Lessenserie voor Medium Access Control protocollen

Verslag van Onderzoek van Onderwijs (10 EC variant)

Naam:	Sven Konings
Studentnummer:	s1534130
Vak:	Informatica
Begeleiders:	Ingrid Breymann Wim Nijhuis

17 augustus 2021

Inhoudsopgave

1 Inleiding **1**

2 Theoretisch Kader **3**
2.1 Medium Access Control (MAC) . . . 3
2.2 Challenge werkvorm . . . 4
2.2.1 Competitie . . . 4
2.2.2 Coöperatie . . . 5
2.2.3 Gamification . . . 6

3 Onderzoeksvragen **8**

4 Methode **9**
4.1 Vooronderzoek . . . 9
4.2 Ontwerpfase . . . 10
4.3 Evaluatie . . . 10

5 Vooronderzoek **12**
5.1 Literatuur . . . 12
5.2 Examenprogramma . . . 14
5.3 Bestaand lesmateriaal . . . 14
5.4 Network Systems op de Universiteit Twente . . . 15
5.4.1 Lesstof Network Systems . . . 15
5.4.2 Interview modulecoördinator Network Systems . . . 16
5.5 Conclusie . . . 17

6 Ontwerp **21**
6.1 Challenge-omgeving . . . 21
6.1.1 Beschrijving challenge-omgeving . . . 21
6.1.2 Ontwerpeisen challenge-omgeving . . . 24
6.1.3 Challenge-omgeving prototype observaties . . . 26
6.2 Lessenserie . . . 27
6.2.1 Beschrijving lessenserie . . . 27
6.2.2 Ontwerpeisen lessenserie . . . 28
6.2.3 Extra eisen . . . 30
6.2.4 Expertreviews lessenserie . . . 30
6.2.5 Resultaten lessenserie-ontwerpfase . . . 31
6.3 Conclusie . . . 32

7 Evaluatie **33**
7.1 Pilot observaties . . . 33
7.2 Pilot protocol presentaties . . . 33
7.3 Pilot enquête . . . 34
7.4 Conclusie . . . 35

8 Conclusie en discussie **37**
8.1 Discussie . . . 37

Literatuur **39**

Appendix **41**
A MAC-protocol voorbeelden . . . 41
B Challenge-omgeving prototype observaties . . . 42
C Berichtenspel . . . 44
D Presentatie les 1 . . . 46
E Presentatie les 2 . . . 48
F Presentatie les 3 . . . 55
G Presentatie les 4 . . . 56
H Presentatie les 5 . . . 57
I Handreiking lessenserie . . . 59
J Expertreview lessenserie . . . 65
K Informatiedocument pilot lessenserie . . . 67
L Lessenserie pilot observaties . . . 69
M Lessenserie protocol presentaties . . . 70
N Enquête lessenserie vragen . . . 72
O Enquête lessenserie resultaten . . . 74

Samenvatting

Dit is een ontwerponderzoek over een lessenserie binnen het Keuzedomein L: Netwerken van het 2019 examenprogramma informatica. Het doel van dit onderzoek is om een enthousiasmerende en effectieve lessenserie te ontwerpen die gebruik maakt van een werkvorm waarin leerlingen zelf simulaties kunnen draaien en proberen een zo hoog mogelijke score te behalen. De lessenserie gaat over Medium Access Control-protocollen en maakt gebruik van een omgeving waarin leerlingen deze protocollen kunnen simuleren. De lessenserie begint met theorie aan de hand van een spel en vervolgens kunnen leerlingen in tweetallen protocollen simuleren en proberen de scores van andere groepen te overtreffen. Het resulterende lesmateriaal vormt een veelbelovende basis, maar er moet meer tijd genomen worden om alle stof te behandelen en er moet meer sturing binnen de lessenserie worden aangebracht.

Hoofdstuk 1

Inleiding

Netwerksystemen is een verplicht onderdeel van het informatica examenprogramma van 2018/2019[1] en een keuzethema in het examenprogramma van 2019/2020[2]. De huidige lesstof over het onderdeel netwerksystemen is vaak erg theoretisch met weinig praktische opdrachten, terwijl dit onderdeel zich ook goed leent voor praktische opdrachten. De theorie in de praktijk toepassen helpt leerlingen te activeren en op een andere manier na te denken over de stof. Het toepassen van de stof vergt namelijk een hogere orde van denken volgens Blooms taxonomie (Bloom, Engelhart, Furst, Hill & Krathwohl, 1956). De huidige informatica lesmethodes zijn ook bezig hun stof over netwerksystemen te vernieuwen en daarbij meer praktische opgaven toe te voegen. Dit onderzoek sluit daarop aan.

De inspiratie voor dit onderzoek komt van de module netwerksystemen aan de Universiteit Twente wordt toegepast. Binnen deze module wordt het onderdeel netwerksystemen behandeld met behulp van een wekelijkse challenge. Tijdens deze challenge moeten de studenten in tweetallen een bepaalde opdracht oplossen gerelateerd aan de lesstof van die week. Bij elke challenge hoort een omgeving waarin studenten hun oplossingen kunnen simuleren. Bij elke simulatie wordt er automatisch een score berekend op basis van criteria die aan het begin van de challenge bekend zijn gemaakt. De hoogste scores zijn live te zien op een leaderboard, dat ook wordt geprojecteerd in de collegezaal. Na afloop van de challenge moeten de studenten hun beste oplossing inleveren, waarop ze vervolgens worden beoordeeld.

Zelf vond ik de challenges een erg leuk en leerzaam onderdeel in een anders vrij theoretische module. Door de challenges is bij mij de stof ook beter blijven hangen. De challenge werkvorm bevat een combinatie van samenwerking, competitie en gamification. Deze elementen hebben een positief effect op de participatie en prestaties van leerlingen (Slavin, 1980; Johnson & Johnson, 2002; Iosup & Epema, 2014). Ook moeten deelnemers zelf oplossingen maken en kunnen ze met behulp van simulaties meteen zien wat het effect is van aanpassingen van de gemaakte oplossing.

Het doel van dit onderzoek is om leerlingen te enthousiasmeren en de lesstof beter te laten beklijven door de challenge werkvorm toe te passen binnen het onderdeel netwerksystemen op de middelbare school. Voor dit onderzoek focussen wij op het onderwerp Medium Access Control (MAC). Medium Access Control is een onderdeel van de meeste netwerkprotocollen die bepaald wanneer welk apparaat iets mag zenden over een communicatiekanaal.

Een voorbeeld hiervan is een Wifi-router die met meerdere mobieltjes verbonden is. Als de mobieltjes tegelijk proberen te communiceren met de router dan “praten ze door elkaar heen”

[1] examenblad.nl/examenstof/informatica-vwo-2/2018/f=/inf_havovwo.pdf
[2] examenblad.nl/examenstof/informatica-havo-en-vwo-3/2019/f=/examenprogramma_Informatica_havo-vwo.pdf

als het ware en krijgen ze beide geen antwoord (en dus geen internet). Een MAC-protocol zorgt ervoor dat de mobieltjes niet tegelijk gaan praten. Een goed MAC-protocol zorgt hierbij ook voor een eerlijke verdeling, zodat als jij een tekstberichtje wilt verzenden je niet eerst hoeft te wachten tot je buurman klaar is met het downloaden van een hele film.

MAC-protocollen was één van de challenges uit de module netwerksystemen. Wij hebben voor dit onderwerp gekozen om drie redenen. Ten eerste staat het onderwerp relatief dicht bij de leerlingen, wat helpt met het concreter maken van de opdracht. Ten tweede zijn MAC-protocollen goed te simuleren en zijn er veel verschillende mogelijkheden om het probleem van tegelijk zenden op te lossen. Hierdoor passen MAC-protocollen goed binnen de challenge werkvorm. Tot slot is dit een onderdeel dat niet vaak behandeld wordt, terwijl het steeds relevanter wordt met het groeiende aantal draadloze apparaten. Voor dit onderzoek willen wij de MAC-protocol challenge geschikt maken voor de middelbare school en daaromheen een lessenserie maken.

Dit alles leidt ons tot de volgende onderzoeksvraag:

Hoe geef je een enthousiasmerende en effectieve lessenserie over MAC-protocollen gebruik makend van de challenge-werkvorm?

Hoofdstuk 2

Theoretisch Kader

Om de onderzoeksvragen op te stellen hebben we eerst wat informatie verzameld over het onderwerp en de werkvorm. Sectie 2.1 geeft een korte beschrijving van het onderwerp. Sectie 2.2 analyseert de verschillende aspecten die bij de challenge werkvorm horen.

2.1 Medium Access Control (MAC)

Voor een lessenserie over MAC-protocollen is het belangrijk ons te verdiepen in het onderwerp. Deze sectie verzorgt de benodigde achtergrondinformatie door te behandelen wat MAC-protocollen zijn en hoe ze gebruikt worden.

Medium Access Control is een onderdeel van het Open Systems Interconnection model (OSI-model). Het OSI-model is een gestandaardiseerd model om communicatiestandaarden op te delen in zeven verschillende abstractielagen met allemaal hun eigen functies (ISO/IEC 7498-1:1994, 1994). Medium Access Control is een sublaag van de datalinklaag en is verantwoordelijk voor wie toegang krijgt tot het kanaal op welk moment. Dit zorgt ervoor dat verschillende datastromen een enkel kanaal kunnen delen. Medium Access Control is daarom een vorm van Multiplexing. Bij Multiplexing worden verschillende datastromen gecombineerd tot een enkele datastroom over een gedeeld kanaal.

Binnen MAC-protocollen wordt er een onderscheid gemaakt tussen full-duplex en half-duplex communicatie. Bij full-duplex communicatie kan een systeem tegelijkertijd luisteren en zenden. Dit is vaak mogelijk bij bedrade systemen. Dit betekent dat een systeem dat aan het zenden is meteen kan reageren als een ander systeem gaat zenden. Bij half-duplex communicatie kan een systeem niet tegelijkertijd luisteren en zenden. Dit is vaak het geval bij draadloze communicatie. Dit betekent dat een systeem dat aan het zenden is niet kan luisteren of er een ander systeem doorheen zendt. Om zeker te weten dat een bericht is aangekomen is er daardoor een ontvangstbevestiging nodig van de ontvangende partij. Hierdoor weet het systeem pas achteraf of het verzenden is gelukt.

Er zijn veel bestaande MAC-protocollen. Hieronder worden een aantal veelvoorkomende MAC-protocollen uitgelicht:

- **ALOHA** - Meteen zenden; bij collisie willekeurige tijd wachten
- **Carrier Sense Multiple Access (CSMA)** - Eerst luisteren of iemand zendt; Zenden als niemand zendt; Bij collisie willekeurige tijd wachten
- **Time Division Multiple Access (TDMA)** - Elk systeem krijgt een eigen tijdslot waarin die mag zenden

- **Frequency Division Multiple Access (FDMA)** - Kanaal wordt opgedeeld in frequenties (kleinere kanalen); elk systeem krijgt eigen frequentie

Het OSI-model wordt vaak al behandeld binnen het onderdeel netwerksystemen en deze lessenserie kan daarop mooi aansluiten. Binnen deze lessenserie focussen we op half-duplex communicatie, omdat hierbij de meeste uitdagingen komen kijken en dit daarom de interessantste vorm is om te behandelen. Voor de challenge gaan we ervan uit dat de systemen allemaal op dezelfde frequentie sturen. Dit betekent dat we de ALOHA, CSMA en TDMA protocollen zelf kunnen implementeren binnen de challenge, maar het FDMA protocol niet.

2.2 Challenge werkvorm

Om de challenge werkvorm succesvol te implementeren in onze lessenserie voor de middelbare school moeten we kijken hoe we de verschillende aspecten waaruit de challenge werkvorm bestaat in onze lessenserie kunnen toepassen. Voor elk aspect is het belangrijk om te weten wat de essentiële onderdelen zijn, wat de effecten zijn en welke randvoorwaarden daarbij horen. De drie belangrijkste aspecten van de challenge werkvorm zijn competitie, coöperatie en gamification. In deze sectie wordt deze aspecten uitgelicht.

2.2.1 Competitie

Competitie in de klas bestaat in verschillende vormen. Johnson en Johnson (2002) hebben verschillende competitieve, coöperatieve en individualistische leeromgevingen vergeleken. Bij coöperatieve leeromgevingen ervaren leerlingen een positieve onderlinge afhankelijkheid om de gestelde doelen te halen. Bij competitieve leeromgevingen is er juist een negatieve onderlinge afhankelijkheid en bij individualistische leeromgevingen is er geen onderlinge afhankelijkheid. Als een omgeving zeer competitief is, waarbij leerlingen er voordeel uit halen wanneer andere leerlingen het slechter doen, dan heeft dit negatieve gevolgen voor resultaten van leerlingen. Als competitie wordt toegepast onder de juiste condities, kan het juist wel positieve effecten hebben op de prestaties. Deze condities zijn als volgt:

1. De competitie valt binnen een bredere samenwerkende context (er is gezamenlijk afgesproken dat je een competitie gaat houden met duidelijk start en einde)
2. Er zijn duidelijke regels en criteria voor winnen
3. De opdracht is duidelijk gedefinieerd
4. De opdracht is geschikt (makkelijk te leren, op niveau)
5. De teams zijn niet van elkaar afhankelijk
6. De teams hebben een gelijke kans om te winnen
7. Winnen is niet belangrijk

Volgens Johnson en Johnson kan competitie onder deze voorwaarden een goede afwisseling zijn voor leerlingen die normaliter werken onder een coöperatieve context. Onder andere condities beschrijven ze competitief gedrag als schadelijk voor de klas en het leerproces omdat leerlingen elkaar onderuit proberen te halen.

Regueras et al. (2009) hebben onderzoek gedaan naar de effectiviteit van competitieve E-learning tools in het hoger onderwijs. Hieruit is gebleken dat competitie een positieve bijdrage kan leveren aan het leerproces. De examenscores van de studenten die met competitieve tools werkten waren beter dan die van de controle groep en de studenten gaven zelf aan dat ze meer voldoening kregen. De verbetering van de examenscores was zowel zichtbaar bij leerlingen die achteraan stonden in de competitie als bij leerlingen die vooraan stonden in de competitie.

Burguillo (2010) heeft onderzoek gedaan naar het gebruik van speltheorie toernooien om een competitie op te zetten en daarmee leerlingen te motiveren en hun prestaties te verbeteren. Speltheorie bestudeerd de strategische interacties tussen spelers die bijvoorbeeld worden genomen bij bordspellen. Binnen deze theorie zijn er verschillende doelen en mechanismes vastgelegd die gebruikt kunnen worden binnen een toernooi. Burguillo noemt leren op basis van een competitie als een mogelijke manier om de motivatie en het leerproces van studenten te verbeteren. Hij geeft aan dat speltheorie gecombineerd met een vriendelijke competitie, zoals vastgesteld volgens de condities beschreven in deze sectie, een sterke motiverende factor kan zijn voor de studenten en hun prestaties kan verbeteren. De studenten haalden ook een hoger gemiddelde ten opzichte van studenten die geen competitieve onderdelen in hun vak gehad hebben.

2.2.2 Coöperatie

Samenwerking, oftewel coöperatie, wordt in de literatuur vaak geassocieerd met positieve effecten. Slavin (1980) heeft cooperative-learning technieken onderzocht. Volgens hem heeft coöperatief leren een positief effect op prestaties, zelfverzekerdheid en begrip onder leerlingen. Het zorgt voor verbeterde cognitieve vaardigheden zoals concepten herkennen, probleemanalyse, beoordelen en evalueren.

