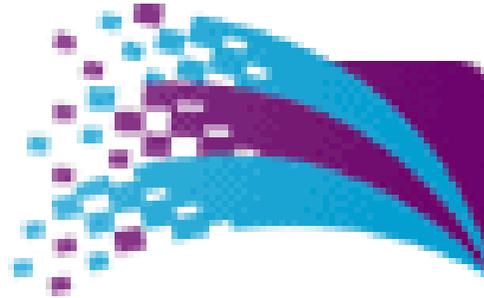


Universität Mannheim
Lehrstuhl für Praktische Informatik IV
Prof. Dr. Effelsberg

Digital Fountain

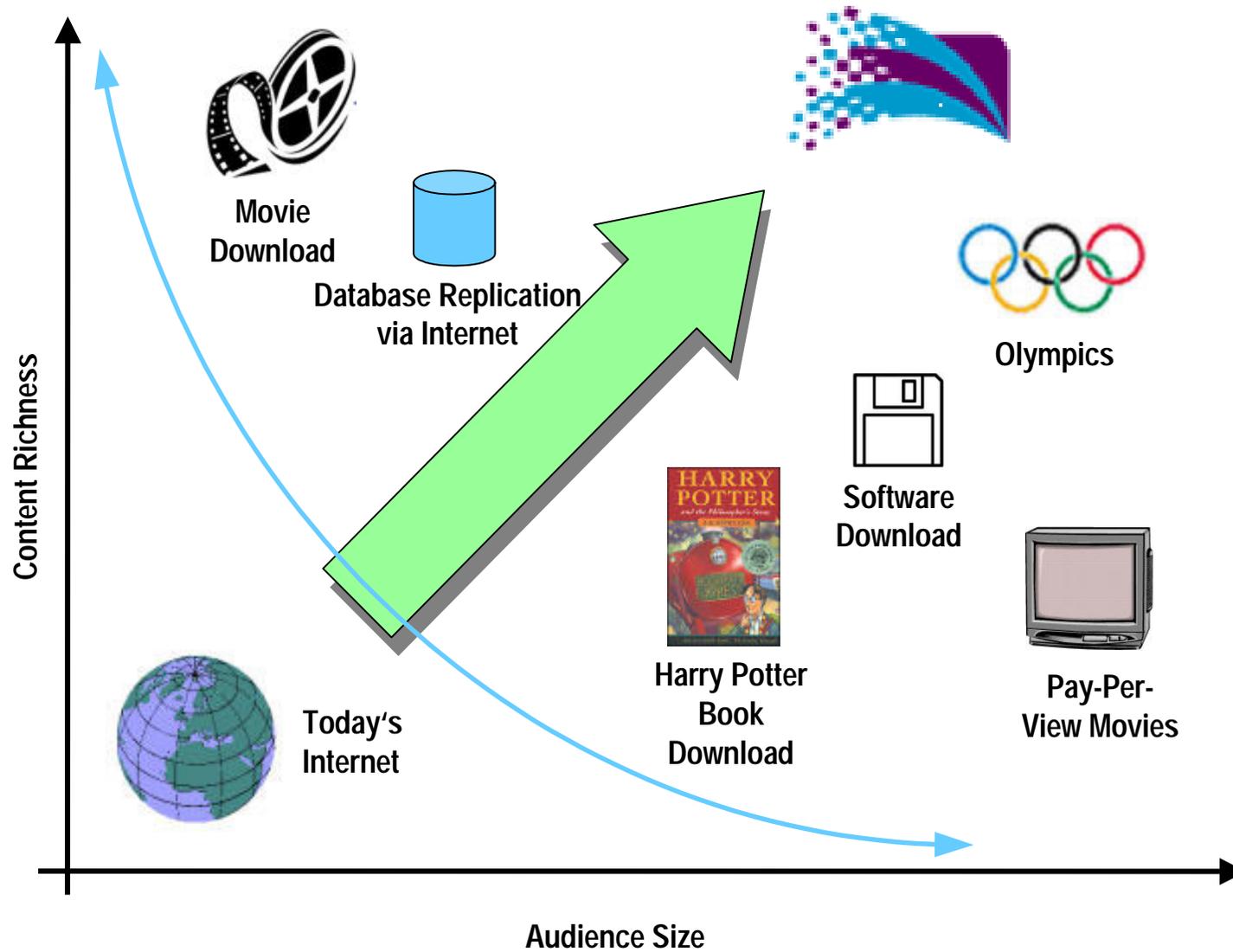


- Motivation
- Architektur
- Technologie
- Leistungsfähigkeit
- Kritische Würdigung



digitalfountain

Digital Fountain entwickelte einen neuen Ansatz
zur Übertragung großer Datenmengen an eine unbegrenzte Menge von Clients.

