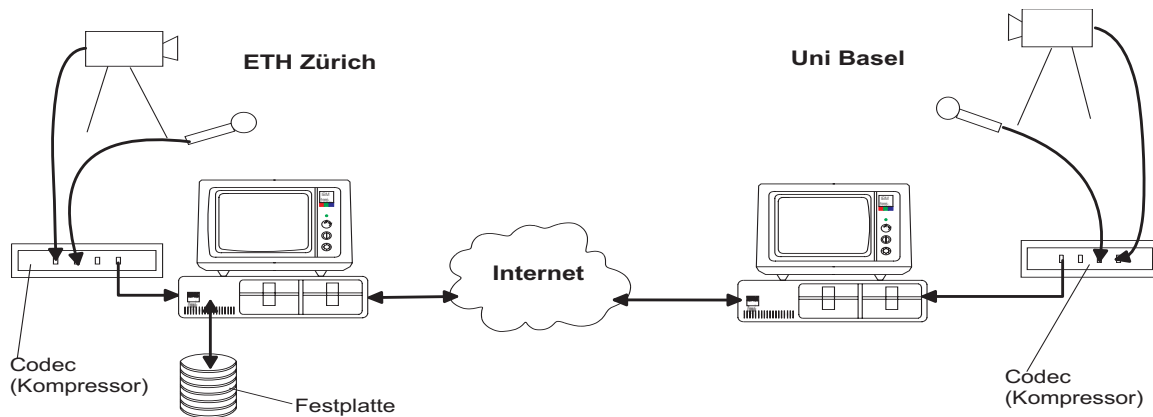


Aufgabe 3: I/O-System (“Videokonferenz”)**(Total 25 Punkte)**

Eine Vorlesung der ETH soll zur Uni Basel übertragen werden. Der Aufbau sei im folgenden Bild gegeben.



Die Vorlesung wird von je einer Kamera und einem separaten Microphon an beiden Standorten aufgenommen. Ein Kompressor komprimiert die Daten und übergibt sie dem lokalen Rechner. Dieser dekomprimiert die Daten mit einem Softwaredecoder, um sie lokal darzustellen. Die komprimierte Fassung wird über das Internet zum entfernten Rechner gesendet. Auf beiden Rechnern soll die gesamte Vorlesung angezeigt werden, dh. alles, was in Basel wie auch in Zürich aufgenommen wird. Damit die Aufzeichnung für die Nachwelt erhalten bleibt, wird die gesamte Vorlesung (Zürich und Basel) auf der Festplatte des ETH-Rechners gespeichert.

Spezifikation der System-Komponenten

Das Equipment in Basel ist mit dem in Zürich identisch, dh. beide haben identische Rechner, identische Kameras, identische Microphone und identische Kompressoren.

- Prozessor (CPU) ist genügend schnell.
- Arbeitsspeicher (RAM) ist genügend gross.
- System-Bus: Wortbreite Daten 32 Bit und eine Taktfrequenz von 100MHz.
- Alle I/O Karten haben genügend grossen Pufferspeicher.
- DMA-Controller :
 - Ein kompletter DMA-Transfer benötigt 1600 Buszyklen zum Aufsetzen und 400 Buszyklen zur Nachbehandlung. Lese- und Schreibzugriffe benötigen keine zusätzlichen Buszyklen.
- Videokamera, digital:
 - Auflösung des Bildsensors: 460 x 360 Pixel; 24 bit pro Pixel; 16 Bilder/Sekunde.
- Microphon, digitaler Ausgang: 8kHz Abtastrate, 8-bit Kodierung pro Abtastwert.
- Netzwerk-Karte (am I/O-Bus): Verbindet beide Rechner mit dem Internet.
- Internet-Verbindung:
 - Bandbreite ist genügend gross.
 - Mittlere Latenz 30ms (dh. vom Zeitpunkt, bei dem ein Frame der Netzwerk-Karte übergeben wird, bis zum Zeitpunkt, bei dem das gleiche Frame beim anderen Rechner verfügbar ist). Ein Frame ist hier definiert als ein Videobild plus den zugehörigen Audiodaten.
- Externer Kompressor (Hardware)
 - Mittlere Kompressionsrate bei Video 1:24
 - Mittlere Kompressionsrate bei Audio 1:10
 - Mittlere Latenz 24ms pro Frame (Audio+Video)

Aufgaben:

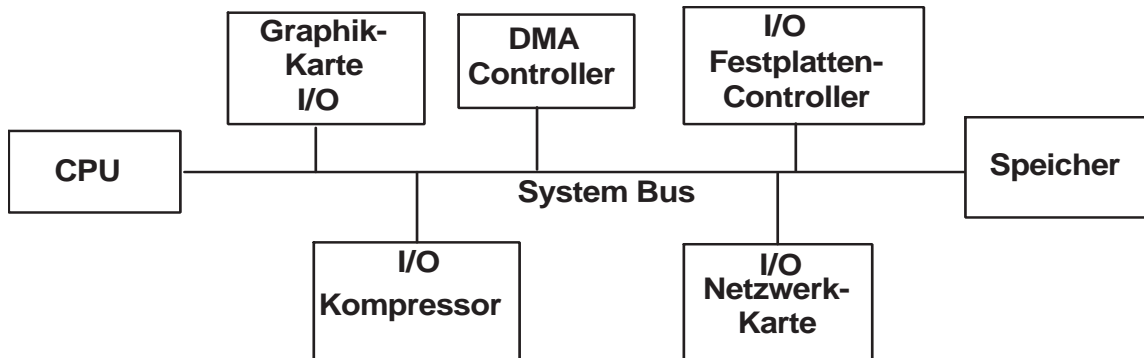
- a) Wieviel Daten pro Sekunde werden im Mittel vom Kompressor dem Rechner übergeben? Wieviel Speicherplatz muss mindestens auf der Festplatte (ETH Rechner) verfügbar sein, falls davon ausgegangen wird, dass eine Vorlesung zweimal 45 Minuten dauert und eine Reserve für weitere 10 Minuten einberechnet wird? Die Daten sind komprimiert.

$$460 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 16 / 24 + 8000 \cdot 8 / 10 = 2656000 \text{ bit/s, resp. } 332000 \text{ Byte/s}$$

$$100 \cdot 60 \cdot 332000 = 1992000000 \text{ Byte} \rightarrow 1945312.5 \text{ KByte (1KB= 1024 Byte)}$$

- b)

Untenstehende Graphik stellt die Architektur des ETH-Rechners dar.



Es sollen die Verarbeitungsschritte eines an der ETH und eines in Basel aufgenommenen Frames auf dem ETH-Rechner aufgezeigt werden. Die Frames werden einzeln ins Netz eingespielen, wobei zusätzliche Information (+*netinfo*) beigefügt wird. Diese 'netinfo' wird beim anderen Rechner wieder entfernt (- *netinfo*) damit das Frame danach dekomprimiert werden kann. Die CPU greift direkt auf den Speicher zu ohne Hilfe des DMA-Controllers.
i.)

Legen Sie **eine mögliche** Reihenfolge des Datentransfers für die Verarbeitung eines **lokal** aufgenommenen Frames in der folgenden Tabelle fest und kennzeichnen Sie, ob das Frame komprimiert ist.

Datentransfer	No.	Kompr.	Datentransfer	No.	Kompr.
Speicher -> I/O Graphik	8	Nein	Speicher->CPU	3	JA
I/O Kompressor->Speicher	1	JA	CPU->Speicher (+netinfo)	4	JA
Speicher->I/O Netzwerk-Karte	5	JA	Speicher->CPU	6	JA
Speicher-> I/O Festplatte	2	JA	CPU->Speicher	7	Nein

ii.) (6 Punkte)

Legen Sie eine mögliche Reihenfolge des Datentransfers für die Verarbeitung eines **in Basel** aufgenommenen Frames fest und kennzeichnen Sie, ob bei denen das Frame komprimiert ist.

Datentransfer	No.	Kompr.	Datentransfer	No.	Kompr.
Speicher -> I/O Graphik	7	Nein	Speicher->CPU	2	JA
I/O Netzwerk-Karte->Speicher	1	JA	CPU->Speicher (-netinfo)	3	JA
Speicher-> I/O Festplatte	4	JA	Speicher->CPU	5	JA
			CPU->Speicher	6	Nein

- c)

Die sieben Aktionen in der ersten Spalte der beiden Tabellen aus Aufgabe b.) stellen einen DMA-Zyklus auf dem ETH-Rechner dar, der alle 62.5 ms ausgeführt werden muss. Wie gross ist die mittlere prozentuale Auslastung des Systembuses durch den DMA (inklusive Aufsetzen und Nachbearbeitung)? Hinweise: Die '*netinfo*' ist 54 Bytes gross. Zudem nehme man

vereinfachend an, dass der Audioanteil ebenfalls zur 'I/O der Graphik-Karte' geschickt wird.

7 DMA Aufsetzen und Nachbehandlung: $7 * 2000$ Buszyklen

5 komprimierte Frames: $5 * 20750$ Byte --> $5 * 5187,5$ Buszyklen

2 netinfos: $2 * 54$ Byte --> $2 * 13,5$ Buszyklen

2 dekomprimierte Frames: $2 * 497300$ Byte --> $2 * 124325$ Buszyklen

Total: 288614.5 Buszyklen --> 4.62 % Auslastung