Gonzalez (2006) heeft onderzoek gedaan naar active- en cooperative-learning binnen informatica op een Amerikaanse universiteit. De Amerikaanse universiteit begint met de vakken CS1 en CS2 waarin de studenten leren programmeren. Gonzalez heeft cooperative programming (programmeren samen met je medeleerlingen) toegepast op 1 van de CS1 klassen. Volgens hem kan cooperative programming een zeer positief effect hebben op de prestaties van de leerlingen ten opzichte van wanneer er geen gebruik wordt gemaakt van cooperative programming. Het positieve effect op de prestaties blijft ook in CS2 zichtbaar, waarin geen cooperative programming wordt gebruikt.

Volgens Johnson en Johnson (2002) zijn er verschillende onderdelen die meespelen in de effectiviteit van cooperative-learning. Ze hebben vijf basis elementen geïdentificeerd die van essentieel belang zijn. Deze vijf elementen zijn als volgt:

1. **Positieve onderlinge afhankelijk** - Positieve onderlinge afhankelijkheid is dat het werk van anderen jou werk positief beïnvloed en vice versa.

2. **Individuele verantwoording** - Bij individuele verantwoording worden de individuele prestaties van iedereen in de groep ook beoordeeld. Dit gaat meeliften tegen en zorgt ervoor dat leerlingen zich verantwoordelijk voelen voor hun eigen bijdrage.

3. **Persoonlijke samenwerkende interactie** - Individuen moedigen elkaar aan en helpen elkaar om taken te voltooien.

4. **Sociale vaardigheden** - Leerlingen krijgen feedback op hoe ze hun sociale vaardigheden het beste kunnen gebruiken om samen te werken.

5. **Groepsreflectie** - De groepsleden beschrijven welke acties behulpzaam waren of niet voor het halen van doelen en/of positief voor de werkrelatie van de groep. Op basis van deze acties beslissingen maken ze beslissingen over wat voort te zetten en wat te veranderen.

2.2.3 Gamification

Gamification is het aanwenden van spelprincipes om menselijk gedrag op positieve wijze te sturen (Deterding, Dixon, Khaled & Nacke, 2011). Iosup en Epema (2014) hebben drie core mechanics voor gamification geïdentificeerd:

1. **Punten systeem** - Je moet punten kunnen behalen en ze moeten ook iets waard zijn zoals een cijfer of dat je ze kunt uitgeven om nieuwe delen te unlocken/suggesties te doen voor het vak

2. **Levels** - Door punten te behalen kunnen leerlingen levels krijgen waarmee ze toegang krijgen tot nieuwe onderdelen of extra materiaal. Levels kunnen ook gekoppeld worden aan een cijfer

3. **Leaderboards** - Leaderboards worden gebruikt om prestaties te vergelijken. Anonieme leaderboards kunnen gebruikt worden om leerlingen inzicht te geven in hoe hun eigen prestaties zich verhouden tot de rest. Het kan demotiverend zijn om daadwerkelijke ranks te laten zien voor de leerlingen die onderaan staan. Dit kan verholpen worden door van tevoren scores toe te voegen waardoor laag gerankte spelers niet volledig afgezonderd onderaan staan.

En vier dynamics:

1. **Badges/status displays** - Badges moeten moeilijk te halen zijn en schaars zijn om ze wat waard te laten zijn.

2. **Onboarding** - In het begin moeten beginners binnengehaakt worden. Een goede manier om dit te doen is een tutorial die voor iedereen goed haalbaar is in een korte tijdsperiode. Als beginners eenmaal iets behaald hebben zullen ze minder snel opgeven/het systeem verlaten.

3. **Social engagement loops** - Deze loops zorgen ervoor dat spelers blijven terugkomen. Als leerlingen onderdeel zijn van een team voelen ze zich meer geroepen om aanwezig te zijn (gegeven dat hun afwezigheid de prestaties van het team beïnvloeden).

4. **Unlocking content** - Unlocks zijn een krachtige manier om de progressie van een vak te beheersen. Bijvoorbeeld dat leerlingen niet bij het volgende deel kunnen voor ze alle core onderdelen van het huidige deel gehaald hebben, of dat top presteerders toegang krijgen tot extra materiaal.

Yildirim (2017) heeft onderzoek gedaan naar de effecten van gamification op de prestaties van studenten en hun mening ten opzichte van de lessen. Uit het onderzoek volgt dat gamification een positief effect heeft op de prestaties van studenten en hun houding ten opzichte van de lessen positief beïnvloed.

Iosup en Epema (2014) hebben gamification toegepast in het hoger onderwijs in Nederland. Volgens hun is er een positieve correlatie tussen het toepassen van gamification en het slaagpercentage. Ook is er een positieve correlatie tussen gamification en de deelname in optionele en

uitdagende activiteiten. Gamification bevordert interactie in de klas. Bij het toepassen van gamification moet er rekening gehouden worden met meerdere soorten spelers. Hiervoor definiëren ze vier categorieën:

1. **Explorers** - Deze leerlingen houden ervan alles te verkennen en te ontdekken. Ze zijn erg nieuwsgierig.
2. **Achievers** - Deze leerlingen houden ervan om alle uitdagingen te voltooien en goed te presteren.
3. **Socializers** - Deze leerlingen doen vooral mee omdat hun medeleerlingen dat ook doen. Ze zijn gemotiveerd het vak te halen net zoals hun medeleerlingen
4. **Winners (of Killers)** - Deze leerlingen willen winnen, soms ook ten koste van andere spelers. Ze willen uitdagingen die maar één winnaar hebben.

Shifroni en Ginat (1997) hebben een simulatiespel gemaakt om TCP uit te leggen aan leerlingen. Ze geven aan dat door leerlingen tegen een probleem aan te laten lopen binnen het protocol en het zelf te laten oplossen ze het probleem veel beter begrijpen dan wanneer het aan ze uitgelegd wordt.

Hoofdstuk 3

Onderzoeksvragen

Vanuit het theoretisch kader zijn de volgende vragen opgesteld om antwoord te geven op de onderzoeksvraag: *"Hoe geef je een enthousiasmerende en effectieve lessenserie over MAC-protocollen gebruik makend van de challenge-werkvorm?"*.

A1 Op welk niveau past een lessenserie over MAC-protocollen het beste in het informatica curriculum?

A2 Welke leerdoelen horen bij een lessenserie over MAC-protocollen?

A3 Hoe kunnen we samenwerking, competitie en gamification inzetten om de leerlingen te enthousiasmeren en de lesstof beter te laten beklijven?

A4 Aan welke randvoorwaarden moet de lessenserie voldoen?

B1 Welke informatie en handvaten hebben leerlingen nodig om te zorgen dat de challenge werkvorm toegankelijk is?

B2 Hoe ziet de invulling van het lesmateriaal eruit?

C1 In hoeverre worden de leerdoelen behaald met de resulterende lessenserie?

C2 In hoeverre vinden de leerlingen de lessenserie enthousiasmerend?

a. Heeft het gebruik van de challenge werkvorm hieraan bijgedragen?

De vragen zijn opgedeeld in drie categorieën. De vragen in categorie A zijn onderzoekende vragen. Deze vragen zijn beantwoord met het vooronderzoek en uit deze vragen komen de ontwerpeisen. De vragen in categorie B gaan over de uitvoering. Met behulp van deze vragen werd het ontwerp van de lessenserie ingevuld. De vragen in categorie C zijn de evaluatievragen. Deze vragen zijn beantwoord door de uitvoering van de lessenserie te evalueren.

Hoofdstuk 4

Methode

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak van het onderzoek en met welke methoden de verschillende onderzoeksvragen zijn beantwoord. De opzet van dit onderzoek bestaat uit drie fases. De eerste fase is het vooronderzoek. Deze fase gaat vooraf aan het ontwikkelen van de lesstof. Met de eerste fase werden de onderzoeksvragen uit categorie A beantwoord. De tweede fase is de ontwerpfases. Tijdens deze fase is de lesstof ontworpen. Deze fase bestaat uit twee delen. Het eerste deel bestaat uit het ontwerpen van een omgeving voor de challenge-werkvorm. het tweede deel geeft een invulling aan het lesmateriaal. Met de ontwerpfase werden de onderzoeksvragen uit categorie B beantwoord. De laatste fase is de evaluatiefase. In deze fase werd de lessenserie geëvalueerd. Met deze fase werden de onderzoeksvragen uit categorie C beantwoord. Een overzicht van welke methode is gebruikt om welke onderzoeksvraag te beantwoorden is te zien in Tabel 4.1. In het vervolg van dit hoofdstuk wordt beschreven wat er per fase is uitgevoerd en wat elke methode inhoud.

Nr.	**Methode**	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**B1**	**B2**	**C1**	**C2**
	Vooronderzoek								
V1	Literatuur		✓	✓	✓				
V2	Examenprogramma	✓	✓						
V3	Bestaande lesstof	✓	✓		✓				
V4	Interview netwerksystemen UT		✓	✓	✓				
	Ontwerp								
O1	Prototype challenge-omgeving					✓			
O2	Expertreview lesmateriaal					✓	✓		
	Evaluatie								
E1	Observaties							✓	✓
E2	Protocol presentaties							✓	
E3	Enquête								✓

Tabel 4.1: Methoden

4.1 Vooronderzoek

Het vooronderzoek bestaat uit vier delen. Het eerste deel is het literatuuronderzoek (V1). Bij het literatuuronderzoek is de literatuur beschreven in Hoofdstuk 2 gebruikt om de onderzoeksvragen te beantwoorden. Allereerst is de literatuur over MAC-protocollen gebruikt om leerdoelen voor de lessenserie uit te extraheren (A2). De literatuur over de challenge werkvorm is gebruikt om te analyseren hoe de verschillende aspecten van de werkvorm het beste ingezet kunnen worden om leerlingen te enthousiasmeren en de stof beter te laten beklijven (A3) en welke randvoorwaarden

daarbij horen (A4).

Het tweede deel bestaat uit het analyseren van het examenprogramma van informatica 2018/2019 en 2019/2020 (V2). Het examenprogramma is gebruikt om te bepalen op welk niveau en op welke plek binnen het informatica curriculum de lessenserie het beste past (A1). Het examenprogramma is ook gebruikt om de leerdoelen van de lessenserie te bepalen (A2).

Tijdens het derde deel is er gekeken naar de bestaande lesstof over netwerksystemen van de informatica lesmethodes (V3). Allereerst is er gekeken op welk niveau en welke plek in het curriculum de bestaande lesstof is gericht om onderzoeksvraag A1 te beantwoorden. Ten tweede is er onderzocht of en hoe de bestaande lesstof MAC-protocollen en de theorie eromheen behandeld om onze leerdoelen daarop af te stellen (A2) en de randvoorwaarden vast te stellen (A4).

Voor het laatste deel van het vooronderzoek is bestaande lesstof van de module *Network Systems* op de Universiteit Twente bestudeerd en is er een interview gehouden met de module coördinator (V4). De bestaande lesstof is gebruikt om te bepalen welke leerdoelen er bij een lessenserie over MAC-protocollen horen (A2). Het interview is gedaan om de ervaringen met de challengewerkvorm te bespreken en hoe deze het beste in te zetten is (A3). Ook zijn de valkuilen besproken en de randvoorwaarden die daaruit voortkomen (A4).

4.2 Ontwerpfase

De ontwerpfase bestaat uit twee delen. Het eerste deel is de challenge omgeving. Om de challengewerkvorm te bewerkstelligen (waarin leerlingen zelf MAC-protocollen kunnen maken, simuleren en scores worden bijgehouden) is er een omgeving nodig. Tijdens het eerste deel van de ontwerpfase werd een prototype van deze omgeving ontworpen. Om te achterhalen welke informatie en handvaten leerlingen nodig hebben om te zorgen dat het maken van MAC-protocollen toegankelijk is (B1) zijn leerlingen die met een prototype van de omgeving bezig gingen geobserveerd (O1). Vervolgens is het prototype bijgewerkt naar de uiteindelijke versie op basis van het antwoord op onderzoeksvraag B1. De uiteindelijke versie van de challenge omgeving is het resultaat van het eerste deel van de ontwerpfase die gebruikt wordt voor het volgende deel.

Het tweede deel van de ontwerpfase bestaat uit het ontwerpen van de lessenserie en het bijbehorende lesmateriaal. In deze fase werd het lesmateriaal ontworpen op basis van de resultaten uit het vooronderzoek en uit het eerste deel van de ontwerpfase. Het resulterende lesmateriaal werd vervolgens gereviewed door een expertpanel (O2). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de checklist beoordelingscriteria voor uitdagend aanbod (SLO, 2019a). De expertreviews geven deels antwoord op onderzoeksvraag B1. Op basis van de feedback is de uiteindelijke lessenserie tot stand gekomen als resultaat van het tweede deel van de ontwerpfase. De resulterende lessenserie geeft antwoord op onderzoeksvraag B2.

4.3 Evaluatie

De laatste fase is de evaluatie van de lessenserie. Voor de evaluatie is er een pilot gedraaid van de lessenserie uit de ontwerpfase. Vervolgens is deze pilot geëvalueerd. De evaluatie bestaat uit drie delen. Het eerste deel zijn de observaties tijdens de lessenserie (E1). Dit zijn de observaties van mijzelf en van een vakexpert. De observaties zijn gebruikt om antwoord te geven op beide onderzoeksvragen uit categorie C. Oftewel, worden de leerdoelen behaald en vinden de leerlingen

de lessenserie enthousiasmerend.

Voor het tweede deel van de evaluatie wordt er gekeken naar de resulterende protocollen van de leerlingen. Een deel van de leerlingen presenteert deze protocollen ook klassikaal tijdens de laatste les (E2). De resulterende protocollen worden bekeken om na te gaan of de leerdoelen behaald zijn en geven daarmee deels antwoord op onderzoeksvraag C1.

Tot slot is de pilot is afgesloten met een anonieme enquête (E3). Deze enquête is gebruikt om te kijken of de leerlingen de lessenserie enthousiasmerend vonden en of de challenge hieraan heeft bijgedragen (C2). Voor de interpretatie van de kwantitatieve vragen wordt er gekeken naar het gemiddelde en de standaardafwijking. Hierbij beschouwen we 1 als oneens, 3 als neutraal en 5 als eens. De standaardafwijking wordt gebruikt om te kijken hoe verdeeld de leerlingen waren. Bij getallen lager of hoger dan de gemiddelde standaardafwijking van alle vragen zaten de meningen van leerlingen dus respectievelijk dichter bij of verder uit elkaar. Tot slot wordt er nog naar de barcharts van de reacties gekeken hoe de antwoorden zijn verdeeld. Voor de kwalitatieve vragen worden soortgelijke antwoorden samengevat en worden de reacties besproken.

Hoofdstuk 5

Vooronderzoek

Het vooronderzoek is de voorbereidende fase op het ontwerp. In deze fase worden de onderzoeksvragen die nodig zijn voor het ontwerpen van de lessenserie beantwoord. Dit wordt gedaan door te kijken naar de bestaande literatuur, het informatica examenprogramma, bestaande lesstof over netwerksystemen en de lesstof van de module *Network Systems* aan de Universiteit Twente. Aan het eind van dit hoofdstuk worden de conclusies getrokken uit de verzamelde informatie en daarmee de onderzoeksvragen beantwoord en de resulterende ontwerpeisen vastgesteld.

