nam (1)

Hạng mục	Yêu cầu điển hình
Bộ chứa	MXF OP1a, hoặc MP4 tuỳ quy định từng đài
Codec hình	H.264 High Profile Level 4
Độ phân giải và khuôn hình	1920 × 1080, điểm ảnh vuông, khuôn 16:9
Tần số hình và kiểu quét	25 hình/giây, quét liên tục hoặc xen kẽ theo quy định kênh
Lấy mẫu con màu và độ sâu bit	4:2:0 8 bit, hoặc 4:2:2 10 bit với chương trình chất lượng cao
Phạm vi mức và không gian màu	Dải hẹp 16 – 235; BT.709
Tốc độ bit	8 – 12 Mbit/s, thường yêu cầu tốc độ bit thay đổi có giới hạn đỉnh

Bảng 8.64 — Hồ sơ giao nộp kênh HD của đài Việt Nam (2)

Hạng mục	Yêu cầu điển hình
Nhóm ảnh	Nhóm đóng, độ dài 12 hoặc 15 khung
Tiếng	Hai kênh hoặc 5.1; độ to trung bình theo QCVN 115:2017/BTTTT
Thời mã bắt đầu	10:00:00:00
Phần dẫn đầu	Thanh màu và tín hiệu âm thanh chuẩn, bảng thông tin chương trình, đếm ngược, khoảng đen
Phụ đề	Tệp riêng đúng định dạng quy định, mốc thời gian khớp thời mã của hình
Tên tệp	Theo quy ước đặt tên của đài

Nối với Chương 6: độ to

- Phần tiếng của hồ sơ giao nộp không phải nội dung mới
- QCVN 115:2017/BTTTT về độ to của tín hiệu âm thanh trong truyền hình: đã trình bày ở Chương 6
- Cách đo theo ITU-R BS.1770; cách chuẩn hoá theo EBU R 128
- Hình đạt chuẩn nhưng tiếng không đạt độ to vẫn bị trả về, và ngược lại
- Người dựng phải kiểm cả hai

Bảng 8.65 — Bốn lỗi bị trả bài nhiều nhất

Lỗi	Biểu hiện	Cách phòng
Sai phạm vi mức	Bệt đen và cháy trắng, hoặc xám xịt	Kiểm bằng waveform; khai báo rõ dải hẹp khi xuất
Độ to không đạt	Tiếng to hoặc nhỏ hơn chương trình khác trên kênh	Đo bằng công cụ trước khi xuất; xem lại Chương 6
Thời mã bắt đầu sai	Bản nộp bắt đầu ở 00:00:00:00 thay vì 10:00:00:00	Đặt thời mã ngay khi tạo dòng thời gian
Codec hoặc profile khác hồ sơ	Đài không giải mã được hoặc không phát được	Đọc hồ sơ trước khi dựng; xuất thử 30 giây gửi kiểm

Kiểm bằng công cụ, không kiểm bằng mắt

QUY TẮC

Mắt không nhận ra profile, tỉ lệ điểm ảnh hay thời mã; tai không nhận ra độ to trung bình theo LUFS.

- Mọi bản giao nộp phải qua một công cụ phân tích tệp và một công cụ đo độ to
- Nhiều đài lớn dùng hệ thống kiểm tự động, trả lại tệp không đạt mà không cần người xem
- Cách rẻ nhất: đổi chéo bài giữa các nhóm và kiểm cho nhau theo danh mục

Bảng 8.66 — Hai kiểu hồ sơ giao nộp (1)

Tiêu chí	Đài truyền hình	Nền tảng phát trực tuyến
Triết lý	Bản nộp đi thẳng vào dây chuyền phát sóng: đúng tuyệt đối mọi thông số	Bản nộp là bản gốc để nền tảng tự mã hoá thành nhiều bậc: ưu tiên chất lượng cao
Codec	Đúng codec và profile quy định, thường H.264 High Profile	Càng ít nén càng tốt; nhiều nền tảng nhận cả ProRes và DNxHR
Tốc độ bit	Khống chế cả trần lẫn sàn để vừa khe trong bộ ghép kênh	Càng cao càng tốt trong giới hạn dung lượng tải lên

Bảng 8.66 — Hai kiểu hồ sơ giao nộp (2)

Tiêu chí	Đài truyền hình	Nền tảng phát trực tuyến
Phần dẫn đầu	Bắt buộc: thanh màu, âm thanh chuẩn, đếm ngược, thời mã bắt đầu 10:00:00:00	Thường không có; nội dung bắt đầu từ khung đầu tiên
Độ to	Theo QCVN 115:2017/BTTTT	Theo quy định riêng của nền tảng, thường quanh −14 tới −16 LUFS
Phụ đề	Tệp riêng đúng định dạng của đài	Tệp riêng, định dạng phổ thông; có thể nhiều thứ tiếng

Một sai lầm rất phổ biến

CẢNH BÁO

Lấy nguyên bản đã nén sẵn cho đài rồi tải lên nền tảng trực tuyến: nén hai lần, tổn hao thế hệ cộng dồn.