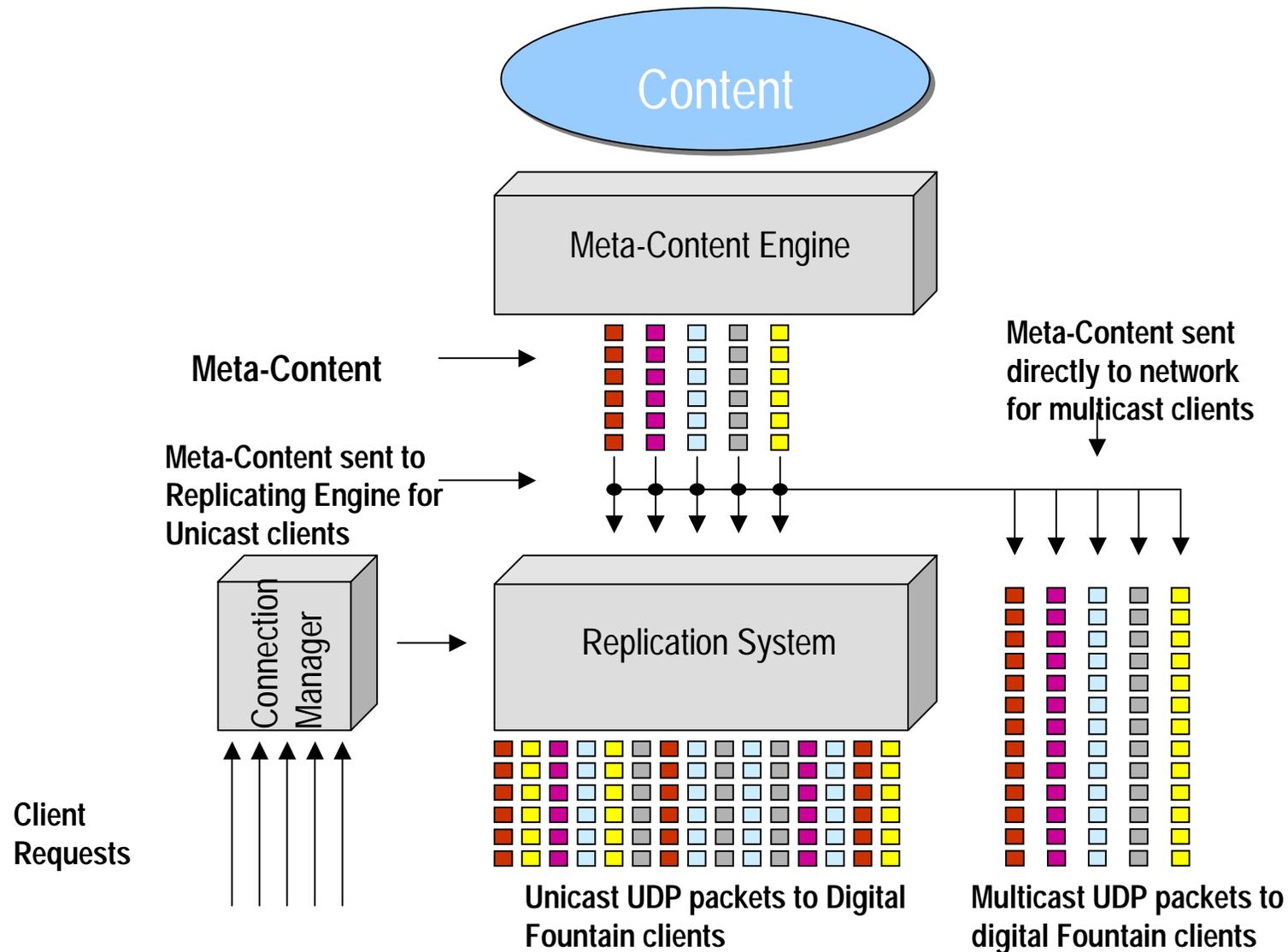


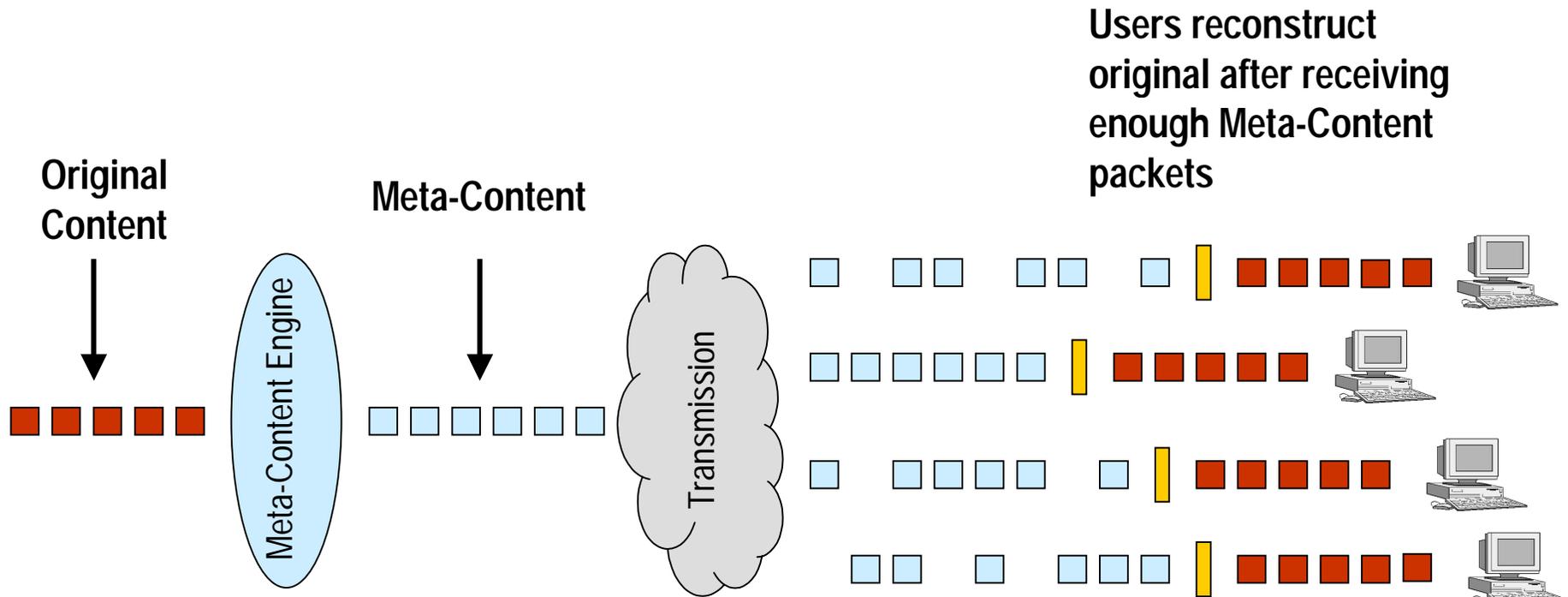
- Was ist Digital Fountain ?
- Wie funktioniert Digital Fountain ?
- Was ist die Besonderheit an Digital Fountain ?
- Was verspricht Digital Fountain ?
- Einsatzgebiete ?



Architektur

- **Flexibilität**
 - Jeder Client nimmt an der Übertragung teil und verlässt nach seinem Belieben die Session
- **Rate und Flow Control**
 - Clients variieren ihre Datenrate je nach der verfügbaren Bandbreite ihres Servers
 - Flusskontrolle im klassischen Sinn ist nicht erforderlich
- **Ausfallsicherheit**
 - Jede Datei eines Meta-Content™-Paketes kann von jedem Kunden entschlüsselt werden, wenn dieses ungefähr so lange ist wie die zu entschlüsselnde Datei
- **Effizienz**