5.1 Literatuur

Om te bepalen welke leerdoelen bij een lessenserie over MAC-protocollen horen en hoe we samenwerking, competitie en gamification kunnen inzetten om leerlingen te enthousiasmeren en het leereffect te verbeteren kunnen we kijken naar de literatuur op dit gebied. Uit de literatuur van Hoofdstuk 2 kunnen we een aantal belangrijke leerdoelen en ontwerpeisen halen. Allereerst zijn MAC-protocollen onderdeel van het OSI-model (ISO/IEC 7498-1:1994, 1994). Dit model wordt vaak al in bestaande lessenseries behandeld en kan een mooi aansluitpunt vormen voor deze lessenserie. Ook kan er een link gelegd worden met de praktijk door varianten op bestaande protocollen zoals ALOHA, CSMA en TDMA zelf te implementeren en uit te leggen hoe deze in de praktijk ingezet worden.

Om de challenge-werkvorm succesvol te implementeren is het belangrijk dat de verschillende aspecten die hierbij komen kijken, zoals competitie, coöperatie en gamification, correct worden toegepast. Om een competitie succesvol toe te passen zodat het een positief effect heeft op de leermotivatie en prestaties van leerlingen, moet deze voldoen aan een aantal voorwaarden (Johnson & Johnson, 2002). Als competitie op de verkeerde manier wordt toegepast kan het juist negatieve gevolgen hebben, zoals dat leerlingen leren meer individualistisch te zijn en elkaar proberen onderuit te halen in plaats van te helpen wat juist het leereffect tegenwerkt.

Allereerst is het belangrijk dat de competitie binnen een bredere samenwerkende context valt met een duidelijk start en einde. Het moet dus niet zo zijn dat leerlingen standaard elkaar proberen te overtreffen, maar dat er gezamenlijk wordt afgesproken een competitie te houden met een duidelijk start en eind. Verder is het belangrijk dat de opdracht passend is. De opdracht moet duidelijk gedefinieerd zijn en ook geschikt voor de doelgroep. De opdracht moet dus makkelijk op te pakken zijn en op niveau zijn. Het is ook belangrijk dat er duidelijke regels en criteria zijn voor winnen. Daarnaast moeten alle teams een gelijke kans hebben om te winnen en niet van elkaar afhankelijk zijn. Tot slot moet het winnen zelf niet belangrijk zijn.

Coöperatie wordt in de literatuur vaak geassocieerd met positieve effecten (Slavin, 1980). Voor

de effectiviteit van coöperatie is het belangrijk dat er een positieve onderlinge afhankelijkheid is binnen de teams. Dit betekent dat het werk van het ene teamlid het werk van de anderen positief beïnvloed en vice versa. Ook is de individuele verantwoording belangrijk. De individuele prestaties van iedereen moeten ook los worden beoordeeld zodat het niet mogelijk is om mee te liften en leerlingen zich verantwoordelijk voelen voor hun eigen bijdrage. Tot slot is het belangrijk dat individuen elkaar kunnen helpen om taken te voltooien.

Gamification bestaat uit verschillende elementen die los toegepast kunnen worden (Iosup & Epema, 2014). Een van deze elementen is een punten systeem. Leerlingen moeten punten kunnen behalen en ze moeten ook iets waard zijn, zoals een cijfer of het unlocken van nieuwe delen. Een ander element is het gebruik van levels. Door punten te halen of taken te voltooien kunnen leerlingen nieuwe levels unlocken waarmee ze toegang krijgen tot nieuwe onderdelen of nieuw materiaal. Leaderboards worden gebruikt om prestaties te vergelijken. Anonieme leaderboards kunnen gebruikt worden om leerlingen inzicht te geven in hoe hun eigen prestaties zich verhouden ten opzichte van die van medeleerlingen. Het kan wel demotiverend werken als leerlingen onderaan staan. Hiervoor kunnen van tevoren scores toegevoegd worden, waaronder wat lage scores, zodat leerlingen niet in hun eentje onderaan bungelen. Badges/achievements kunnen gebruikt worden om leerlingen aan te moedigen uitdagende of speciale taken te voltooien. Wat ook erg belangrijk is bij gamification is de onboarding. Beginners moeten binnengehaakt worden, bijvoorbeeld door te beginnen met een tutorial die voor iedereen goed haalbaar is in een korte tijdsperiode. Als beginners eenmaal iets behaald hebben geven ze minder snel op. Social engagement loops zijn onderdelen die ontworpen zijn om spelers terug te laten komen. Voorbeelden zijn bijvoorbeeld beloningen voor elke dag dat de speler een opdracht voltooid of streaks (opeenvolgende dagen een opdracht voltooid) bijhouden en daaraan een beloning koppelen. Tot slot zijn er unlocks, waarbij leerlingen pas bij het volgende deel kunnen als ze aan bepaalde vereisten voldoen of dat top presteerders toegang krijgen tot extra materiaal.

Bij het toepassen van gamification moet er ook rekening gehouden worden met verschillende soorten spelers. Je hebt leerlingen die ervan houden alles te verkennen, leerlingen die alle uitdagingen willen voltooien en goed presteren, leerlingen die vooral gemotiveerd raken door hun mede-leerlingen en leerlingen die willen winnen.

Naast het correct toepassen van deze aspecten bij de challenge-werkvorm is het ook de bedoeling dat leerlingen hun eigen protocollen gaan implementeren. Het kan echter zo zijn dat leerlingen weinig programmeerervaring hebben of moeite hebben met programmeren. Ook is het niet wenselijk als de lessenserie alleen toegankelijk is voor leerlingen die bekend zijn met een bepaalde programmeertaal. De focus van deze lessenserie moet niet liggen op het leren van de programmeertaal die gebruikt wordt om het protocol te implementeren, maar op het onderliggende probleem. Dit probleem kan deels verholpen worden door een op blokken gebaseerde programmeertaal te gebruiken (Price & Barnes, 2015). Hierdoor lopen leerlingen niet meer vast op syntax fouten. Het helpt niet met de onderliggende semantiek en concepten van programmeren (Grover & Basu, 2017), dus het is handig als leerlingen al kennis hebben gemaakt met programmeren. Wat ook helpt in het proces van het begrijpen van code is als de code goed traceerbaar is (Griffin, 2016). Hiervoor zouden middelen toegevoegd kunnen worden aan de challenge-omgeving. Bij het ontwerpen van de challenge-omgeving en de lessenserie moet rekening gehouden worden met bovengenoemde ontwerpeisen.

5.2 Examenprogramma

Het examenprogramma is gebruikt om te bepalen bij welk niveau de lessenserie het beste past en welke leerdoelen daarbij horen. In het oude examenprogramma informatica uit 2007 is netwerkcommunicatie een verplicht onderdeel. Het valt onder *Subdomein C1: Communicatie en Netwerken* en bevat de volgende eindterm:

> Eindterm 9: De kandidaat kan de topologische structuur en de communicatielagen van een netwerk benoemen en de bijbehorende kenmerken beschrijven. Ook kan hij een eenvoudig communicatieprotocol beschrijven en de elementen ervan onderscheiden. Tevens heeft hij zicht op aspecten van internetbeveiliging. (SLO, 2007)

Volgens de handreiking richt een protocol zich doorgaans op één van de communicatielagen, die in een referentiemodel beschreven worden. In het kernprogramma leert de leerling het bestaan van communicatieprotocollen, hun functie en het concept van de stapeling van protocollen (Schmidt, 2007). Onze lessenserie gaat in op de werking van een protocol op één van deze communicatielagen en is dus een verdiepende slag binnen het domein.

In het nieuwe examenprogramma van 2019 is netwerkcommunicatie een subdomein binnen het keuzethema netwerken. Het valt onder *Subdomein L1: Netwerkcommunicatie* en bevat de volgende eindterm:

> Eindterm 46: De kandidaat kan de manier waarop netwerkcomponenten met elkaar communiceren beschrijven en analyseren, en kan schalingseffecten bij communicatie herkennen, er voorbeelden van geven en de gevolgen ervan uitleggen. (SLO, 2019b)

Onze lessenserie past binnen dit subdomein. Barendsen en Tolboom (2016) geven een toelichting van de verplichte eindtermen in het advies examenprogramma. Volgens hun valt onder het *Subdomein A9: Informatica hanteren als perspectief* dat leerlingen bijvoorbeeld kunnen redeneren over mogelijke oorzaken van het haperen van het wifi-netwerk in huis. Onze lessenserie sluit hierop aan.

De lessenserie is een verdiepende slag binnen het onderdeel netwerken in beide examenprogramma's. In het oude examenprogramma is dit nog een verplicht onderdeel en wordt uit eigen ervaring vaak in het begin behandeld. In het nieuwe examenprogramma is het onderdeel netwerken optioneel. Het zou goed kunnen dat het hierdoor pas later wordt behandeld. Qua leerdoelen is het belangrijk dat er wordt uitgelegd welke rol MAC-protocollen spelen binnen netwerkcommunicatie en de leerlingen inzicht geven in de schalingseffecten die optreden bij MAC-protocollen.

5.3 Bestaand lesmateriaal

We hebben naar de bestaande lesstof gekeken om te bepalen op welk niveau de lessenserie het beste past en welke leerdoelen daarbij horen. Voor de bestaande lesstof over netwerken is gekeken naar de informatica-methodes Instruct en Informatica-Actief. Ook is er gekeken naar het door SLO aangeboden materiaal voor het keuzethema netwerken.

SLO heeft een voorbeeldmodule voor het thema Netwerken[1]. De context van deze module is

[1] ieni.github.io/inf2019/themas/l-netwerken

Internet of Things (IoT) waarbij de leerlingen zelf een IoT toepassing maken. De module bestaat uit drie submodules. IoT-0 is een theoretische module over hoe het IoT werkt. IoT-1 is een module waarbij je zelf een IoT apparaat gaat opzetten. Tot slot is er Com-0, een theoretische module over netwerk communicatie. MAC-protocollen worden niet expliciet genoemd, maar Com-0 bevat wel een stuk over communicatielagen. Het niveau van de lessenserie wordt niet expliciet benoemd. Com-0 lijkt wat makkelijker te zijn en geschikt voor de 4^{e} klas. IoT-0 en vooral IoT-1 zijn een stuk uitdagender een eerder voor de 5^{e} of zelfs 6^{e} klas.

Bij Informatica-Actief maakt de cursus Netwerken gebruik van een programma genaamd Filius waarbij je zelf je eigen netwerk kan instellen en simuleren. Tijdens de cursus beginnen ze met een lokaal netwerk, breiden ze dit uit naar een netwerk met subnetwerken en vervolgens een internetnetwerk met DNS en e-mail. Draadloze communicatie wordt aan het einde theoretisch behandeld. Het niveau lijkt gericht op de 4^{e} of 5^{e} klas.

De methode van Instruct heet Fundament Informatica. Fundament 2019 biedt het keuzethema Netwerken aan. Dit thema bestaat hierbij uit twee delen, L1 en L2. L1 gaat over het simuleren van netwerken. Net als bij Informatica-Actief wordt dit gedaan met Filius. L2 gaat over serverbeheer in de praktijk. Hierbij moeten de leerlingen in groepjes hun eigen Raspberry Pi servers instellen en vervolgens hardwarematig verbinden. Het niveau van L1 lijkt gericht op de 4^{e} of 5^{e} klas. Het niveau van L2 lijkt gericht op de ^{5e} klas

Al met al is er binnen de bestaande lesstof weinig rondom het gebied van MAC-protocollen. Wel wordt Filius, een programma om computernetwerken globaal te simuleren, gebruikt bij het behandelen van netwerken. Draadloze communicatie wordt hierbij alleen theoretisch behandeld en MAC-protocollen worden vaak niet benoemd. Qua niveau verschilt het nogal per lesmethode, maar ook per module binnen de lesmethodes. Meestal lijkt het vooral gericht op de 4^{e} of de 5^{e} klas.

5.4 Network Systems op de Universiteit Twente

De inspiratie voor dit onderzoek komt vanuit de challenges van de module *Network Systems* op de Universiteit Twente. Tijdens deze module wordt ook het onderdeel MAC-protocollen behandeld inclusief challenge. Onze lessenserie en challenge kan hierop gebaseerd worden, alhoewel er ook aanpassingen nodig zijn om de lesstof en de challenge naar de middelbare school te brengen. Eerst hebben we uitgezocht hoe het lesmateriaal omtrent MAC-protocollen er bij de module *Network Systems* uitziet. Vervolgens is de modulecoördinator geïnterviewd om de ervaringen met de challenge-werkvorm te bespreken, wat de eventuele valkuilen zijn en ook om te kijken wat er aangepast moet worden om deze lesstof en werkvorm naar de middelbare school te brengen. Deze informatie is gebruikt voor de leerdoelen en de vormgeving van onze eigen lessenserie.

5.4.1 Lesstof Network Systems

Tijdens de module Network Systems op de UT is er elke week een challenge. Dit is een competitie in tweetallen waarbij je de stof die je die week hebt geleerd moet gebruiken om een uitdaging, oftewel challenge, op te lossen. Voor je oplossing krijg je automatisch een score en word je ook op het scorebord geplaatst. Ook word je oplossing uiteindelijk beoordeeld en krijg je een cijfer ervoor.

Één van de challenges gaat over MAC-protocollen. Bij deze challenge heb je vier systemen die allemaal op vooraf bepaalde momenten data krijgen om te versturen naar een centraal punt, in dit geval een router. Dit versturen gaat in "timeslots". De momenten waarop een apparaat kan sturen is dus opgedeeld in vaste blokken tijd. Het versturen gaat via hetzelfde kanaal. Dit betekent dat als twee systemen tegelijk sturen ze "door elkaar heen praten". Achteraf kan elk systeem wel zien of het versturen is gelukt of niet. Als het is gelukt kunnen ze ook zien wie er heeft gestuurd. Wanneer elk systeem stuurt is gebaseerd op het MAC-protocol dat ze gebruiken.

Het doel van deze challenge is om zelf een MAC-protocol te implementeren. Je kan hierbij een bestaand protocol pakken uit de theorie of zelf iets verzinnen. Als je een protocol geïmplementeerd hebt kan je een simulatie starten waarbij je elke timeslot ziet welke systemen iets hebben proberen te sturen. Aan het eind van de simulatie krijg je een score gebaseerd op hoe snel je alle data verstuurt en hoe eerlijk de zendtijd verdeeld is. Je hoogste score wordt op het scorebord geplaatst. Je kunt ook inzien hoe scores op het scorebord tot stand zijn gekomen. Hierbij zie je wat er gebeurd is tijdens de simulatie, zoals te zien in Tabel 5.1. In Appendix A zijn een aantal voorbeeld protocollen beschreven en hoe deze zouden presteren in de challenge. De leerdoelen van de challenge zijn:

1. Medium-Access mechanismes begrijpen
2. Inzicht krijgen in de efficiëntie van protocollen
3. De basis MAC-protocollen kunnen gebruiken en implementeren

Timeslot	Systeem 1	Systeem 2	Systeem 3	Uitleg
11				Systeem 1 is aan het sturen
12				Systeem 1 is aan het sturen
13				Systeem 1 is klaar met sturen
14				Systeem 2 en 3 proberen te beginnen met sturen (collisie)
15				Niemand stuurt
16				Systeem 3 probeert te beginnen met sturen (succes)
17				Systeem 3 is aan het sturen

Tabel 5.1: Voorbeeld simulatie (uitleg toegevoegd)

Zelf heb ik ook deze challenge meegemaakt. Qua werkvorm vond ik de challenge erg motiverend door de competitie, maar ook door het samenwerken in tweetallen. De samenwerking zorgde er ook voor dat het mogelijk was om te overleggen over de protocollen. Ook het inzien van de scores van andere teams gaf je veel inspiratie om je protocol te verbeteren, wat motiverend werkt.