- Cách đúng: giữ một bản trung gian chất lượng cao
- Từ bản đó xuất riêng cho từng nơi phát hành theo hồ sơ của nơi đó

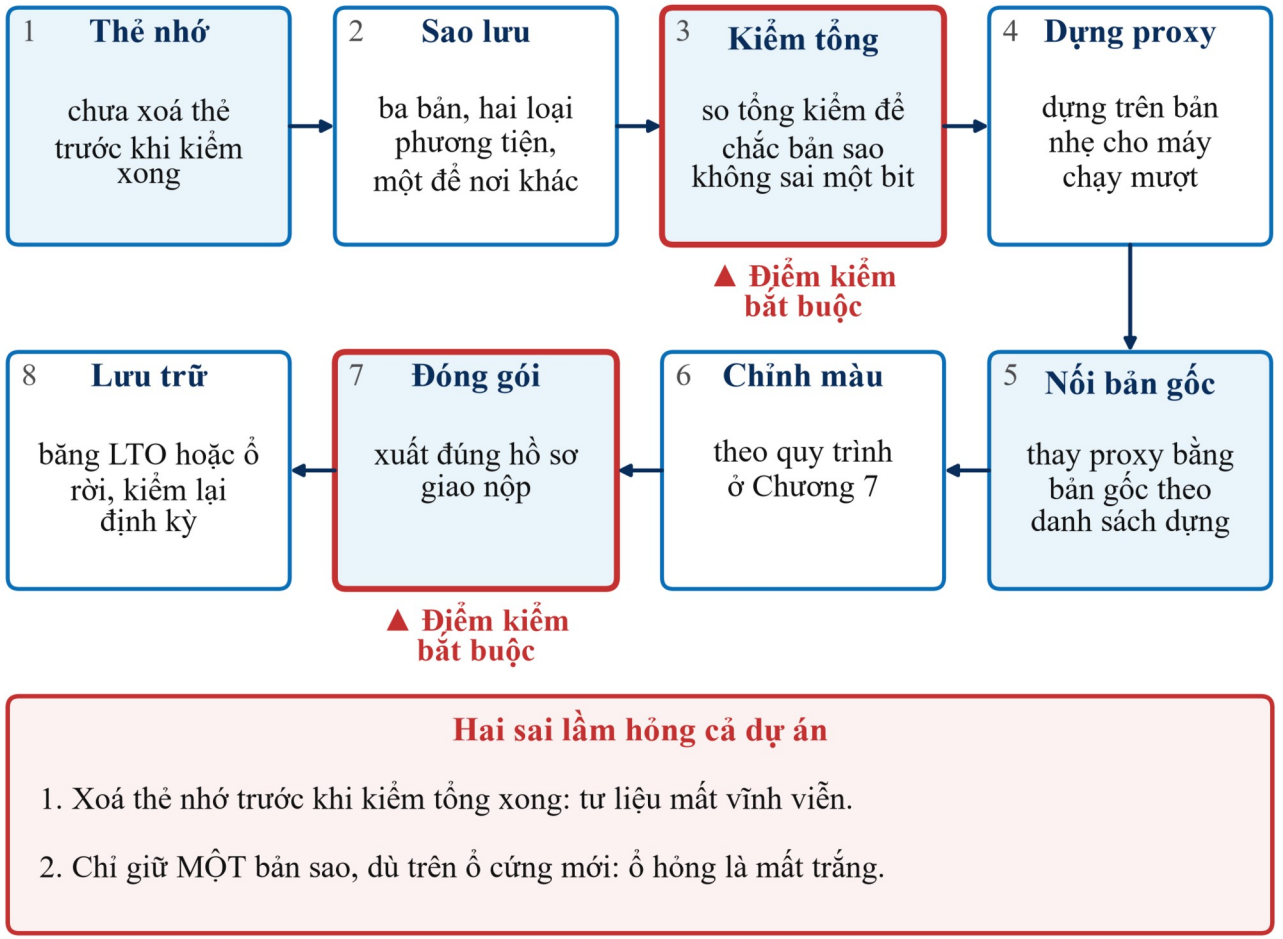
Những điều cần nhớ

- Hồ sơ giao nộp là điều kiện nghiệm thu: đọc trước khi dựng
- Hình đạt chuẩn mà độ to không đạt vẫn bị trả (QCVN 115:2017/BTTTT)
- Bốn lỗi hay gặp: phạm vi mức, độ to, thời mã bắt đầu, codec hoặc profile
- Kiểm bằng công cụ, không kiểm bằng mắt; đổi chéo bài giữa các nhóm
- Đài đòi đúng tuyệt đối; nền tảng đòi bản gốc chất lượng cao