 - Übertragungsraten mit minimalem Overhead
- **Zugriff „On Demand“**
 - Herunterladen von Daten je nach Belieben
- **Toleranz**
 - Protokoll toleriert verschiedenartige Empfängergruppen
- **Skalierbarkeit**
 - Keine positiven und negativen Bestätigungen sind zur Gewährleistung der Ausfallsicherheit erforderlich
 - Paketfluss nur an verbundene Clients

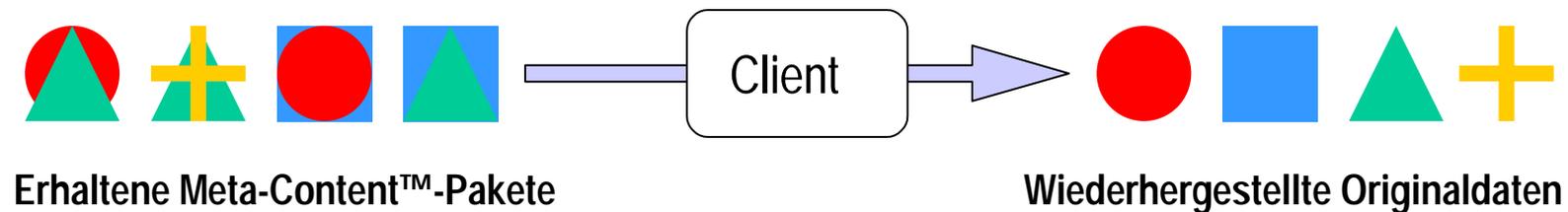




- Aus der Originaldatei werden mittels eines bestimmten Verfahrens Meta-Content™-Pakete vom Digital Fountain Server generiert
- Die Anzahl an Meta-Content™-Paketen ist unbegrenzt \Rightarrow Strom



- Sobald der Client **genügend** viele Meta-Content™-Pakete empfangen hat, beginnt der Client die Pakete zu entschlüsseln
- Reihenfolge der Pakete spielt keine Rolle