5.4.2 Interview modulecoördinator Network Systems

Het doel van dit interview was voornamelijk om de details van de MAC-protocollen challenge te achterhalen en welke valkuilen er bij deze challenge zijn. Voor het interview met de module coördinator zijn de volgende vragen opgesteld:

1. Wat is de huidige challenge op de UT?
2. Zijn er al ideeën om de challenge geschikt te maken voor de middelbare school?
3. Hoe wordt de challenge verweven met de stof?

4. Wat zijn de ervaringen met de challenge-werkvorm bij MAC-protocollen?
   (a) Wat zijn de mogelijke valkuilen en hoe worden deze voorkomen/opgevangen?
   (b) Hoe wordt de score bepaald?
      i. Hoe zwaar worden verschillende onderdelen zoals verdeling van zendtijd en snelheid meegerekend en waarom?
   (c) Wanneer en hoeveel data versturen de systemen?
      i. Waarom is er hiervoor gekozen en wat zijn de afwegingen die hierbij zijn gemaakt?
      ii. Wat zijn de voor- en nadelen van de huidige hoeveelheden, worden bepaalde protocollen positief of negatief beïnvloed?

Tijdens de module "Network Systems" wordt elk jaar de MAC challenge gedaan. De challenge is niet veel veranderd door de jaren heen. Wat wel verandert is, is de manier waarop de score wordt berekend. De score bestaat uit efficiëntie en fairness. De efficiëntie is het percentage van hoe vaak er gestuurd is tijdens tijdsloten waarin de systemen iets te versturen hebben. Dit deel is hetzelfde gebleven. De berekening van het tweede deel van de score, de fairness, is door de jaren heen veranderd en de modulecoördinator weet de exacte berekening niet meer uit zijn hoofd. Het is gebaseerd op de verdeling van tijdsloten tussen de systemen die iets te versturen hebben.

De stof wordt uitgelegd tijdens de hoorcolleges. Van de studenten wordt verwacht dat ze zelf de koppeling kunnen maken tussen de lesstof en de colleges.

De "test case" die nu voor alle studenten gebruikt wordt is gemaakt met het idee dat alle verschillende scenarios voorkomen in deze ene case. Het is daarom ook een erg lange test case.

De module coördinator is bezig met het introduceren van de challenges op andere universiteiten en heeft al eens nagedacht om één van de challenges in te zetten op de middelbare school, met name de MAC-protocollen challenge. Het oorspronkelijke idee van de MAC-protocollen challenge was dat er vier computers tegelijk aan het simuleren waren op dezelfde server. Later is dit vier programma's op een enkele computer geworden, waarbij elk programma een enkel systeem simuleert. Op schoolcomputers is dit onhandig omdat je vaak maar beperkte rechten hebt omtrent het uitvoeren van programma's. Mijn idee was om de simulatie in de browser te doen zodat het makkelijker te gebruiken is op schoolcomputers. Hierbij wordt de hele challenge in de browser gesimuleerd in plaats van een enkel systeem per keer. De modulecoördinator had er zelf niet aan gedacht dat je de challenge ook op die manier kan simuleren. Verder vindt hij het idee van programmeren met blokken in de browser erg interessant.

Tot slot gaat de modulecoördinator zorgen dat er de mogelijkheid is om de challenge die ik ga ontwikkelen aan te sluiten op de server van de bestaande challenge. Op deze server kunnen simulaties worden uitgevoerd en worden de scores berekend en leaderboards bijgehouden.

5.5 Conclusie

Met de verzamelde informatie kunnen we de onderzoeksvragen uit categorie A beantwoorden.

A1 Op welk niveau past een lessenserie over MAC-protocollen het beste in het informatica curriculum?

Uit de examenprogramma's is gebleken dat deze lessenserie een verdiepende lessenserie is en dat die daardoor waarschijnlijk pas later aan bod komt. Uit de analyse van de bestaande lesstof is ook gebleken dat deze lessenserie uitdagend is en dus ook beter wat later aan bod komt. Verder is de beoogde werkvorm waarin leerlingen zelf een MAC-protocol moeten maken uitdagender dan de bestaande lesstof die nu uit eigen ervaring vaak in de vierde klas wordt behandeld. Ook is het handig voor het zelf maken van een protocol dat de leerlingen al wat programmeerervaring hebben. Daarom is er gekozen om het lesmateriaal te richten op 5 havo en 5 vwo.

A2 Welke leerdoelen horen bij een lessenserie over MAC-protocollen?

Binnen de literatuur vallen MAC-protocollen onder het OSI-model. Dit model wordt vaak behandeld binnen het bestaande lesmateriaal. Door een link leggen tussen MAC-protocollen en het OSI-model vormt dit model een mooi aansluitpunt voor deze lessenserie. Uit de literatuur is gekomen dat er een link gelegd kan worden met de praktijk door bestaande protocollen te behandelen. Hieruit komen de volgende leerdoelen:

L1 Leerlingen moeten kunnen uitleggen welke rol MAC-protocollen spelen binnen het OSI-model

L2 Leerlingen moeten kunnen uitleggen hoe de ALOHA, CSMA en TDMA protocollen werken en een voorbeeld kunnen geven waar ze gebruikt worden

Volgens het examenprogramma moeten leerlingen een communicatieprotocol kunnen beschrijven en ook de schalingseffecten kunnen herkennen en de gevolgen ervan kunnen uitleggen. Dit leidt tot de volgende leerdoelen:

L3 Leerlingen moeten kunnen beschrijven wat MAC-protocollen doen en hoe een MAC-protocol zorgt dat verschillende systemen via hetzelfde netwerk kunnen communiceren

L4 Leerlingen moeten de schalingseffecten die optreden wanneer er veel apparaten tegelijk verbonden zijn kunnen herkennen, er voorbeelden van geven en de gevolgen ervan kunnen uitleggen

Uit de lesstof van de module *Network Systems* is gekomen dat leerlingen inzicht moeten krijgen in de efficiëntie en de eerlijkheid van protocollen. Ook moeten leerlingen zelf basis MAC-protocollen kunnen gebruiken en implementeren. Hieruit zijn de volgende leerdoelen gekomen:

L5 Leerlingen moeten kunnen uitleggen hoe de efficiëntie en eerlijkheid tussen protocollen zoals ALOHA, CSMA en TDMA verschilt en kunnen aangeven welk protocol in welke situatie het efficiëntst zou presteren en welke het eerlijkst

L6 Leerlingen moeten zelf een MAC-protocol zoals ALOHA of CSMA kunnen implementeren

A3 Hoe kunnen we samenwerking, competitie en gamification inzetten om de leerlingen te enthousiasmeren en de lesstof beter te laten beklijven?

Uit de literatuur zijn verscheidene voorwaarden gekomen voor het toepassen van samenwerking, competitie en gamification. Deze voorwaarden zijn als volgt:

V1 De competitie heeft een duidelijk start en eind

V2 De opdracht is duidelijk gedefinieerd en geschikt voor de doelgroep

V3 De regels en criteria voor winnen zijn duidelijk

V4 Alle teams moeten een gelijke kans hebben om te winnen

V5 Verschillende teams moeten niet van elkaar afhankelijk zijn

V6 Winnen is niet belangrijk

V7 Het werk van teamleden beïnvloed elkaar positief

V8 De individuele prestaties van teamleden worden ook meegenomen

V9 Teamleden kunnen elkaar helpen met de opdracht

Bij gamification zijn er verscheidene elementen die toegepast kunnen worden binnen de lessenserie. Echter zijn niet alle elementen haalbaar vanwege de tijd en omvang van de lessenserie of passend voor de lessenserie. We hebben gekozen om te focussen op verschillende levels, waarbij leerlingen in latere levels meer gereedschappen voor het maken van een protocol tot hun beschikking krijgen. Voor het competitie aspect hebben we gekozen om gebruik te maken van een puntensysteem op basis van prestatie gecombineerd met anonieme leaderboards. Tot slot willen we onboarding toepassen doormiddel van een makkelijk introductie level. Dit leidt tot de volgende ontwerpeisen:

S1 De challenge bevat verschillende levels met steeds uitgebreidere gereedschappen

S2 De challenge bevat een puntensysteem op basis van prestaties

S3 De challenge maakt gebruik van anonieme leaderboards

S4 De challenge heeft een makkelijk introductie level

Verder willen we voor het implementeren van de protocollen focussen op de protocollen zelf en niet de taal waarin de protocollen geïmplementeerd worden. Daarom hebben we ervoor gekozen om gebruik te maken van een op blokken gebaseerde programmeertaal en te zorgen dat de uitvoering makkelijk traceerbaar is. Dit leidt tot de volgende ontwerpeisen:

S5 Protocollen worden gemaakt met behulp van een op blokken gebaseerde programmeertaal

S6 De uitvoering van protocollen moet makkelijk te traceren zijn

Het lesmateriaal van de module *Network Systems* vormt de inspiratie voor dit onderzoek en op basis van dat lesmateriaal kunnen we een aantal ontwerpeisen vaststellen voor onze eigen lessenserie. Deze zijn als volgt:

S7 Leerlingen moeten protocollen zelf kunnen simuleren en zien wat er gebeurt

S8 De score wordt automatisch berekent op basis van de simulatie

S9 De simulatie is ingedeeld in tijdsloten

S10 Leerlingen werken in tweetallen aan de challenge

S11 Hoe de scores van andere teams tot stand zijn gekomen is inzichtelijk (maar de implementatie niet)

Tot slot willen we dat protocollen makkelijk gedeeld kunnen worden, zodat leerlingen ook los van elkaar wat kunnen uitproberen en protocollen makkelijk gepresenteerd kunnen worden voor de klas. Dit leidt tot de laatste ontwerpeis:

S12 Protocollen kunnen makkelijk gedeeld worden

A4 Aan welke randvoorwaarden moet de lessenserie voldoen?

We hebben ervoor gekozen om de lessenserie in vijf lessen te doen, waarvan de eerste twee lessen de introductie vormen en de overige drie lessen bestaan uit de challenge. De lessenserie moet aan de volgende randvoorwaarden voldoen:

R1 De lessenserie bestaat uit 5 lessen van 45 minuten

R2 De challenge moet werken op schoolcomputers waar gebruikers beperkte rechten hebben

Hoofdstuk 6

Ontwerp

Op basis van het vooronderzoek is er een ontwerp voor de lessenserie gemaakt. De ontwerpfase bestaat uit twee delen. Het eerste deel is het ontwerp van de challenge-omgeving. Tijdens dit deel is er een omgeving voor de challenge-werkvorm ontworpen. De omgeving is getest door leerlingen met een prototype omgeving te observeren. Het tweede deel is het ontwerp van de lessenserie en het lesmateriaal. De lessenserie maakt gebruik van de challenge omgeving uit het eerste deel van de ontwerpfase. De lessenserie is geëvalueerd op basis van expertreviews.

Aan het einde van dit hoofdstuk worden de onderzoeksvragen uit categorie B beantwoord met de resultaten uit de ontwerpfase.

6.1 Challenge-omgeving

Voor de challenge-werkvorm, waarbij leerlingen zelf MAC-protocollen kunnen maken, simuleren en scores worden bijgehouden, is er een omgeving nodig. Tijdens het eerste deel van de ontwerpfase is deze omgeving ontworpen op basis van de bevindingen uit het vooronderzoek en de omgeving die gebruikt is voor de MAC-protocollen challenge in de module *Network Systems* op de Universiteit Twente. Binnen deze omgeving moeten leerlingen zelf een protocol kunnen implementeren. Om te achterhalen of de omgeving daarvoor toegankelijk genoeg is en welke handvaten leerlingen nodig hebben om te zorgen dat het toegankelijk is, zijn er een aantal leerlingen geobserveerd met een prototype van de omgeving. De leerlingen kregen eerst een uitleg van de omgeving. Als de leerlingen vast liepen werd er extra uitleg gegeven. De challenge omgeving is bijgesteld op basis van de observaties en de onderdelen waarvoor leerlingen extra uitleg nodig hadden. De benodigde handvaten die niet in de challenge-omgeving zelf verwerkt konden worden zijn meegenomen met het ontwerp van de lessenserie en het lesmateriaal.

De resultaten van dit deel van de ontwerpfase waren de uiteindelijke challenge-omgeving en de handvaten die in de lessenserie verwerkt moesten worden.

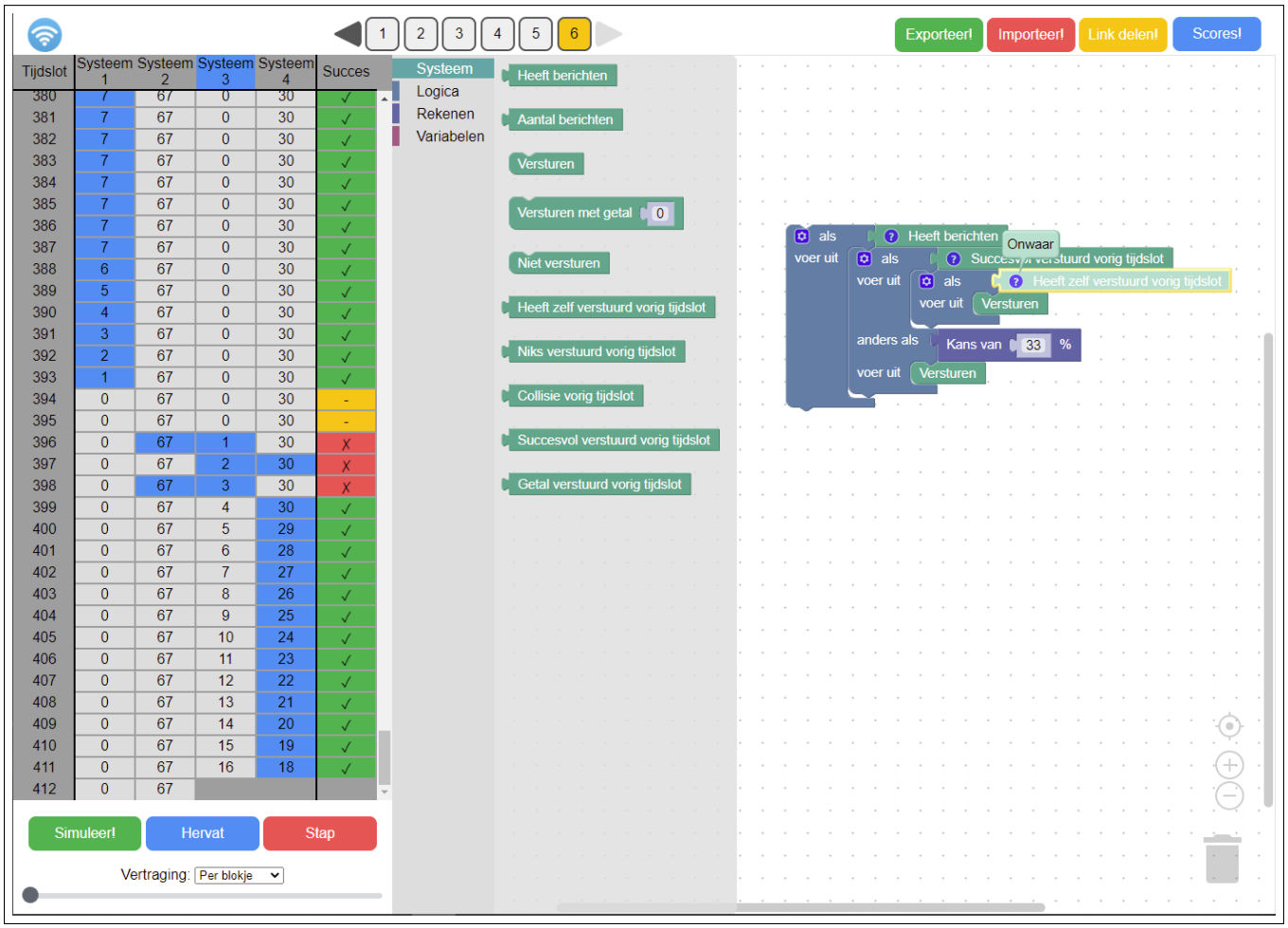
In deze sectie wordt eerst beschreven hoe de resulterende omgeving werkt, vervolgens in hoeverre de omgeving voldoet aan de ontwerpeisen, daarna de observaties vat het prototype en tot slot worden de resultaten beschreven.