Quy trình sản xuất trên tệp

- Khâu mà người mới vào nghề dễ mất tư liệu nhất
- Đổ thẻ, sao lưu và kiểm tổng kiểm
- Dựng bằng proxy, lưu trữ dài hạn, bài thực hành số 4

Toàn cảnh quy trình



Hình 8.76 — Quy trình sản xuất trên tệp từ thẻ nhớ tới lưu trữ, với hai điểm kiểm bắt buộc

Quy tắc ba – hai – một

QUY TẮC

BA bản sao của mọi tư liệu gốc, trên HAI loại phương tiện, MỘT bản để ở địa điểm khác.

- Hai loại phương tiện: ví dụ ổ cứng và băng LTO, hoặc ổ cứng và đám mây
- Một bản khác địa điểm: phòng khi cháy, ngập hoặc mất trộm
- Áp dụng cho tư liệu gốc, không áp dụng cho mọi tệp trung gian

Kiểm tổng kiểm sau khi sao chép

- Tổng kiểm là chuỗi ký tự đại diện cho toàn bộ nội dung tệp
- Bản sao và bản gốc cho cùng một chuỗi thì bản sao chính xác tới từng bit
- Sao chép mà không kiểm tra thì kết quả chỉ dựa trên phỏng đoán

Hai sai lầm hỏng cả dự án

CẢNH BÁO

Xoá thẻ nhớ trước khi kiểm tổng kiểm xong; chỉ giữ một bản sao.

- Bản sao lỗi mà thẻ đã xoá: tư liệu mất vĩnh viễn
- Ổ cứng có thể hỏng không báo trước, kể cả ổ mới mua; xác suất hỏng trong năm đầu không nhỏ
- Cả hai sai lầm không tốn chi phí để tránh, chỉ cần kỷ luật làm việc

Dựng bằng proxy và nối lại bản gốc

- Tư liệu UHD hoặc nhiều máy: dựng trên bản gốc làm máy hoạt động chậm
- Cách làm chuẩn: tạo bản proxy nhẹ, dựng trên proxy
- Trước khi chỉnh màu và xuất, phần mềm tự thay lại bản gốc
- Danh sách quyết định dựng mô tả mọi lát cắt: cảnh nào, từ thời mã nào tới thời mã nào
- Nhờ đó bản dựng chuyển được giữa các phần mềm và việc thay proxy diễn ra tự động

Bảng 8.67 — Ba vấn đề của lưu trữ dài hạn

Vấn đề	Nội dung	Cách xử lý
Phương tiện xuống cấp	Ổ cứng cơ hỏng sau vài năm; ổ thể rắn để lâu không cấp điện mất dữ liệu; băng LTO bền hơn nhưng cần điều kiện bảo quản	Kiểm định kỳ hằng năm; sao sang phương tiện mới sau mỗi năm tới bảy năm
Định dạng lỗi thời	Codec độc quyền của một hãng có thể không còn phần mềm mở sau mười năm	Chọn codec phổ biến, có tài liệu công khai; tránh codec riêng của một dòng máy
Mất siêu dữ liệu	Tệp còn nhưng không ai nhớ là cảnh gì, quay ngày nào, dự án nào	Đặt tên tệp, tổ chức thư mục theo quy ước từ đầu; kèm tệp mô tả văn bản thuần

Bài thực hành số 4 — giao nộp một bản hoàn chỉnh

Phần	Việc phải làm	Kết quả cần rút ra
1. Đổ thẻ và sao lưu	Đổ thẻ theo quy tắc ba – hai – một; so tổng kiểm bản gốc và bản sao; cố ý làm hỏng một bản rồi kiểm lại	Tổng kiểm phát hiện cả sai lệch một bit
2. Xuất theo hồ sơ	Xuất phim ngắn đúng hồ sơ giả định: thanh màu, đếm ngược, thời mã bắt đầu, khoảng đen cuối	Biết đặt thời mã bắt đầu và dựng phần dẫn đầu
3. Tự kiểm	Chạy tệp qua công cụ phân tích và đo độ to; điền danh mục kiểm ở mục 8.31	Phát hiện ít nhất một mục không đạt ngay lần đầu
4. Kiểm chéo	Đổi bài với nhóm khác; lập biên bản ghi mục không đạt và số đo thực tế	Viết biên bản kỹ thuật: số đo, yêu cầu, chênh lệch