➤ **Kosten:**

- Frei über www.digitalfountain.com verfügbar

➤ **Aufgaben:**

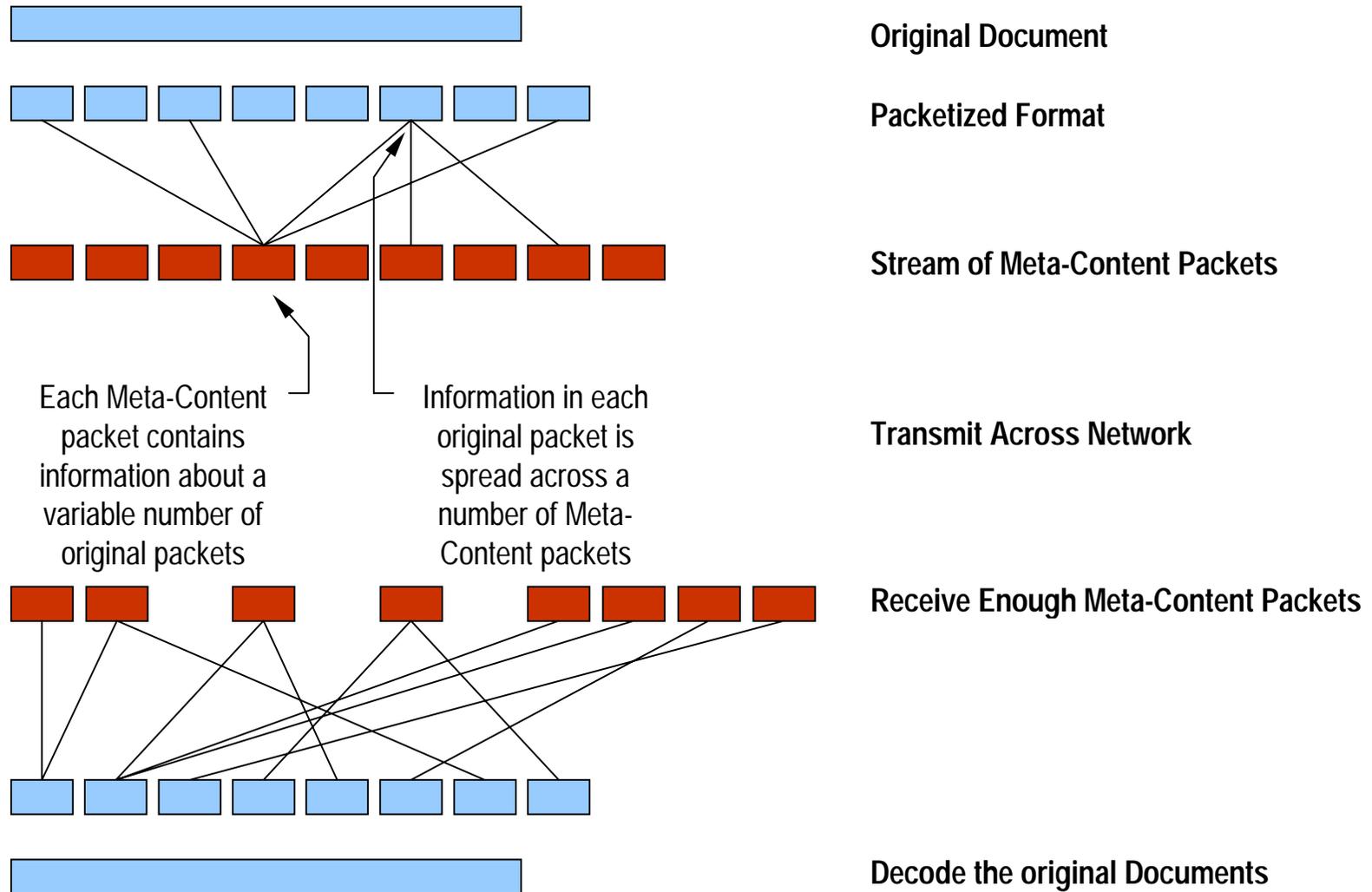
- Empfangen von Meta-Content™-Paketen
- Wiederherstellen der Originaldaten
- Speichern der Daten am installierten Rechner

➤ **Eigenschaften:**

- Sehr schnelles Wiederherstellen der Daten
- Minimierung des Speicherbedarfs
- Benutzt zuerst Multicast, dann Unicast ⇒ Minimierung der Output-Bandbreite des Servers