6.1.1 Beschrijving challenge-omgeving

In deze sectie wordt het ontwerp van de challenge-omgeving beschreven. De omgeving is een website waarmee leerlingen protocollen kunnen maken en simuleren. De challenge-omgeving is te vinden op challenge.svenkonings.nl en de bijbehorende broncode is te vinden op github.com/svenkonings/MAC-Protocol-Challenge. Hoe de omgeving eruit ziet is te zien in Figuur 6.1.

In de challenge omgeving kunnen protocollen gemaakt en gesimuleerd worden. De rechterkant wordt gebruikt om protocollen te maken met behulp van een blokken-programmeertaal. De blokken zijn ingedeeld in 4 categorieën:

- **Systeem** bevat alle blokken gerelateerd aan MAC-protocollen, zoals of het systeem zelf berichten heeft, het systeem laten versturen of niet en wat er het vorige tijdslot is gebeurd.
- **Logica** bevat alle blokken gerelateerd aan algemene programmeer logica zoals als-dan en gelijkheid.
- **Rekenen** bevat alle blokken gerelateerd aan getallen en rekenen, inclusief het genereren van willekeurige getallen.
- **Variabelen** bevat de mogelijkheid om variabelen aan te maken en blokken om met die variabelen te werken.



Figuur 6.1: Challenge-omgeving

Rechts van de categorieën is het veld waarin het protocol gemaakt wordt door blokken met elkaar te combineren. Dit protocol kan gesimuleerd worden. Binnen de simulatie zijn er twee tot vier systemen die berichten proberen te versturen. Dit doen ze door het protocol uit te voeren. Elk systeem voert hetzelfde protocol uit. Het protocol is namelijk een soort onderlinge afspraak tussen de systemen hoe ze zich gedragen zodat ze op hetzelfde netwerk berichten kunnen versturen. De simulatie is ingedeeld in tijdsloten. Dit zijn vaste blokken tijd waarin systemen kunnen besluiten wel of niet te sturen. Links van de categorieën is de simulatie te zien. Tijdens de simulatie krijgen systemen berichten die ze moeten versturen. Hierbij is van tevoren vastgezet tijdens welke tijdsloten er nieuwe berichten bijkomen. In de tabel is te zien welk tijdslot het is, hoeveel berichten een systeem heeft, of een systeem heeft geprobeerd te versturen en of het sturen succesvol was of niet. Bij succesvolle berichten is het ook mogelijk een getal mee te sturen die gebruikt kan worden binnen het protocol, deze getallen worden ook in de tabel weergegeven.

De simulatie kan stapsgewijs doorlopen worden. Hierbij is te zien welk systeem op dat moment gesimuleerd wordt en welk blokje wordt uitgevoerd. De waardes (bijvoorbeeld de waarde van een variabele) van uitgevoerde blokjes zijn ook in te zien. De simulatie is voltooid op het moment dat alle berichten verstuurd zijn (als de systemen geen berichten meer hebben en er zijn geen tijdsloten meer waarop er nieuwe berichten bijkomen).

De omgeving is opgedeeld in levels. Het eerste level is een simpel level met twee systemen en alleen de blokken die nodig zijn om een random versturen (ALOHA) protocol te maken. Naarmate de levels hoger worden komen er meer blokken vrij om te gebruiken en wordt het scenario dat afgespeeld wordt in de simulatie ingewikkelder. Verder is er in de challenge omgeving ruimte voor extra informatie naast het level. Deze informatie is opgedeeld in pagina's met kleine stukken tekst en beschrijft hoe de nieuwe blokken van een level werken en hoe ze ingezet kunnen worden.

Aan het einde van een simulatie krijgen leerlingen een score. De score bestaat uit twee delen: efficiëntie en eerlijkheid. Samen vormen deze de totaalscore. De leerlingen krijgen ook de efficiëntie en eerlijkheid los te zien. De efficiëntie is hoe snel het protocol data kan versturen. De efficiëntie wordt berekend door het aantal tijdsloten waarin er succesvol data verstuurd is te delen door het aantal tijdsloten waarin minstens één van de systemen data had. Hieruit volgt een percentage die de efficiëntie weergeeft. De eerlijkheid geeft weer hoe de zendtijd tussen de verschillende systemen verdeeld is. De eerlijkheid wordt berekend door Raj Jain's fairness index (Jain, Chiu & Hawe, 1984) toe te passen op alle 12 opeenvolgende timeslots en vervolgens het gemiddelde hiervan te pakken. Hieruit komt een percentage. Het getal 12 is gekozen omdat de verschillende levels tussen de 2 en 4 systemen hebben en 12 deelbaar is door 2, 3 en 4. Als dit niet zo was zou het onmogelijk zijn om een perfecte eerlijkheid-score te halen. De totaalscore is de efficiëntie keer de eerlijkheid gedeeld door 10.

Bij elk level hoort een scorebord waarop leerlingen hun eigen scores en die van anderen kunnen zien. Een voorbeeld hiervan is te vinden in Figuur 6.2. De scores zijn anoniem, alleen de scores die leerlingen zelf hebben behaald zijn gemarkeerd in een andere kleur. Scores kunnen aangeklikt worden om te zien wat er gebeurd is binnen de simulatie. Het bijbehorende protocol is echter niet te zien. Tot slot is er nog de mogelijkheid om protocollen te delen.

4 5 6 Sluiten

Wanneer	Score	Efficiëntie	Eerlijkheid
2019-12-11 22:59:04	911.80	94.00	97.00
2019-12-19 16:49:51	902.40	94.00	96.00
2019-12-19 16:29:42	902.10	93.00	97.00
2019-12-19 16:27:54	892.80	93.00	96.00
2019-12-16 22:47:38	882.70	91.00	97.00
2019-12-19 16:58:59	882.70	91.00	97.00
2019-12-12 20:32:18	816.00	85.00	96.00
2019-12-16 22:35:33	498.00	83.00	60.00
2019-12-16 22:35:23	486.00	81.00	60.00
2019-12-16 22:39:39	445.50	81.00	55.00
2019-12-29 13:32:37	437.40	81.00	54.00
2019-12-19 14:58:46	327.60	39.00	84.00
2019-12-19 14:45:58	309.60	36.00	86.00

Figuur 6.2: Voorbeeld scorebord challenge-omgeving

6.1.2 Ontwerpeisen challenge-omgeving

In deze sectie wordt behandeld welke ontwerpkeuzes zijn gemaakt om te voldoen aan de ontwerpeisen en randvoorwaarden uit het vooronderzoek. Dit wordt per eis besproken. Ontwerpeis S10 en randvoorwaarde R1 zijn alleen van toepassing op de lessenserie en niet op de omgeving, dus deze worden niet in deze sectie behandeld.

S1 De challenge bevat verschillende levels met steeds uitgebreidere gereedschappen

De omgeving is opgedeeld in zes verschillende levels. Elk level heeft een ander scenario dat bepaald wanneer de systemen berichten krijgen om te versturen. Deze scenarios worden steeds ingewikkelder. De blokken die beschikbaar zijn om een protocol te maken worden steeds uitgebreider. Verder bevatten sommige levels uitleg over nieuwe blokken die toegevoegd zijn en hints voor het verbeteren van protocollen. Dit biedt ook een vorm van scaffolding. Leerlingen die goed presteren kunnen moeilijkere levels doen.

S2 De challenge bevat een puntensysteem op basis van prestaties

De omgeving bevat een puntensysteem gebaseerd op de efficiëntie en de eerlijkheid van een protocol. De berekening hiervan is beschreven in de vorige sectie.

S3 De challenge maakt gebruik van anonieme leaderboards

Per level is er een leaderboard beschikbaar waarop leerlingen de scores kunnen zien. De scores die de leerling zelf heeft behaald zijn gemarkeerd met een andere kleur. Dit is alleen voor de leerling zelf zichtbaar, de scores van andere leerlingen zijn anoniem. Het scorebord is van tevoren al gevuld met een aantal scores, waaronder ook die van slechtere protocollen zodat leerlingen niet in hun eentje onderaan komen te staan.

S4 De challenge heeft een makkelijk introductie level

Het eerste level is een scenario met maar één systeem en alleen een versturen blok. Deze is om leerlingen kennis te laten maken met de omgeving. Omdat er geen collisies mogelijk zijn is dit level alleen ter introductie en telt het niet als een echt level. Het tweede level is een simpel scenario met twee systemen en bevat alleen de benodigde blokken voor het ALOHA protocol, één van de simpelste protocollen om zelf te maken. Verder bevat het level uitleg over wat leerlingen moeten doen om het level te halen.

S5 Protocollen worden gemaakt met behulp van een op blokken gebaseerde programmeertaal

Voor de programmeertaal wordt er gebruik gemaakt van Blockly[1]. Blockly is een programma om op blokken gebaseerde programmeertalen te maken. De blokken zien eruit als puzzelstukjes en aan de vorm kun je zien welke blokken aan elkaar passen. Blockly heeft ook uitgewerkt hoe je het beste kunt laten zien dat er nog meer blokken in een if-statement passen of hoe je het weergeeft als blokken heel dicht bij elkaar staan maar niet verbonden zijn (Fraser, 2015). De logica en reken blokken zijn gebaseerd op de standaardset van Blockly. Het gebruik van blokken zorgt ervoor dat er minder kans is op syntax-fouten. Het doel is om protocollen te bouwen en de programmeertaal moet daarbij een zo klein mogelijke barrière vormen.

S6 De uitvoering van protocollen moet makkelijk te traceren zijn

De omgeving bevat verscheidene gereedschappen om de uitvoering te traceren. Allereerst wordt er tijdens de simulatie gemarkeerd welk systeem en welk blokje uitgevoerd worden. Ook is het mogelijk de waardes van uitgevoerde blokjes in te zien. De simulatie kan langzamer worden afgespeeld om beter te zien wat er gebeurt en het is mogelijk om stap voor stap de simulatie te doorlopen. Leerlingen kunnen deze mogelijkheden gebruiken om beter te begrijpen wat er gebeurd in de simulatie en mogelijk fouten in hun protocol te vinden.

S7 Leerlingen moeten protocollen zelf kunnen simuleren en zien wat er gebeurt

Leerlingen kunnen protocollen maken en simuleren. Tijdens de simulatie is er een tabel zichtbaar waarin per tijdslot te zien is of een systeem heeft geprobeerd te versturen en hoeveel berichten het systeem tijdens dat tijdslot had.

S8 De score wordt automatisch berekent op basis van de simulatie

Aan het einde van een simulatie wordt er een score berekend op basis van de efficiëntie en eerlijkheid van een protocol. Deze score wordt ook meteen toegevoegd aan het scorebord.

S9 De simulatie is ingedeeld in tijdsloten

De simulatie speelt zich af per tijdslot.

[1] https://developers.google.com/blockly

S11 Hoe scores van andere teams tot stand zijn gekomen is inzichtelijk (maar de implementatie niet)

Binnen het scorebord kunnen leerlingen op scores van anderen klikken. Hierbij krijgen ze de simulatie die bij die score hoort te zien in de tabel aan de linkerkant. Daaraan kunnen ze zien wat er tijdens de simulatie is gebeurd. Het bijbehorende protocol is niet zichtbaar. Op deze manier kunnen leerlingen ideeën opdoen om hun simulatie te verbeteren zonder meteen de antwoorden te zien.

S12 Protocollen kunnen makkelijk gedeeld worden

De omgeving bevat de mogelijkheid om protocollen te importeren/exporteren als bestand en kan ook een code van zes tekens genereren waarmee een protocol gedeeld kan worden.

R2 De challenge moet werken op schoolcomputers waar gebruikers beperkte rechten hebben

De omgeving is opgezet als website zodat er niks op de schoolcomputers geïnstalleerd hoeft te worden en er geen speciale rechten nodig zijn.

6.1.3 Challenge-omgeving prototype observaties

Om de omgeving te evalueren is deze getest met 4 leerlingen van begin 5 vwo. Hierbij hebben de leerlingen eerst een korte uitleg gekregen van de omgeving, zoals ook in de lessenserie zou gebeuren. Vervolgens zijn de leerlingen aan de slag gegaan met het prototype. De leerlingen zijn geobserveerd terwijl ze met de prototype omgeving bezig waren. Verder is er extra uitleg gegeven op het moment dat leerlingen vast kwamen te zitten. De observaties zijn terug te vinden in Appendix B.

Op basis van de observaties en voor welke onderdelen leerlingen extra uitleg nodig hadden zijn er binnen de challenge omgeving tekstuele aanpassingen gemaakt. Verder zijn er extra ontwerpeisen vastgesteld voor het ontwerp van de lessenserie. Deze ontwerpeisen helpen onduidelijkheden en/of mogelijke valkuilen te voorkomen en worden beschreven in deze sectie.

