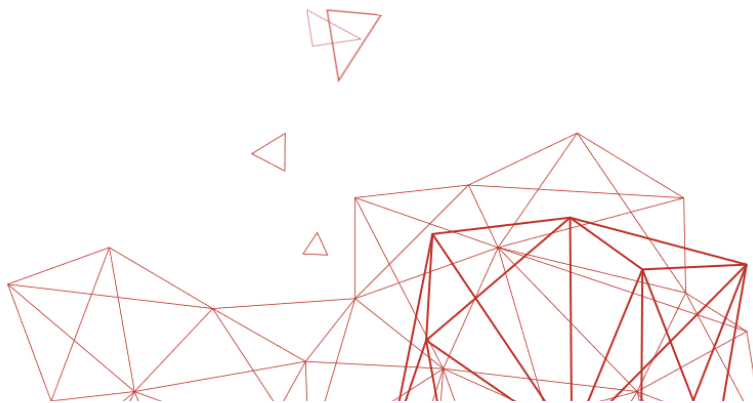


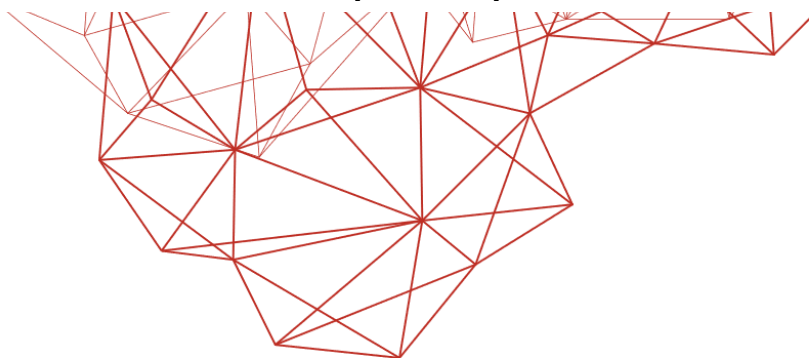


FAIRNESS & KOMPETENZ



NDI ÜBER WAN

AWS und Peplink SpeedFusion



LOGIC media solutions GmbH Zentrale
Sandstraße 7 – 64404 Bickenbach
+49 6257 9380 0

LOGIC media solutions GmbH Mainz
Holzhofstraße 8 – 55116 Mainz



Inhalt

NDI über WAN.....	1
Motivation und Zielsetzung	3
Referenzarchitektur.....	4
Hardware- und Software-Komponenten	5
Testergebnisse.....	5
Best Practices	7
Nutzen für Produktionsteams	7
Fazit.....	8

Motivation und Zielsetzung

Live-Produktionen stehen heutzutage vor der Herausforderung, Audio-, Video- und Daten-Signale zuverlässig, latenzarm und ausfallsicher in höchster Qualität auch über weite Distanzen von einem On-Premise Veranstaltungsstandort in die Cloud zu übertragen. Um diese Anforderungen zu erfüllen, gibt es eine Vielzahl an technologischen Lösungen. Die LOGIC media solutions GmbH begleitet und realisiert dabei alle gängigen Ansätze – je nach Anforderung, Infrastruktur und Zielsetzung.

Dieses White Paper zeigt, wie sich NDI-Signale über Wide Area Networks (WAN) transportieren lassen. Im Fokus steht dabei die Kombination von Peplinks SpeedFusion¹, der AWS-Cloud und der NDI-Bridge, die es ermöglicht, auch bei schwankender Netzqualität oder eingeschränkter Infrastruktur performante Remote-Produktionen umzusetzen. Auf diese Weise können insbesondere mobile Produktionen schneller, flexibler und unabhängiger von lokalen Gegebenheiten realisiert werden. Gleichzeitig sorgt eine redundante Signal-Infrastruktur dafür, dass Ausfallsicherheit und gleichbleibende Qualität gewährleistet bleiben.

Ziel dieser Untersuchung ist es daher, zu zeigen, wie NDI-Signale stabil über WAN übertragen werden können, wie sich Verfügbarkeit sicherstellen lässt und welche Latenzen dabei transparent zu erkennen sind. Damit entsteht eine belastbare Grundlage für skalierbare, zukunftssichere und Cloud-basierte Produktions-Workflows.

Referenzarchitektur

In dem Test „NDI über WAN“ wurden vier verschiedene Szenarien untersucht NDI-Signale von On-Premise-Quellen mit Hilfe einer NDI-Bridge in die AWS-Cloud zu übertragen, um dort dann weiter verarbeitet zu werden.