Technologie



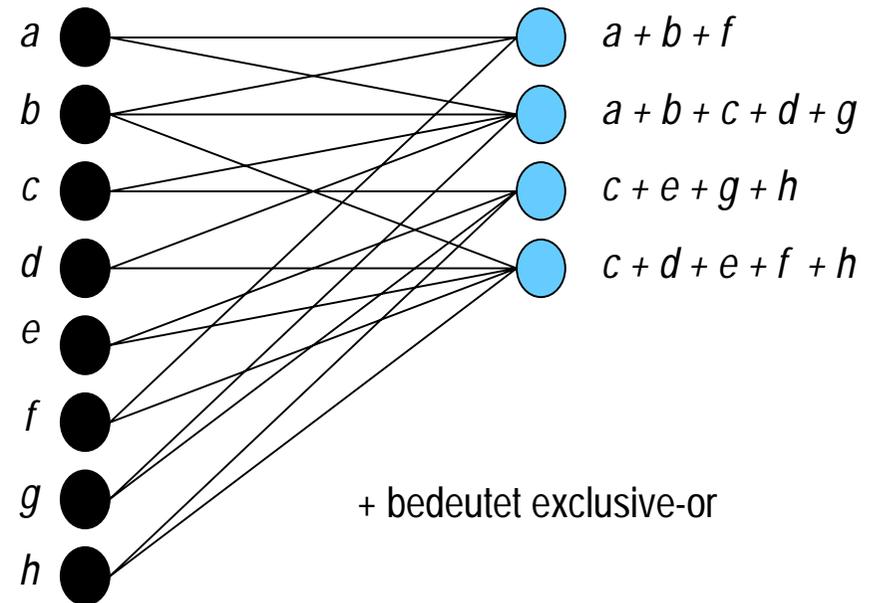
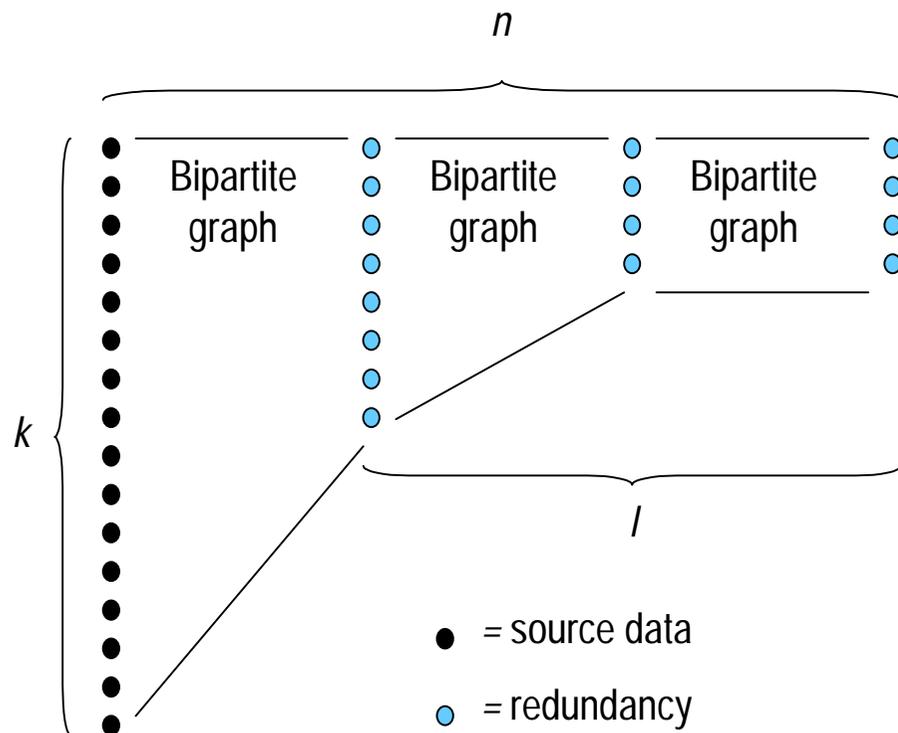
Vergleich Reed-Solomon mit Tornado Code (1/2)

- **Reed-Solomon Code:**
 - Datei ist in Blöcke mit je k Segmenten aufgeteilt
 - $n-k$ verschlüsselte Segmente werden jedem Block hinzugefügt \Rightarrow benutzen RS Encoder
 - Jedes Paket enthält entweder eine Datei oder ein verschlüsseltes Segment eines bestimmten Blockes
 - Der Paket Encoding Index spezifiziert, um welchen Block und welches Segment es sich dabei handelt
 - k und n sind klein gewählt

Vergleich Reed-Solomon mit Tornado Code (2/2)

- **Tornado Code:**
 - Datei besteht aus k Segmenten
 - $n-k$ ($= l$) verschlüsselte Segmente werden hinzugefügt \Rightarrow benutzen Tornado Encoder
 - Jedes Paket enthält entweder eine Datei oder ein verschlüsseltes Segment
 - Der Paket Encoding Index spezifiziert, um welches Segment es sich dabei handelt
 - k kann groß gewählt werden
 - n ist um einen kleinen konstanten Faktor größer als k