Allereerst was het niet altijd duidelijk dat de leerlingen een enkel protocol moesten maken voor alle systemen. Bij de uitleg van de lessenserie moet er de nadruk op gelegd worden dat het protocol een onderlinge afspraak tussen de systemen is hoe ze zich gedragen zodat ze op hetzelfde netwerk berichten kunnen versturen en dat alle systemen hetzelfde protocol uitvoeren. Bij de challenge omgeving zou er ook een waarschuwing toegevoegd kunnen worden op het moment dat een leerling meerdere lossen stukken code heeft, echter is dit wegens tijdgebrek achterwege gelaten. Dit brengt ons bij de eerste extra ontwerpeis:

O1 In de lessenserie moet uitgelegd worden dat alle systemen hetzelfde protocol uitvoeren

Een ander punt dat tijdens de observaties vaak terug kwam was dat de systemen allemaal exact hetzelfde deden, waardoor er altijd een collisie was. Dit is te voorkomen door een willekeurige kans toe te voegen in het protocol. Zonder willekeurige kans zijn de protocollen deterministisch en gedragen systemen die in dezelfde situatie zitten zich exact hetzelfde, waardoor er altijd collisies zijn bij het versturen. Binnen de lessenserie moet er benadrukt worden dat een willekeurige kans binnen een protocol essentieel is om te zorgen dat systemen die hetzelfde protocol uitvoeren niet telkens allen hetzelfde blijven doen en dat daardoor de simulatie niet verder komt. Dit leidt tot de tweede extra ontwerpeis:

O2 In de lessenserie moet uitgelegd worden dat een willekeurige kans essentieel is bij een gezamenlijk protocol

Wat ook belangrijk is, is dat het score systeem uitgelegd wordt en waar leerlingen op moeten letten als ze een betere score willen halen. Hierbij moet uitgelegd worden wat de efficiëntie- en eerlijkheid-scores inhouden en hoe leerlingen deze scores kunnen verbeteren. Dit leidt tot de derde extra ontwerpeis:

O3 In de lessenserie moet uitgelegd worden hoe de score berekening werkt

Wanneer een protocol niet doet wat een leerling verwacht moeten ze weten hoe ze de uitvoering ervan kunnen traceren en het protocol kunnen debuggen. Er zijn hiervoor verscheidene gereedschappen beschikbaar binnen de omgeving die behandeld moeten worden. Dit brengt ons bij de volgende extra ontwerpeis:

O4 In de lessenserie moet uitgelegd worden hoe leerlingen fouten binnen een protocol kunnen opsporen

Waar een leerling ook tegenaan liep bij het prototype was dat de uitvoering van een protocol niet doorging na het versturen blokje. De versturen en niet versturen blokjes hebben een vorm waarbij het niet mogelijk is om er een blokje onder te plaatsen, maar als het blokje in een als-dan blok gebruikt wordt kunnen er onder de als-dan wel weer blokken geplaatst worden. Voor leerlingen moet het duidelijk zijn dat een systeem ophoud met het uitvoeren van een protocol op het moment dat het een versturen of niet versturen blok heeft bereikt. Het was ook niet duidelijk dat het succesvol verstuurd blok alleen keek of er het vorige tijdslot succesvol verstuurd was en niet welk systeem dat was. Dus als er een systeem niet verstuurd had, maar het tijdslot was alsnog succesvol verstuurd omdat een ander systeem wel had verstuurd, dan was het resultaat van het succesvol verstuurd blok waar. Dit leidt tot de laatste extra ontwerpeis:

O5 In de lessenserie moet uitgelegd worden hoe de “versturen”, “niet versturen” en “succesvol verstuurd” blokken werken

6.2 Lessenserie

Het tweede deel van de ontwerpfase bestaat uit het ontwerpen van de lessenserie rondom de challenge-omgeving uit het eerste deel, inclusief het benodigde lesmateriaal. Het ontwerp van de lessenserie wordt geëvalueerd door middel van een expertreview. In deze sectie wordt eerst de resulterende lessenserie omschreven, vervolgens in hoeverre deze lessenserie voldoet aan de ontwerpeisen, daarna de expertreview van de lessenserie en tot slot worden de resultaten beschreven.

6.2.1 Beschrijving lessenserie

We hebben gekozen om een lessenserie van vijf lessen van drie kwartier te maken. De eerste les introduceert de theorie en wat MAC-protocollen zijn, de tweede les introduceert de challenge omgeving. Les 3 t/m 5 worden besteed aan de challenge. Les 5 bevat ook de afronding van de challenge.

De introductie begint met een unplugged werkvorm om het probleem duidelijk te maken: het berichtenspel. Dit spel is gemaakt om de problemen die ontstaan bij verschillende apparaten die tegelijk draadloos proberen te versturen na te bootsen. Een van de leerlingen gaat bij het bord

staan. Alle andere leerlingen krijgen een briefje met daarop 0 tot 3 zinnen. Deze briefjes kunnen gevonden worden in Appendix C. Uiteindelijk moeten alle zinnen op het bord komen in zo min mogelijk beurten. De leerlingen mogen niet met elkaar overleggen. Als de leerling bij het bord volgende roept begint de beurt. Aan het begin van de beurt mogen leerlingen hun zin roepen. Dit mag alleen meteen aan het begin. Leerlingen mogen niet wachten of het stil blijft en dan pas roepen. Ook mag je niet stoppen met je zin als je door elkaar heen praat.

Na het eerste potje kunnen leerlingen met elkaar overleggen hoe het beter kan (bijvoorbeeld een vaste volgorde afspreken). In een tweede variant van het berichtenspel mogen leerlingen ook nog een getal aan het einde van hun zin noemen om zo de score nog verder te verbeteren. Aan het eind van het spel wordt het verband getrokken met MAC-protocollen en wordt de theorie daarover geïntroduceerd. Dit wordt gedaan me behulp van de presentatie in Appendix D.

Tijdens de tweede les wordt de challenge omgeving uitgelegd. De presentatie die hierbij hoort is te vinden in Appendix E. Ook wordt er een simpel challenge protocol samen met de leerlingen gedaan. Vervolgens kunnen de leerlingen zelf experimenteren met de omgeving.

Les 3 t/m 5 krijgen de leerlingen de opdracht om teams van twee te maken en vindt de challenge zelf plaats, waarbij leerlingen een zo hoog mogelijke score per level moeten proberen te krijgen. De derde les begint met een korte quiz. Eerst krijgen de leerlingen een paar simulatie tabellen te zien die nog niet helemaal zijn ingevuld. Het aantal berichten (behalve de eerste rij) en de resultaten kolom ontbreken namelijk. De leerlingen krijgen de opdracht deze aan te vullen. Vervolgens wordt het klassikaal besproken. Daarna krijgen de leerlingen een aantal protocollen te zien en een aantal simulatie tabellen en moeten ze bepalen welke tabel bij welk protocol hoort. Hierbij past elke tabel maar bij een enkel protocol en vice versa. Hiervan wordt ook besproken waarom een bepaald protocol bij een bepaalde tabel moet horen. Helaas is het materiaal van deze quiz verloren gegaan en ontbreekt deze in de appendix. De incomplete presentatie is wel te vinden in Appendix F.

De vierde les bevat ook een stukje uitleg over welke scenario's level 5 en 6 in het echt zouden kunnen voorstellen. De presentatie van les vier is te vinden in Appendix F. Tijdens de les wordt ook een TDMA voorbeeld protocol uitgelegd en variabelen worden geïntroduceerd. Tijdens de les presenteren een paar groepen met een goed scorend protocol hoe hun protocol werkt.

Aan het begin van les vijf krijgen leerlingen nog even de tijd om de laatste hand te leggen aan hun protocol. Vervolgens zijn er een paar presentaties van de uiteindelijke protocollen die bovenaan zijn geëindigd. Tot slot sluit de les af met een koppeling tussen de protocollen van de challenge en de protocollen in de praktijk. De bijbehorende presentatie is te vinden in Appendix H. Voor de lessenserie is ook een docentenhandreiking gemaakt. Deze is te vinden in Appendix I.

6.2.2 Ontwerpeisen lessenserie

In deze sectie wordt behandeld welke ontwerpkeuzes zijn gemaakt om te voldoen aan de leerdoelen en ontwerpeisen uit het vooronderzoek en het eerste deel van de ontwerpfase. De ontwerpeisen die in het eerste deel van de ontwerpfase zijn meegenomen worden hier niet nogmaals besproken.

Leerdoelen

De leerdoelen komen uit het vooronderzoek en worden per leerdoel behandeld.

L1 Leerlingen moeten kunnen uitleggen welke rol MAC-protocollen spelen binnen het OSI-model

In de introductieles over MAC-protocollen wordt behandeld welke rol MAC-protocollen vervullen binnen het OSI-model en op welke manier ze deze rol vervullen.

L2 Leerlingen moeten kunnen uitleggen hoe de ALOHA, CSMA en TDMA protocollen werken en een voorbeeld kunnen geven waar ze gebruikt worden

De challenge begint met het ALOHA protocol. Deze wordt behandeld in het tweede level. In de latere levels binnen de challenge worden er hints gegeven zoals het laten uitpraten van systemen (soort van CSMA) of het omstebeurt sturen (TDMA). Tot slot wordt in de afsluiting van les 5 de link gelegd met de bestaande protocollen in de praktijk.

L3 Leerlingen moeten kunnen beschrijven wat MAC-protocollen doen en hoe een MAC-protocol zorgt dat verschillende systemen via hetzelfde netwerk kunnen communiceren

Wat MAC-protocollen zijn en doen wordt in de eerste les uitgelegd met behulp van het berichtenspel. Tijdens de challenge leren leerlingen hoe MAC-protocollen functioneren en ervoor zorgen dat meerdere systemen via hetzelfde kanaal kunnen communiceren.

L4 Leerlingen moeten de schalingseffecten die optreden wanneer er veel apparaten tegelijk verbonden zijn kunnen herkennen, er voorbeelden van geven en de gevolgen ervan kunnen uitleggen

Leerlingen krijgen deze schalingseffecten terug te zien tijdens de challenge, omdat het aantal systemen en het aantal berichten wordt uitgebreid zullen protocollen die in het begin voldoende werkten steeds slechter presteren. Leerlingen maken deze schalingseffecten dus zelf mee.

L5 Leerlingen moeten kunnen uitleggen hoe de efficiëntie en eerlijkheid tussen protocollen zoals ALOHA, CSMA en TDMA verschilt en kunnen aangeven welk protocol in welke situatie het efficiëntst zou presteren en welke het eerlijkst

Tijdens de challenge maken leerlingen deze protocollen zelf en worden ze beoordeeld op hun eerlijkheid en efficiëntie. De levels bevatten verschillende scenarios waarin sommige protocollen beter presteren dan anderen. Leerlingen kunnen hier zelf mee experimenteren.

L6 Leerlingen moeten zelf een MAC-protocol zoals ALOHA of CSMA kunnen implementeren

Deze protocollen worden binnen de lessenserie behandeld, uitgelegd en geïmplementeerd.

Voorwaarden

De voorwaarden komen uit het vooronderzoek. De volgende voorwaarden worden besproken:

R1 De lessenserie bestaat uit 5 lessen van 45 minuten
S10 Leerlingen werken in tweetallen aan de challenge
V1 De competitie heeft een duidelijk start en eind
V2 De opdracht is duidelijk gedefinieerd en geschikt voor de doelgroep
V3 De regels en criteria voor winnen zijn duidelijk
V4 Alle teams moeten een gelijke kans hebben om te winnen
V5 Verschillende teams moeten niet van elkaar afhankelijk zijn

V6 Winnen is niet belangrijk
V7 Het werk van teamleden beïnvloed elkaar positief
V8 De individuele prestaties van teamleden worden ook meegenomen
V9 Teamleden kunnen elkaar helpen met de opdracht

De lessenserie is opgebouwd uit 5 lessen zoals beschreven in Sectie 6.2.1 (R1). Aan het begin van de lessenserie wordt de challenge aangekondigd en wordt het start en einde ervan benoemd (V1). Tijdens de lessen wordt ook expliciet benoemd hoeveel lessen de leerlingen nog over hebben voor de challenge. Tijdens de introductie van de challenge worden leerlingen verteld dat ze met z'n tweeën samen mogen werken en binnen hun team protocollen kunnen uitwisselen of samen aan een protocol werken (S10). Hierbij kunnen teamleden elkaar helpen om hun protocol nog beter te maken (V9). Ze kunnen samen programmeren en op die manier fouten voorkomen, van elkaar leren en elkaar verder op weg helpen (V7). Alle teams krijgen dezelfde opdracht en hebben gelijke kansen om te winnen (V4). De scores worden bepaalt door hoe goed het protocol is dat een team kan maken. Hoe deze scores tot stand komen wordt uitgelegd in de lessenserie (V3). Hierbij wordt ook uitgelegd hoe leerlingen hun scores kunnen verbeteren. De teams zijn niet van elkaar afhankelijk (V5), maar kunnen wel elkaars scores inzien ter inspiratie. Tot slot zijn de prestaties binnen de challenge niet gekoppeld aan een beloning zoals een beter cijfer (V6). Leerlingen strijden alleen voor de eer.

De voorwaarde of de opdracht duidelijk gedefinieerd en geschikt voor de doelgroep is (V2) wordt getest doormiddel van de pilot lessenserie. De beoordeling van de individuele prestaties van teamleden (V8) is wegens tijdgebrek niet meegenomen in het uiteindelijke ontwerp van de lessenserie.

6.2.3 Extra eisen

Deze aanvullende eisen zijn tot stand gekomen tijdens het eerste deel van de ontwerpfase. De volgende eisen worden besproken:

O1 In de lessenserie moet uitgelegd worden dat alle systemen hetzelfde protocol uitvoeren
O2 In de lessenserie moet uitgelegd worden dat een willekeurige kans essentieel is bij een gezamenlijk protocol
O3 In de lessenserie moet uitgelegd worden hoe de score berekening werkt
O4 In de lessenserie moet uitgelegd worden hoe leerlingen fouten binnen een protocol kunnen opsporen
O5 In de lessenserie moet uitgelegd worden hoe de "versturen", "niet versturen" en "succesvol verstuurd" blokken werken

De definitie van protocollen wordt uitgelegd en het wordt benadrukt in het berichtenspel. Bij de uitleg van de challenge-omgeving wordt er benoemd dat een enkel protocol door alle systemen uitgevoerd wordt (O1). Tijdens het uitleggen van protocollen wordt ook behandeld dat een willekeurige kans essentieel is om te zorgen dat systemen niet verder komen doordat ze telkens hetzelfde doen (O2). Aan he begin van de lessenserie wordt ook uitgelegd hoe de score berekening werkt (O3) en hoe leerlingen hun eigen protocollen binnen de challenge-omgeving kunnen debuggen (O4). O5 is niet expliciet verwerkt in de lessenserie.

6.2.4 Expertreviews lessenserie

De lessenserie is gereviewed door een expert op basis van de checklist beoordelingscriteria voor uitdagend aanbod (SLO, 2019a). De ingevulde checklist is te vinden in Appendix J. De checklist

bestaat uit de mening van de expert en is samengevat in deze sectie.

De expert vindt de moeilijkheidsgraad van de lessenserie lastig te bepalen, aangezien de voorkennis van de leerlingen onbekend is. Wat wel positief bijdraagt is dat de stof is opgedeeld in steeds moeilijkere levels. De expert vindt het berichtenspel een goede introductie en een mooie opdracht om de leerlingen kennis te laten maken met het onderwerp. Ook vindt de expert de opdrachten binnen de lessenserie interessant en uitdagend.

Volgens de expert is de challenge indrukwekkend in elkaar gezet en biedt deze leerlingen open opdrachten die vergelijkbaar zijn met echte problemen. De begrippen die hierbij horen komen echter niet genoeg naar voren behalve in de samenvatting in les 5. De informatie komt vooral vanuit de challenge en de slides.

De expert benoemt dat er wellicht een individuele opdracht toegevoegd kan worden zodat de docent er zeker van is dat beide leerlingen het hebben begrepen. Ook mist de reflectie van het individuele leerproces volgens de expert. Er is wel een korte reflectie op het geleverde product in les 5 en leerlingen krijgen feedback in de vorm van een score. Echter ontbreekt de feedback op het individuele werkproces. Hierdoor is het mogelijk dat leerlingen makkelijk kunnen meeliften op het werk van een ander.

6.2.5 Resultaten lessenserie-ontwerpfase

Uit deze ontwerpfase zijn een lessenserie en bijbehorende challenge-omgeving gekomen waarmee een pilot gedraaid kan worden. Verder zijn er nog een aantal verbeterpunten uitgekomen voor als de lessenserie verder ontwikkeld wordt. Deze verbeterpunten worden beschreven in deze sectie.