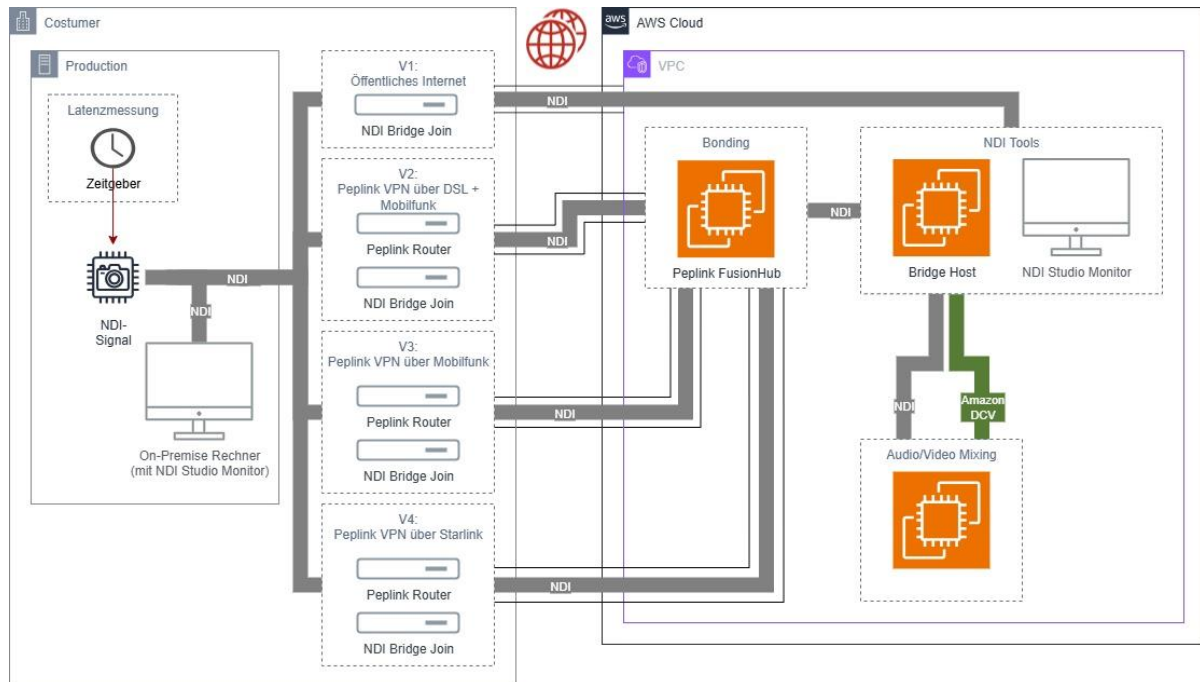


Abbildung 1: Referenzarchitektur NDI über WAN

Es wurden dabei folgende Varianten untersucht:

- V1: Öffentliches Internet ohne Bonding
- V2: DSL + Mobilfunk mit Peplink VPN und Bonding
- V3: Mobilfunk mit Peplink VPN und Bonding
- V4: Starlink mit Peplink VPN und Bonding

Bis auf Variante 1 werden die NDI-Signale jeweils über den Peplink FusionHub empfangen und über das Bandwidth Bonding als NDI-Signal weitergeleitet. In allen vier Signal-Verarbeitungs-Varianten wird das gesendete NDI-Signal dann jeweils von der NDI-Bridge auf der Bildmischer Amazon EC2 Instanz empfangen. Auf die Amazon EC2-Produktionsinstanzen kann mit Hilfe von Amazon DCV auf die grafische Benutzeroberfläche zugegriffen werden.

Für die Latenzmessungen wurden die jeweiligen NDI-Signale auf dem entsprechenden Verbindungsweg wieder zurück an den On-Premise Rechner gesendet.

Hardware- und Software-Komponenten

Unsere Referenzarchitektur setzt auf eine Kombination aus leistungsfähiger Hardware und flexiblen Software-Lösungen, um eine stabile, performante und zugleich skalierbare Infrastruktur zu gewährleisten.