Funktionsweise des Tornado Codes



Eigenschaften von Tornado und Reed-Solomon Code

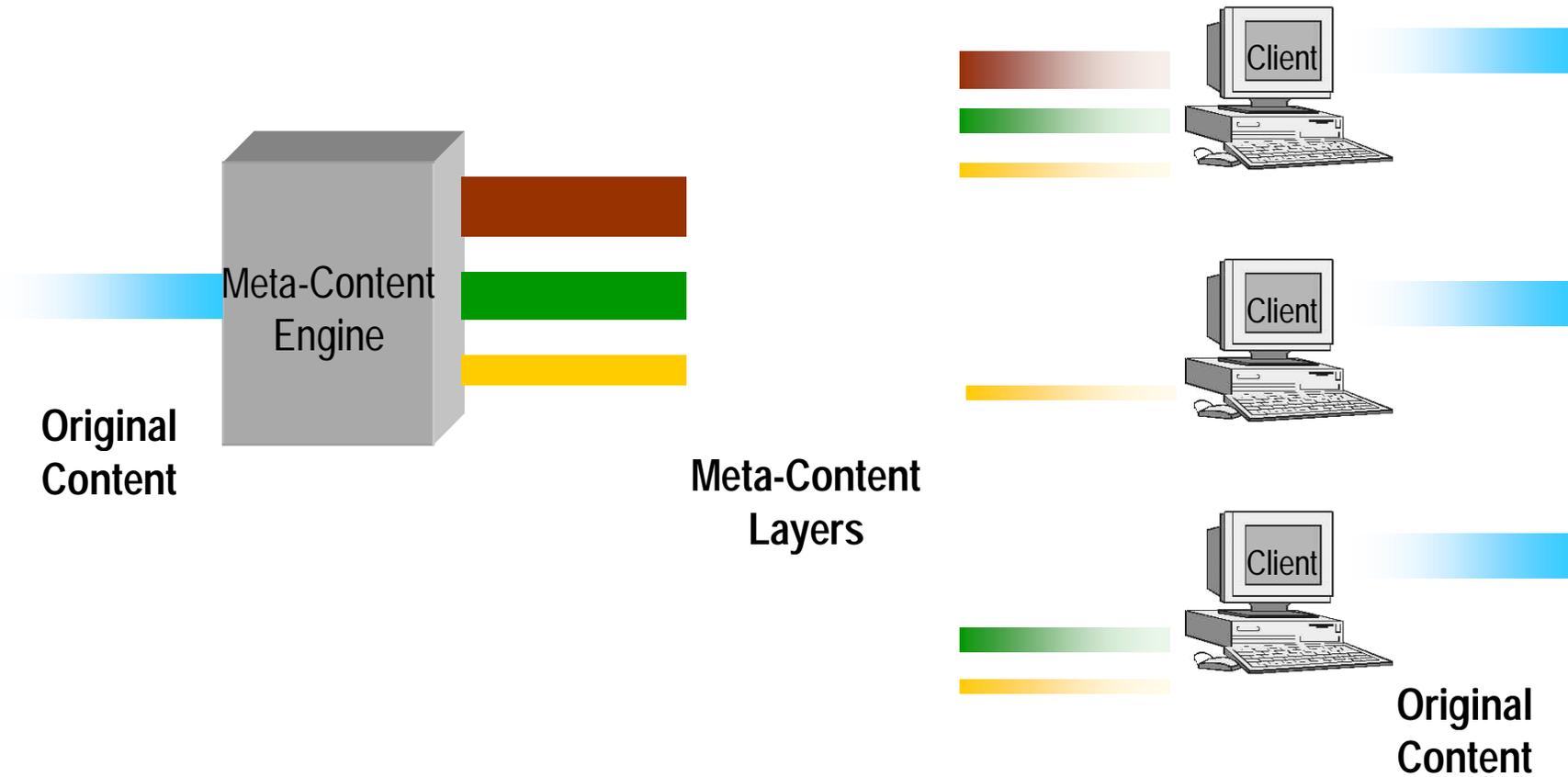
	Tornado Codes	Reed-Solomon Codes
Reception overhead	$\varepsilon > 0$ required	0
Encoding times	$(k + l)\ln(1/\varepsilon)P$	$k(1 + l)P$
Decoding times	$(k + l)\ln(1/\varepsilon)P$	$k(1 + x)P$
Basic operation	Simple XOR	Complex field operations

x: Anzahl an nicht empfangenen Paketen
P: festgelegte Länge

- **Luby Transform Code (Digital Fountain)**
 - Datei besteht aus k Segmenten
 - Jedes verschlüsselte Segment wird mit einem einzigartigen Schlüssel zufällig erzeugt
 - Jedes Paket enthält ein verschlüsselte Segment
 - Der Paket Encoding Index ist der Schlüssel des verschlüsselten Segments
 - k kann groß gewählt werden, es gibt kein n