Allereerst kan er in de introductie een sterkere link worden gelegd met het OSI-model. Dit zorgt ervoor dat de lessenserie beter aansluit op de bestaande lesstof binnen het onderdeel netwerksystemen en dat daar ook naar verwezen kan worden.

Ten tweede kunnen de theorie en de begrippen die bij MAC-protocollen horen beter verwerkt worden binnen de challenge. Nu wordt dit in het begin benoemd en aan het eind bij de samenvatting wordt pas de link benadrukt. Deze stof zou beter tot zijn recht komen als het door de challenge zelf wordt verweven.

Een klein puntje is dat de uitleg van de versturen en niet versturen blokken kan worden uitgebreid om duidelijk te maken dat het systeem ophoud met het uitvoeren van het protocol op het moment dat die z'n blok tegenkomt.

Ten vierde kan er een individuele opdracht of iets ander om de individuele prestaties te meten worden toegevoegd. Momenteel worden de individuele prestaties niet beoordeeld. Hierdoor is het makkelijk om mee te liften met andere leerlingen. Ook kan het ervoor zorgen dat leerlingen zich minder verantwoordelijk voelen voor hun eigen aandeel waardoor de prestaties achteruit gaan.

Tot slot kan er nog een reflectie op het leer- en werk-proces worden toegevoegd. Deze wordt momenteel helemaal niet beoordeeld en er ontbreekt hierop feedback voor de leerlingen. Feedback op deze processen kan de leerlingen helpen de lessenserie beter te volgen.

6.3 Conclusie

Met de resultaten uit de ontwerpfase kunnen de onderzoeksvragen in categorie B beantwoord worden.

B1 Welke informatie en handvaten hebben leerlingen nodig om te zorgen dat de challenge werkvorm toegankelijk is?

Voor de toegankelijkheid van de challenge-werkvorm zijn verscheidene stukken informatie en handvaten in de challenge-omgeving en de lessenserie verwerkt. Qua handvaten maakt de challenge-omgeving gebruik van een op blokken gebaseerde programmeertaal gecombineerd met levels die steeds moeilijker worden. De programmeertaal begint simpel en wordt uitgebreider in de latere levels. Ook is het mogelijk om te zien hoe simulaties van andere groepen zijn verlopen. Tot slot bevat de challenge-omgeving gereedschappen om de code makkelijk te traceren.

Qua informatie bevat de challenge-omgeving kleine stukjes uitleg per level, waarin voornamelijk staat beschreven wat nieuwe blokken doen en nieuwe ideeën voor protocollen worden gegeven. De lessenserie bevat uitleg om duidelijk te maken dat alle systemen hetzelfde protocol uitvoeren, dat de willekeurige kans essentieel is, hoe de score berekening werkt en hoe de gereedschappen om code te traceren ingezet kunnen worden. Deze handvaten en stukken informatie moeten ervoor zorgen dat de challenge-werkvorm toegankelijk is.

B2 Hoe ziet de invulling van het lesmateriaal eruit?

De invulling van het lesmateriaal is een lessenserie die om de challenge heen gebouwd is. Deze lessenserie vormt de rode draad door de challenge-omgeving, die vanuit zichzelf erg open is, heen. De lessenserie begint met een introductie en wat theorie om leerlingen kennis te laten maken met MAC-protocollen en bevat de uitleg die leerlingen nodig hebben om met de challenge-omgeving aan de slag te kunnen. Tijdens de challenge biedt de lessenserie de leerlingen handvaten om verder te komen met hun protocollen. De lessenserie wordt afgesloten met een les waarin een aantal groepen hun resulterende protocol presenteren en een samenvatting van de lesstof.

Hoofdstuk 7

Evaluatie

Om de lessenserie uit de ontwerpfase te evalueren is een pilot gedraaid. Deze pilot is gedaan met een 5 VWO klas. Voor aanvang van de pilot heeft de docent een informatiedocument ontvangen, deze is te vinden in Appendix K. Tijdens de pilot zijn de lessen en de leerlingen geobserveerd door mij en door de docent van de klas. Verder hebben een aantal leerlingen hun protocol voor de klas gepresenteerd de laatste les. De lessenserie is afgesloten met een enquête. Deze drie onderdelen zijn gebruikt om de lessenserie te evalueren en worden beschreven in dit hoofdstuk.

7.1 Pilot observaties

Tijdens de pilot zijn de leerlingen geobserveerd door mij en de docent. Een beschrijving van deze observaties is te vinden in Appendix L. In deze sectie worden de observaties samengevat.

Wat allereerst opviel is dat aan het begin van de challenge leerlingen vrij snel vast kwamen te zitten. Sommige leerlingen hadden moeite om een werkend protocol te maken. Een groot deel van de leerlingen gaven zelf aan dat ze niet wisten hoe ze verder moesten nadat ze in level 2 een Aloha protocol hadden gemaakt. Als reactie hierop is er tijdens de derde en vierde les extra uitleg toegevoegd om de leerlingen meer sturing te bieden. Tevens is er besloten om een extra les toe te voegen, aangezien veel leerlingen na het Aloha protocol nog geen uitgebreider protocol hadden gemaakt. Hierdoor zouden niet alle leerdoelen behaald worden.

Tijdens de vijfde les is er ook extra uitleg toegevoegd en kregen leerlingen de opdracht om een TDMA protocol te maken. Hierbij kregen leerlingen eerst uitleg over wat TDMA is en hoe het werkt en konden ze zelf aan de slag, na een kwartier kregen ze een half-uitgewerkt protocol en aan het einde van de les is het volledige protocol besproken.

Met de extra uitleg en sturing is het de meeste leerlingen gelukt om een CSMA protocol te implementeren. De TDMA protocollen zijn wel klassikaal behandeld, maar het is de meeste leerlingen niet gelukt deze zelfstandig te implementeren.

7.2 Pilot protocol presentaties

Tijdens de laatste les hebben een aantal leerlingen hun protocollen gepresenteerd. In deze sectie analyseren we de resulterende protocollen om te kijken wat de leerlingen bereikt hebben en of dat in lijn ligt met de beoogde resultaten en leerdoelen. Vanuit de leerdoelen verwachten we dat leerlingen minstens een ALOHA of CSMA protocol kunnen implementeren. In deze sectie worden de bevindingen samengevat. De volledige beschrijving van de protocollen kan gevonden worden in Appendix M.

In totaal hebben vier groepjes hun protocol gepresenteerd. Alle vier de gepresenteerde protocollen zijn een variant van het CSMA protocol waarbij systemen eerst luisteren of er al verstuurd wordt voordat ze zelf gaan zenden. Verder blijft een systeem zenden als deze succesvol verstuurd heeft in alle varianten. Systemen laten elkaar dus uitpraten.

Wat opvalt is dat bij twee protocollen geen gebruik wordt gemaakt van het anders-als functionaliteit bij als-blokken. In plaats daarvan zetten de leerlingen als-blokken in als-blokken. Het resultaat is hetzelfde maar het neemt wel meer ruimte in. Dit kan erop duiden dat deze functionaliteit niet duidelijk was voor de leerlingen.

In een ander protocol zit een kleine fout. Namelijk als twee systemen tegelijk beginnen met sturen dan blijven ze permanent door elkaar heen praten. Daarnaast wordt er een getal meegestuurd op het moment dat een systeem z'n laatste bericht stuurt, alleen hier wordt verder nog niks mee gedaan. Mogelijk komt dit door tijdsgebrek.

Het laatste protocol bevat een interessant concept, namelijk dat systemen met meer berichten een hogere kans hebben om te beginnen met versturen. Bij dit protocol wordt ook een getal meegestuurd bij het zenden en dit wordt ook binnen het protocol gebruikt. Ook hebben deze leerlingen gebruik gemaakt van variabelen. Aan het protocol is te zien dat deze leerlingen verder zijn gekomen dan de andere groepen.

Tijdens de presentaties wisten de leerlingen hun eigen protocol vaak goed uit te leggen. Er zijn helaas geen protocollen voorbij gekomen waarbij systemen onderling een volgorde bepalen en vervolgens omstebeurt in die volgorde gaan sturen (TDMA). Een voorbeeld hiervan kan gevonden worden in de handreiking in Appendix I. Dit komt mogelijk omdat het bepalen van de volgorde nog best lastig is en het gebruik van variabelen vereist. Het leerdoel dat leerlingen minstens ALOHA of CDMA kunnen implementeren is aan de hand van deze protocollen wel behaald.

7.3 Pilot enquête

Aan het einde van de lessenserie hebben de leerlingen een anonieme enquête ingevuld. Deze enquête is te vinden in Appendix N en de bijbehorende resultaten zijn te vinden in Appendix O. In deze sectie wordt de enquête besproken.

De enquête bestaat uit 6 kwantitatieve vragen en 4 optionele kwalitatieve vragen. De kwantitatieve vragen gaan in op of leerlingen zelf vinden dat ze veel geleerd hebben en of ze de lessenserie leuk/enthousiasmerend vonden. Hierbij geven leerlingen een score van 1 (oneens) tot 5 (eens). Bij de kwalitatieve vragen hebben leerlingen ruimte om feedback te geven wat op wat ze positief vonden, negatief vonden, verbeterpunten en overige opmerkingen. De gemiddelde standaard afwijking over alle vragen was $1,01$.

Bij de vraag of leerlingen veel geleerd hebben is de gemiddelde score $3,04 \pm 0,89$. De standaardafwijking is kleiner dan gemiddeld dus de meningen van leerlingen liggen dichter bij elkaar dan de andere vragen gemiddeld. Ook in de barchart is terug te zien dat de de meningen rondom de 3 verdeeld zijn. De leerlingen gaven dus een neutraal/gemiddeld antwoord op de vraag of ze veel geleerd hadden.

Bij de vraag of leerlingen de pilot een leuke lessenserie vonden is de gemiddelde score $3,17 \pm 1,14$. Leerlingen zijn dus licht positief over de lessenserie, maar ook meer verdeeld dan gemiddeld. Dit is ook deels in de barchart terug te zien waarbij de meeste leerlingen de lessenserie een 3 of een 4 geven, maar er ook een piek is bij de 1. Dit zou veroorzaakt kunnen worden doordat sommige leerlingen moeite hadden met de challenge en ook na de extra uitleg vast liepen.

Bij de vraag of het berichtenspel geholpen heeft bij het begrijpen van de stof zijn leerlingen ook licht positief met een gemiddelde score van $3,21 \pm 1,22$. De leerlingen waren ook hier meer verdeeld dan gemiddeld. In de barchart kunnen we zien dat deze verdeeldheid wel wat evenrediger gespreid is dan bij de vorige vraag. Over het algemeen is he berichtenspel licht positief ontvangen.

Over of de challenge leuk was zijn de leerlingen positief met een gemiddelde score van $3,29 \pm 1,06$. De leerlingen zijn iets meer verdeeld dan gemiddeld. In de barchart is terug te zien dat de meeste leerlingen rond de 4 en de 3 zitten. Over het algemeen is de challenge goed ontvangen.

Bij de vraag over of leerlingen de challenge motiverend vonden zijn de leerlingen negatief met een gemiddelde score van $2,27 \pm 0,89$. De leerlingen zijn het ook meer dan gemiddeld met elkaar eens. De challenge heeft dus over het algemeen niet bijgedragen aan het motiveren van leerlingen. Een mogelijke oorzaak hiervan is dat veel leerlingen zijn vastgelopen bij de challenge en dit erg demotiverend werkt.

Bij de vraag over of de leerlingen veel geleerd hebben van de challenge zijn de leerlingen licht positief met een gemiddelde score van $3,17 \pm 0,85$. De leerlingen zijn minder verdeeld dan gemiddeld.

Qua positieve punten benoemen leerlingen vooral dat de challenge een interessante methode was en leuker dan alleen theorie. Ook zijn de leerlingen positief over de uitleg. Qua negatieve punten benoemen de leerlingen dat het te snel te moeilijk werd en dat het ook eentonig werd. Verder noemen ze dat het demotiverend is als het niet lukt en dat op het laatst de protocollen erg moeilijk werden. Een paar leerlingen noemen ook de autoriteit en orde als negatief punt. Als één van de verbeterpunten noemen leerlingen de leercurve. Een ander vergelijkbaar verbeterpunt dat leerlingen noemen is om minder snel door de moeilijkere stof en de latere protocollen heen gaan. Verder wordt er genoemd dat de sturing bij de latere protocollen beter kan. Tot slot noemen de leerlingen als verbeterpunten om de lessenserie te verdelen over meer lessen en een tip knop toevoegen voor als je vast zit.

7.4 Conclusie

Met de resultaten van de pilot kunnen we de onderzoeksvragen in categorie C beantwoorden.

C1 In hoeverre worden de leerdoelen behaald met de resulterende lessenserie?

L1 Leerlingen moeten kunnen uitleggen welke rol MAC-protocollen spelen binnen het OSI-model

Het OSI-model is niet expliciet behandeld binnen de lessenserie. Dit leerdoel is dus niet behaald.

L2 Leerlingen moeten kunnen uitleggen hoe de ALOHA, CSMA en TDMA protocollen werken en een voorbeeld kunnen geven waar ze gebruikt worden

Leerlingen hebben tijdens de pilot allemaal een eigen ALOHA protocol gemaakt. Uit de protocol presentaties zijn ook veel verschillende varianten gebaseerd op CSMA te zien. TDMA is klassikaal behandeld, maar het is de meeste leerlingen niet gelukt hun eigen variant te implementeren. Voorbeelden waar protocollen gebruikt worden zijn benoemd tijdens de lessen en teruggekomen in de samenvatting aan het einde. Er is niet gemeten of deze informatie bij de leerlingen is blijven beklijven.

L3 Leerlingen moeten kunnen beschrijven wat MAC-protocollen doen en hoe een MAC-protocol zorgt dat verschillende systemen via hetzelfde netwerk kunnen communiceren

In de introductie is uitgelegd wat MAC-protocollen doen en waar ze gebruikt worden. Vervolgens hebben leerlingen hun eigen MAC-protocollen gemaakt en deze gesimuleerd met twee tot vier systemen. Hierdoor hebben leerlingen ervaring opgedaan met hoe MAC-protocollen zorgen dat verschillende systemen via hetzelfde netwerk communiceren en is dit leerdoel in de lessenserie teruggekomen.

L4 Leerlingen moeten de schalingseffecten die optreden wanneer er veel apparaten tegelijk verbonden zijn kunnen herkennen, er voorbeelden van geven en de gevolgen ervan kunnen uitleggen

De schalingseffecten zijn in de introductie benoemd en leerlingen zien deze schalingseffecten terug tijdens de challenge. Aangezien het aantal systemen en het aantal berichten wordt uitgebreid zullen protocollen die in het begin voldoende werkten steeds slechter presteren. Leerlingen maken deze schalingseffecten dus zelf mee, echter is er niet gemeten of ze deze kunnen uitleggen.

L5 Leerlingen moeten kunnen uitleggen hoe de efficiëntie en eerlijkheid tussen protocollen zoals ALOHA, CSMA en TDMA verschilt en kunnen aangeven welk protocol in welke situatie het efficiëntst zou presteren en welke het eerlijkst

De lessenserie bevat uitleg over de efficiëntie en eerlijkheid van MAC-protocollen. Ook kunnen leerlingen hier zelf mee experimenteren. Tijdens de lessenserie hebben de leerlingen gezien dat een protocol waarbij systemen elkaar laten uitpraten erg efficiënt is en een protocol zoals TDMA erg eerlijk. Ook zijn er verschillende situaties benoemd waarin bepaalde protocollen beter zijn. Er is niet gemeten of deze stof is blijven beklijven.