Zentrale Grundlage bildet Peplinks SpeedFusion, welches mehrere Technologien miteinander vereint. Durch Bandwidth Bonding werden hierbei mehrere Internet-Verbindungen zu einer stabilen Signal-Verbindung zusammengeführt. Ergänzend sorgt Smoothing dafür, dass Paketverluste und Jitter minimiert werden, während das Hot Failover bei einem Verbindungsabbruch automatisch und ohne Unterbrechung des Streams auf eine andere Verbindung wechselt. Über InControl2 steht zudem ein zentrales Netzwerk-Management-Tool zur Verfügung.

Software-seitig wird zudem der FusionHub in Form einer Amazon-EC2-Instanz betrieben, die als virtueller Endpunkt für SpeedFusion-Technologien fungiert und zugleich Monitoring-Funktionen bereitstellt. Für Remote-Zugriffe wird das Remote-Display-Protokoll Amazon DCV (ehemals Nice DCV) eingesetzt, welches für grafikintensive Anwendungen optimiert ist. Ergänzend fungiert die NDI-Bridge als Gateway für die Cloud-Anbindung. Schließlich läuft die Produktionsinfrastruktur ebenfalls in AWS, beispielsweise über eine Amazon-EC2-Instanz mit integriertem Bildmischer.

Auf der Hardware-Seite kommt der Peplink-Router „MAX BR2 Pro“ zum Einsatz, ergänzt durch verschiedene Antennenlösungen. Für den Feldeinsatz eignet sich die Outdoor Cellular Antenne „Mobility 40G“, die dank wasser- und UV-festem Gehäuse besonders robust ist. Als kostengünstigere Alternative können Indoor Cellular Antennen genutzt werden, die jedoch nur bei ausreichend guter Netzabdeckung sinnvoll sind. Zusätzlich kann eine Starlink-Antenne verwendet werden, die entweder als Redundanz oder in Gebieten mit schwacher Netzabdeckung dient.

Testergebnisse

In den Tests wurden die, in der Referenzarchitektur dargestellten, Szenarien praktisch erprobt. Dabei standen insbesondere der Frame-Versatz und die Signalstabilität der SDR-Übertragung im Fokus. Zusätzlich wurden CPU-Last und mögliche Paketverluste am On-Premise-Rechner überwacht, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse die Qualität der Übertragungswege widerspiegeln und nicht durch die lokale Rechenleistung verfälscht werden.

Bei Variante 1 konnte kein Verbindungsaufbau über das öffentliche Internet hergestellt werden, da hier das Peplink VPN und somit auch das Bandwidth Bonding nicht verwendet wurde. Das zeigt deutlich: Für den zuverlässigen Transport von NDI-Signalen ist eine professionelle Verbindungstechnologie unverzichtbar.



In Variante 2 mit DSL und Mobilfunk in Kombination mit dem Peplink VPN und Bonding über die NDI-Bridge und dem FusionHub konnten hingegen mehrere 1080p50-Signale zuverlässig übertragen werden. Die Verbindung blieb hierbei mit einer gemessenen Latenz von 21 ± 3 Frames konstant und planbar. Lediglich durch die Einschränkung von tatsächlich erzielbaren Bandbreiten im 5G-Umfeld wurde in diesem Szenario das Signal im Durchsatz begrenzt, allerdings nicht qualitativ negativ beeinträchtigt. Demnach ist diese Variante, auch für Mehrkamera-Produktionen, eine solide Grundlage.

Ebenfalls erfolgreich getestet wurde die dritte Variante mit einer reinen Mobilfunkverbindung in Kombination mit dem Peplink VPN und Bonding. Hier konnten bis zu drei 1080p50 bzw. 2160p50 NDI-Signale mit jeweils 16 Audiokanälen erfolgreich mit einem Frameversatz von 20 ± 2 Frames übertragen werden. Wegen der in diesem Setup eingesetzten, vergleichsweise geringen Rechenleistung wurde das NDI-Signal zwar komprimiert, aber die Verbindung blieb bestehen und es traten weder Paketverluste noch sichtbare Artefakte auf. Damit wird bestätigt, dass selbst UHD-Signale in sendefähiger Qualität möglich sind – ein entscheidender Vorteil für mobile Produktionen und Events ohne feste Infrastruktur.

Der Test mit Starlink war aufgrund von Umgebungsfaktoren wie nahestehenden Bäumen und Gebäuden nur eingeschränkt durchführbar. Dennoch lässt sich daraus ableiten, dass Starlink unter idealen Bedingungen eine wertvolle Ergänzung oder Redundanz darstellt, insbesondere in abgelegenen Regionen oder bei fehlender terrestrischer Abdeckung.