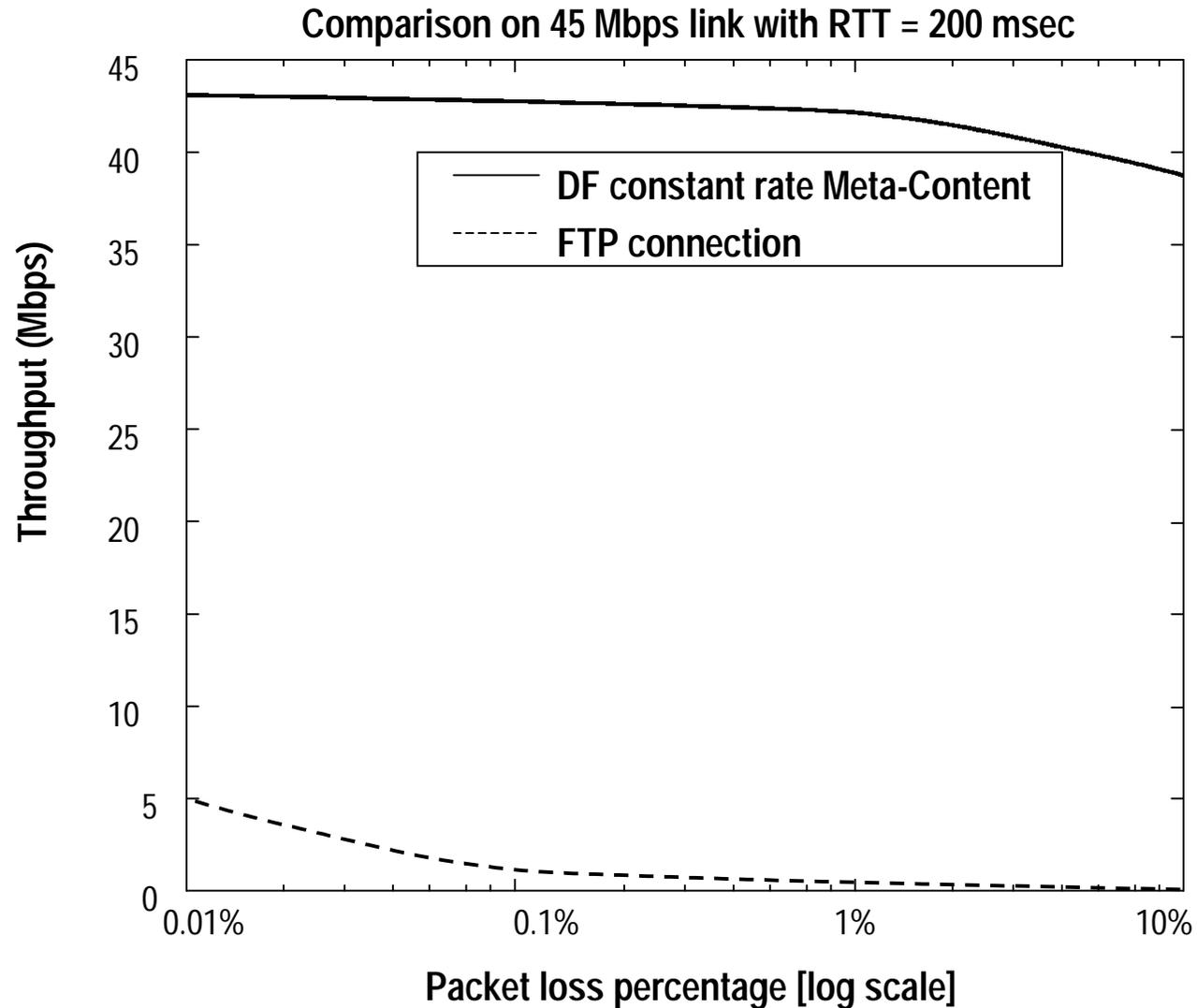
- **Sender** macht keinen Unterschied, ob es sich um einen oder Millionen von Empfängern handelt
 - Die Anzahl der ausgehenden Pakete ist unabhängig
 - von teilnehmenden Clients
 - wann die Clients teilnehmen
- **Empfänger** macht keinen Unterschied, ob es sich um einen oder Millionen von Empfängern handelt
 - Empfangsraten werden unabhängig von anderen Empfängern an Verbindung angepasst
 - Empfangsraten sind während der Übertragung und innerhalb der Empfänger verschieden
- **Netzwerkfreundlich (minimiert Buffer Overflow)**
- **„Fair“ zu anderen Protokollen (z.B. TCP)**

- **Rate Control bei Digital Fountain heißt FLID (Fair Layered Increase Decrease)**
 - ⇒ Multiple Multicastströme (jeder Strom ist ein Layer) generieren Pakete für dieselbe Datei
 - ⇒ Clients sind an so vielen Layers beteiligt, wie es ihre Bandbreitenkapazität erlaubt
 - ⇒ Koordinierung des Beitritts der Clients zu zusätzlichen Clients
 - ⇒ Clients verlassen die Layers, sobald sie Datenverlust spüren
 - ⇒ Kein ACK und NACK Pakete
 - ⇒ Ist fair zu TCP/IP