Những điều cần nhớ

- Quy trình trên tệp: đổ thẻ, sao lưu, dựng proxy, nối bản gốc, xuất, lưu trữ
- Ba – hai – một và kiểm tổng kiểm: chi phí thấp nhất, bảo vệ được nhiều dự án nhất
- Không xoá thẻ trước khi kiểm tổng kiểm xong
- Lưu trữ dài hạn: phương tiện xuống cấp, định dạng lỗi thời, mất siêu dữ liệu
- Bài thực hành 4: xuất đúng hồ sơ, tự kiểm theo danh mục, kiểm chéo

Chốt lại Phần E

- Giữ tín hiệu không nén trong trường quay; SDI hoặc IP (ST 2110, NDI) tuỳ quy mô
- Phát sóng mặt đất Việt Nam: DVB-T2, QCVN 63:2020/BTTTT, H.264, không HEVC, 25 hình/giây
- Phát trực tuyến: nhiều bậc tốc độ bit, HTTP thích ứng, mạng phân phối nội dung
- Giao nộp theo hồ sơ của nơi phát hành; kiểm bằng công cụ
- Bảo vệ tư liệu bằng ba – hai – một và tổng kiểm

Tóm tắt Chương 8

Video số: từ ảnh tới con số, từ con số tới nén, từ nén tới giao nộp

Phần A, B: từ ảnh tới con số, cấu trúc tín hiệu

- Số hoá hình ảnh = ba phép rời rạc hoá: không gian (điểm ảnh), thời gian (khung hình), biên độ (mức lượng tử)
- Định lý lấy mẫu áp dụng cho hai chiều không gian; bộ lọc quang thông thấp chống răng cưa và moiré
- Dải hẹp 16 – 235 khác dải rộng 0 – 255: gán sai gây bệt đen, cháy trắng hoặc xám; 10 bit là mức tối thiểu cho log và HDR
- Tách Y’CbCr là bước quyết định; lấy mẫu con màu 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0, 4:1:1; khoá màu cần 4:2:2 trở lên
- Trường không phải khung; 1080i25 và 1080/50i là một; J:a:b mô tả khối 4 × 2

Phần C, D: nguyên lý nén, chuẩn nén và định dạng

- Bốn loại dư thừa: không gian, thời gian, thống kê, cảm nhận; loại thứ tư là ranh giới của nén có tổn hao
- DCT không mất thông tin; mất mát ở lượng tử hoá; vỡ khối và nhiễu muỗi là dấu hiệu tốc độ bit quá thấp
- Nén là dự đoán rồi mã hoá phần bất ngờ: dự đoán, biến đổi, lượng tử hoá, mã hoá entropy; liên khung dò chuyển động theo khối
- Mỗi thế hệ codec đạt cùng chất lượng ở khoảng một nửa tốc độ bit; chi phí mã hoá tăng nhiều lần
- Profile quy định công cụ, Level quy định cỡ tối đa; bộ chứa khác codec; codec dựng khác codec phát hành

Phần E: truyền dẫn, phát sóng và quy trình

- Trong trường quay giữ tín hiệu không nén vì độ trễ và tổn hao thế hệ; SDI mang trọn hình, tiếng, thời mã và siêu dữ liệu
- ST 2110 tách ba luồng, đổi lại phải có đồng bộ thời gian PTP
- Việt Nam dùng DVB-T2, hoàn thành số hoá năm 2020; QCVN 63:2020/BTTTT: H.264 Main L3 cho SD, High L4 cho HD, không HEVC
- Phát trực tuyến dùng thang tốc độ bit và HTTP thích ứng: hình mờ đi rồi nét lại thay vì đứng hình
- Ba – hai – một và kiểm tổng kiểm: chi phí thấp nhất nhưng bảo vệ được nhiều dự án nhất

Sang Chương 9: Máy quay chuyên dụng

Chương 8 đã cho thấy tín hiệu video được số hoá, nén, truyền và giao nộp ra sao.
Chương 9 quay lại nơi tín hiệu được sinh ra: quang học, cảm biến và vận hành máy quay.