Ein Vergleich der Antennen zeigte zudem deutliche Unterschiede: Die Indoor-Antennen führten zu erhöhter Latenz und einer ruckeligen Signalübertragung, während die Outdoor-Antenne stabile und gleichmäßige Ergebnisse lieferte. Für den Praxiseinsatz bedeutet das, dass hochwertige Outdoor-Antennen die sicherere Wahl für professionelle Produktionen darstellen. Paketverluste traten lediglich dann auf, wenn der lokale Rechner ausgelastet war oder die Verbindungsqualität stark schwankte. In einer korrekt dimensionierten Produktionsumgebung mit geeigneter Infrastruktur bleibt die Übertragung stabil und zuverlässig.

Best Practices

Aus den Untersuchungen gehen folgende Empfehlungen hervor:

1. Peplink VPN und Bonding ist zwingend notwendig! Nur so lässt sich eine Verbindung über WAN und ein stabiler Signalfluss erzeugen.
2. Redundanz einplanen! Die Kombination verschiedener Verbindungsarten (z. B. 5G + DSL/Starlink) stellt sicher, dass Produktionen auch bei Netzausfällen ohne Unterbrechung weiterlaufen.
3. Hot Failover möglich machen. Beim Wechsel zwischen Leitungen bleibt das Signal für Zuschauer und Produktionsteams unhörbar und unsichtbar – selbst im Live-Betrieb.
4. Smoothing aktivieren. Jitter und Paketverluste werden ausgeglichen, sodass die Signalstabilität auch bei hohen Datenraten (z. B. UHD) gewährleistet wird.
5. Antennenqualität berücksichtigen. Outdoor-MIMO-Antenne liefern deutlich stabilere Ergebnisse. Die Indoor-Antennen-Varianten sind nur bei sehr guter Feldstärke eine sinnvolle Option.
6. NDI-Bridge ausreichend dimensionieren. Eine leistungsfähige CPU verhindert Engpässe bei höheren Datenraten. Bei Bedarf kann zusätzliche Pufferung eingerichtet werden, um die Signalstabilität weiter zu erhöhen.
7. Starlink gezielt einsetzen. Optimal bei freier Sicht und günstigen Umgebungsbedingungen. In solchen Szenarien bietet Starlink eine zuverlässige Ergänzung oder Redundanz.

Nutzen für Produktionsteams

Produktionsteams erreichen mit den Peplink Technologien eine planbare Qualität trotz variabler Feldabdeckung durch Bonding/Failover, welche sich von Ein-Kamera, bis Mehrkameraproduktionen flexibel skalieren lassen. Die Inbetriebnahme ist zudem schnell möglich und unter anderem durch InControl2 ergibt sich eine zentrale Steuerung bzw. ein fortlaufendes Monitoring der Datenverbindung. Außerdem ist ein Cloud-basiertes remote-Arbeiten möglich mit der Nutzung von AWS.

Fazit

Die Untersuchung zeigt: Mit Peplink lassen sich NDI-Signale auch über WAN und außerhalb klassischer Studioumgebungen stabil und mit niedriger Latenz übertragen. Selbst bei schwankender Netzqualität bleiben professionelle Produktions-Workflows dank Bandbreiten Bonding, intelligentem Failover und kontinuierlichen Monitoring zuverlässig und ausfallsicher.

Für Produktions- und Eventteams bedeutet dies mehr Flexibilität in der Planung, eine geringere Abhängigkeit von lokaler Infrastruktur und die Möglichkeit, Live-Produktionen schneller und effizienter zu realisieren. Gleichzeitig wird die Grundlage geschaffen, um auch komplexe, cloubasierte Live-Produktionen redundant, robust und skalierbar zu betreiben – sei es bei mobilen Außeneinsätzen, hybriden Veranstaltungen oder groß angelegten Mehrkamera-Produktionen. Damit eröffnet NDI über WAN neue Spielräume für moderne Produktions-Workflows, die sich flexibel an unterschiedliche Anforderungen anpassen lassen und langfristig zukunftssicher bleiben.

ⁱ Peplink bietet mit SpeedFusion eine SD-WAN-Technologie, die mehrere Verbindungen bündelt und so eine stabile Performance sicherstellt. Der dazugehörige virtuelle Endpunkt FusionHub lässt sich flexibel in Cloud-Umgebungen betreiben und ermöglicht SpeedFusion-Konnektivität. In Kombination mit InControl 2 wird ein zentrales Management und Monitoring möglich.