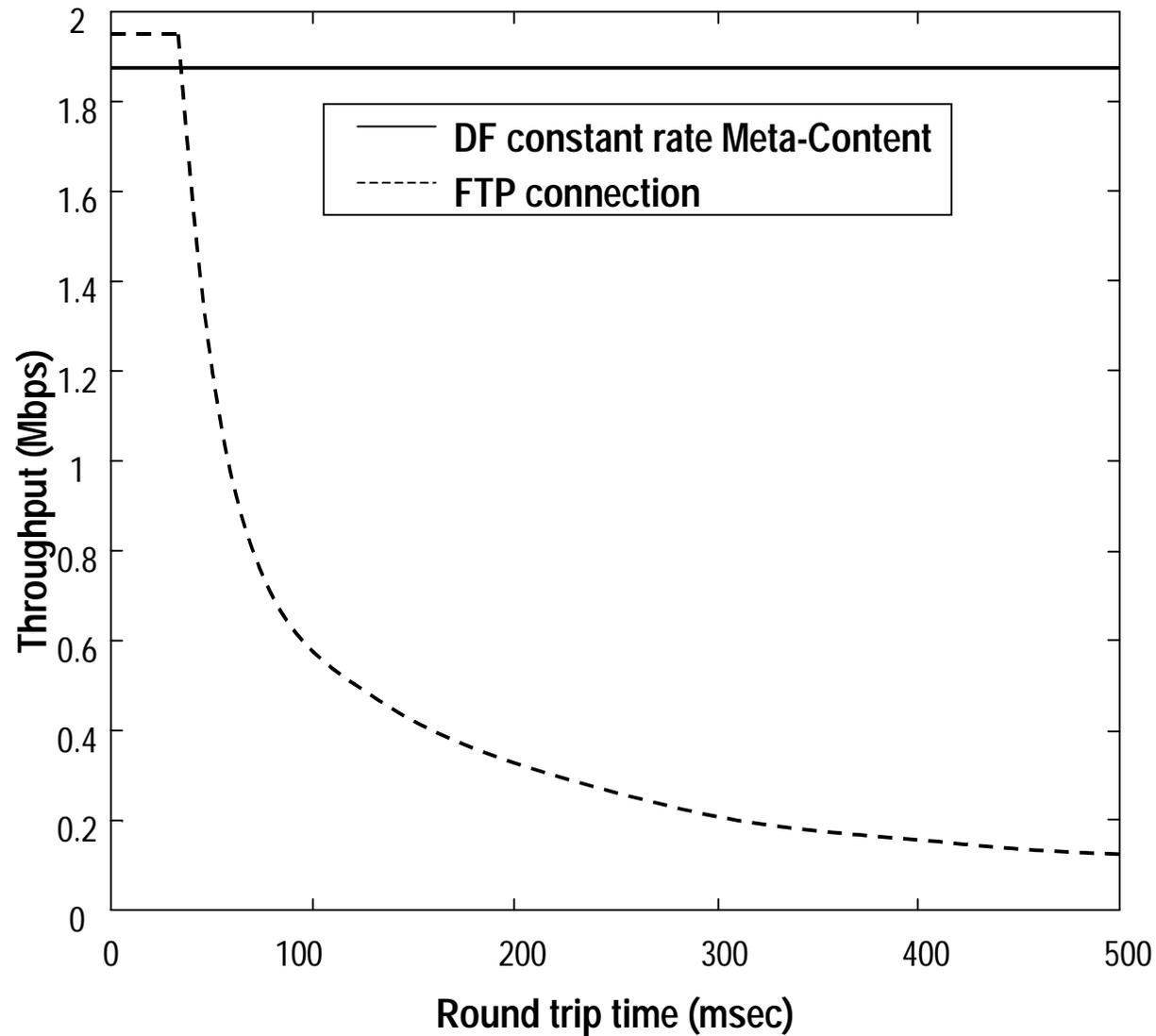




Leistungsfähigkeit



Comparison on 2 Mbps link with 2% loss



Transfer Time with a 1.5 Mbps Connection:

File size	FTP at 300 Kbps*	FTP at 460 Kbps**	Digital Fountain
200 MB	1.5 hours	58 minutes	18 minutes
1 GB	7.4 hours	4.8 hours	1.5 hours
5 GB	37.0 hours	24.2 hours	7.6 hours

Transfer Time with a 45 Mbps Connection:

File size	FTP at 300 Kbps*	FTP at 460 Kbps**	Digital Fountain
200 MB	1.5 hours	58 minutes	39 seconds
1 GB	7.4 hours	4.8 hours	3.3 minutes
5 GB	37.0 hours	24.2 hours	16 minutes

*Maximum throughput with 2% loss and 200 msec RTT.

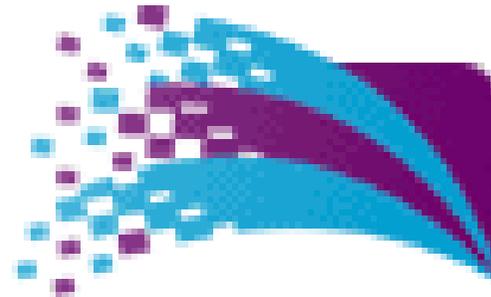
**Maximum throughput with 1% loss and 200 msec RTT.



Kritische Würdigung

- **Digital Fountain Server können für folgendes eingesetzt werden:**
 - Maximierung der Bandbreitenauslastung \Rightarrow Minimierung der Übertragungszeiten
 - Minimierung der Bandbreitennutzung \Rightarrow keine Behinderung
 - Irgendetwas dazwischen

- **Stark skalierbare Technologie zur Übertragung großer Datenmengen**
- **Virtualisierung der Zielgruppe**
 - Serverlast ist für einen oder Millionen von Clients gleich
 - Serverbandbreite ist bei einem oder Millionen von Clients gleich
- **Benötigt wenig Performance**
 - Fair zu anderen Protokollen
 - Netzwerkinfrastruktur wird geschützt
 - Jeder Client erhält Daten mit maximaler Rate, unabhängig von den anderen Clients



digitalfountain

<http://www.digitalfountain.com>