L6 Leerlingen moeten zelf een MAC-protocol zoals ALOHA of CSMA kunnen implementeren

Op basis van de observaties hebben alle groepen hebben een ALOHA protocol geïmplementeerd en een groot deel van de groepen heeft ook een variant van CSMA geïmplementeerd. In de protocol presentaties zijn allemaal varianten van CSMA teruggekomen.

C2 In hoeverre vinden de leerlingen de lessenserie enthousiasmerend?

a Heeft het gebruik van de challenge werkvorm hieraan bijgedragen?

Uit de enquête is gebleken dat de leerlingen positief zijn over hoe leuk de challenge is en ook licht positief over de algehele lessenserie. Bij de vragen of leerlingen veel geleerd hadden en of ze het leuk vonden waren de antwoorden positiever wanneer ze over de challenge gingen dan over de hele lessenserie. Dat zou kunnen wijzen op dat de challenge een positieve bijdrage had. In de opmerkingen geven leerlingen aan dat het een interessante leermethode was en dat de challenge een goede toevoeging was. Leerlingen waren echter negatief over hoe motiverend de challenge was. In de enquête geven leerlingen aan dat de leercurve te snel te lastig werd en dat ze vast kwamen te zitten, wat demotiverend werkt. Over het algemeen was de challenge een positieve toevoeging, maar zijn er nog wel wat verbeterpunten, voornamelijk qua leercurve en sturing.

Hoofdstuk 8

Conclusie en discussie

In dit onderzoek hebben we een verdiepende lessenserie opgezet binnen het keuzethema netwerksystemen gericht op MAC-protocollen. De lessenserie maakt gebruik van de challenge-werkvorm, waarbij leerlingen zelf oplossingen kunnen simuleren en met elkaar kunnen concurreren op leaderboards.

Het onderzoek bestond uit drie onderdelen die gebruikt zijn om de deelvragen te beantwoorden: het vooronderzoek, de ontwerpfase en de evaluatie. Uit het vooronderzoek zijn de leerdoelen, ontwerpeisen en randvoorwaarden voor het ontwerp van de lessenserie gekomen en dat de lessenserie het beste past op 5 Havo/Vwo niveau.

In de ontwerpfase is er voor de lessenserie een challenge-omgeving opgezet, een website waarmee leerlingen MAC-protocollen kunnen maken en simuleren. Deze omgeving maakt gebruik van een blokken-programmeertaal en bevat verscheidene levels, opbouwend in moeilijkheid, met per level een leaderboard. Deze omgeving is geëvalueerd aan de hand van een prototype, waaruit extra ontwerpeisen voor de lessenserie zijn gekomen. De lessenserie is opgebouwd rondom de challenge en bestaat uit vijf lessen.

Voor de evaluatiefase is een pilot gedraaid. Uit de pilot is gebleken dat alhoewel de challenge-omgeving goed werkt, de omliggende lessenserie een te snelle leercurve heeft en dat leerlingen door het gebrek aan sturing vast komen te zitten.

Met de antwoorden op alle deelvragen kunnen we de hoofdvraag beantwoorden:

> **Hoe geef je een enthousiasmerende en effectieve lessenserie over MAC-protocollen gebruik makend van de challenge-werkvorm?**

De resulterende challenge vormt een veelbelovende basis om leerlingen over MAC-protocollen te laten leren. Uit de enquête is gebleken dat de leerlingen de challenge een interessante manier om te leren vonden. De challenge werkvorm moet wel toegepast worden op een manier waarop de leerlingen grotendeels zelfstandig ermee aan de slag kunnen. Als de challenge te lastig is, dan lopen de leerlingen vast en verliest de challenge het motiverende effect.

8.1 Discussie

Tijdens de pilot zijn een aantal zaken naar voren gekomen. Uit de observaties en de enquête is gebleken dat de leercurve van de lessenserie te snel te lastig werd en dat er te weinig sturing was waardoor leerlingen verdwaald raakte en vast kwamen te zitten. Uit eigen observaties is de challenge-omgeving zelf wel adequaat, maar zijn er aan de level-opbouw, de uitleg in de omgeving

en de omliggende lessenserie nog aanpassingen nodig om de leercurve en de sturing te verbeteren.

Doordat de leercurve en sturing niet adequaat waren, zijn de uitkomsten van de metingen hoe enthousiasmerend en effectief de lessenserie was ook beïnvloed. Uit de enquête is gebleken dat leerlingen licht positief zijn over hoe leuk en leerzaam ze de lessenserie en de challenge vonden, maar dat ze negatief zijn over hoe motiverend de challenge was. In de opmerkingen benoemen de leerlingen echter wel de challenge als positief punt, maar de moeilijkheid als negatief punt. We verwachten dat bij een verbeterde lessenserie het motiverende effect van de challenge positiever zal zijn.

De resulterende challenge-omgeving zou ingezet kunnen worden voor een lessenserie binnen het keuzethema netwerksystemen. Het zou bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden als verdieping voor de communicatie module van het SLO[1]. Hierbij zou de docent wel zelf de lessenserie moeten opzetten, aangezien de leercurve en sturing van de huidige lessenserie niet adequaat zijn.

De resulterende lessenserie heeft nog veel verbetering nodig. De lessenserie laat leerlingen na het Aloha protocol nu volledig vrij om zelf een protocol te verzinnen, echter hebben de leerlingen op dit punt nog niet de benodigde voorkennis om hiermee uit de voeten te kunnen. Als de lessenserie verbeterd wordt, zou deze aangeboden kunnen worden als verdiepende lesstof binnen netwerksystemen.

Tot slot is in de enquête naar voren gekomen dat een “tip” knop als verbeterpunt toegevoegd zou kunnen worden binnen de omgeving. Door op deze knop te klikken krijgen leerlingen een of meerdere hints voor het huidige level. Dit zou ook een mooie manier kunnen zijn om te zorgen dat leerlingen minder snel vast lopen.

[1] https://infvo.github.io/com-0/html/index.html

Literatuur

Barendsen, E. & Tolboom, J. (2016). *Advies examenprogramma informatica havo/vwo: inhoud en invoering*. Enschede: SLO.

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H. & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. New York: David McKay Company.

Burguillo, J. C. (2010). Using game theory and competition-based learning to stimulate student motivation and performance. *Computers & education*, *55*(2), 566–575.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining"gamification". In *Proceedings of the 15th international academic mindtrek conference: Envisioning future media environments* (pp. 9–15).

Fraser, N. (2015). Ten things we've learned from blockly. In *2015 ieee blocks and beyond workshop (blocks and beyond)* (pp. 49–50).

Gonzalez, G. (2006). A systematic approach to active and cooperative learning in cs1 and its effects on cs2. *ACM SIGCSE Bulletin*, *38*(1), 133–137.

Griffin, J. M. (2016). Learning by taking apart: deconstructing code by reading, tracing, and debugging. In *Proceedings of the 17th annual conference on information technology education* (pp. 148–153).

Grover, S. & Basu, S. (2017). Measuring student learning in introductory block-based programming: Examining misconceptions of loops, variables, and boolean logic. In *Proceedings of the 2017 acm sigcse technical symposium on computer science education* (pp. 267–272).

Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model (Standard nr. ISO/IEC 7498-1:1994). (1994). Geneva: International Organization for Standardization.

Iosup, A. & Epema, D. (2014). An experience report on using gamification in technical higher education. In *Proceedings of the 45th acm technical symposium on computer science education* (pp. 27–32).

Jain, R. K., Chiu, D.-M. W. & Hawe, W. R. (1984). A quantitative measure of fairness and discrimination. *Eastern Research Laboratory, Digital Equipment Corporation, Hudson, MA*.

Johnson, D. & Johnson, R. (2002). Learning together and alone: Overview and meta-analysis. *Asia Pacific Journal of Education*, *22*(1), 95–105.

Price, T. W. & Barnes, T. (2015). Comparing textual and block interfaces in a novice programming environment. In *Proceedings of the eleventh annual international conference on international computing education research* (pp. 91–99).

Regueras, L. M., Verdu, E., Munoz, M. F., Perez, M. A., de Castro, J. P. & Verdu, M. J. (2009). Effects of competitive e-learning tools on higher education students: A case study. *IEEE Transactions on Education*, *52*(2), 279–285.

Schmidt, V. (2007). *Handreiking schoolexamen informatica havo/vwo*. Enschede: SLO.

Shifroni, E. & Ginat, D. (1997). Simulation game for teaching communications protocols. *ACM SIGCSE Bulletin*, *29*(1), 184–188.

Slavin, R. E. (1980). Cooperative learning. *Review of educational research*, *50*(2), 315–342.

SLO. (2007). *Examenprogramma informatica havo/vwo.* Verkregen van https://www.examenblad.nl/examenstof/informatica-vwo-2/2018/f=/inf_havovwo.pdf

SLO. (2019a). *Checklist beoordelingscriteria uitdagend aanbod.* Verkregen van https://www.slo.nl/publish/pages/3834/5-micro-checklist-beoordelingscriteria-voor-uitdagend-aanbod-cb.docx

SLO. (2019b). *Examenprogramma informatica havo/vwo.* Verkregen van https://www.examenblad.nl/examenstof/informatica-havo-en-vwo-3/2019/f=/examenprogramma_Informatica_havo-vwo.pdf

Yildirim, I. (2017). The effects of gamification-based teaching practices on student achievement and students' attitudes toward lessons. *The Internet and Higher Education*, *33*, 86–92.

A MAC-protocol voorbeelden

Eén van de simpelste protocollen is het Aloha protocol. Bij dit protocol probeer je meteen te sturen als je data hebt. Als je vervolgens door elkaar heen praat dan wacht je een willekeurig aantal tijdslots en probeer je opnieuw. Dit protocol is makkelijk te implementeren, maar scoort natuurlijk niet zo goed. Een manier om dit protocol efficiënter te maken (maar niet eerlijker) is door een systeem dat succesvol stuurt de kans geven om het volgende tijdslot nog een keer te sturen zodat die al zijn berichtjes in één keer kan sturen.

Een ander voorbeeld van een protocol wat erg eerlijk is, maar niet altijd efficiënt, is door een vaste volgorde / rotatie te bepalen. Bij z'n rotatie stuurt systeem 1 in slot 1, systeem 2 in slot 2, systeem 3 in slot 3, systeem 4 in slot 4 en dan weer systeem 1 in slot 5, enzovoorts. Hierbij moeten de systemen eerst een volgorde overleggen. Dit kan bijvoorbeeld door iedereen met een willekeurige kans een berichtje te laten versturen en degene die als eerste succesvol stuurt wordt systeem 1, de volgende systeem 2, enzovoorts. Dit wordt ook wel Taking Turns genoemd. Het nadeel hiervan is wel wanneer een systeem niks te versturen heeft deze tijdslot als het ware verspild wordt.

Een oplossing hiervoor is dat alleen de systemen die data te versturen hebben meedoen aan de rotatie. Daarvoor moet wel een manier worden afgesproken om te bepalen welke systemen data hebben. Bijvoorbeeld als een systeem een timeslot niks stuurt betekent dat dat die geen data meer heeft en doet die niet meer mee aan de rotatie. Als een systeem die niet meer meedoet expres een keer door een ander heen stuurt dan geeft die aan dat die weer data heeft en weer mee wil doen aan de rotatie. Dit is al een heel stuk ingewikkelder te implementeren en kan ook nadelig zijn als systemen vaak korte berichten moeten versturen in plaats van lange berichten, omdat er dan vaker systemen door elkaar heen praten.

Deze voorbeelden dienden om te laten zien dat er dus erg veel mogelijkheden zijn om deze challenge te implementeren en dat deze mogelijkheden ook erg uitbreidbaar zijn. De leerlingen kunnen dus allemaal kanten op. Wel kan het vrij ingewikkeld worden, dus het is belangrijk de leerlingen genoeg handvaten te geven.

B Challenge-omgeving prototype observaties

De leerlingen werken allemaal op een eigen PC, maar er wordt verteld dat ze in tweetallen mogen samenwerken/overleggen. Het eerste level is voorgedaan om de basis aspecten van de challenge omgeving uit te leggen. Dit zal in de lessenserie ook worden gedaan en sluit daarom goed aan. Na het voordoen kunnen de leerlingen zelf aan de slag.

Van de leerlingen doet een leerling het meteen na en gaat na het volgende level, terwijl een andere leerling eerst rustig alle knoppen en mogelijkheden bestudeerd. Na het voorbeeld na te doen gaan de leerlingen door naar level 2. Er wordt nog niet overlegd. Een leerling leest de informatie aan de zijkant en maakt een protocol om te versturen met een bepaalde kans. Hij probeert de kans beter te maken om een hogere score te halen. Ook experimenteert hij met het verbeteren van het protocol door systemen die al aan het sturen zijn blijvend te laten sturen.

Een andere leerling heeft alleen een versturen blok. Er is dus geen kans of systemen wel of niet sturen. De systemen sturen altijd waardoor ze door elkaar heen praten. Doordat de systemen door elkaar heen praten kan het level niet gehaald worden. De leerling begint te experimenteren met het als-dan blok. Alle leerlingen hebben ondertussen gevonden hoe als-dan blokken uitgebreid kunnen worden (als-dan-anders-dan).

Een leerling heeft twee programma's in het veld staan, terwijl het protocol maar één programma zou moeten zijn. Hij maakt er ween één programma van, maar uiteindelijk toch weer twee programma's. Toevallig werkt het wel, omdat het bovenste programma eerst uitgevoerd wordt en als daar niks verstuurd wordt de challenge doorgaat naar het tweede programma.

Een leerling is bij level 3 en probeert twee blokken te combineren, maar er staat geen "en" blok tussen dus de puzzelstukjes passen niet aan elkaar. Een andere leerling maakt een uitgebreid programma waarbij systemen niet opnieuw versturen als ze zelf hebben gestuurd. Dit maakt de scores niet veel beter. Nog een andere leerling blijft zijn simpele kans om te versturen programma gebruiken. Hiermee is het level wel haalbaar alleen is de score niet erg goed. Hij stelt een vraag over hoe de scores werken. De berekening van de scores worden uitgelegd. De stap functie waarmee je problemen in je programma kunt ontdekken wordt ook uitgelegd.

De leerlingen blijven proberen hun scores bij level 3 te verbeteren. Een leerling wil dat zijn programma verder gaat na het versturen blok. De challenge werkt echter zo dat het versturen blok een soort van return is, de uitkomst van het protocol voor dat systeem is op dat moment namelijk bepaalt.

Een andere leerling maakt 4 programma's, één voor elk systeem. Bij deze leerling is het dus niet duidelijk dat hetzelfde protocol voor alle systemen geldt. Een ander probleem waar leerlingen tegenaan lopen is dat op het moment dat ze geen willekeurige kans in hun protocol gebruiken, alle systemen exact hetzelfde doen waardoor ze altijd door elkaar heen praten. Na wat proberen krijgen de leerlingen extra uitleg over de challenge. De extra uitleg gaat over hoe het protocol voor alle systemen geldt, maar dat ze niet alles tegelijk moeten doen waardoor je het kans blok nodig hebt.

De leerlingen hebben moeite om ingewikkeldere programma's te maken. De uitleg aan de rechterkant wordt vaak genegeerd of soms verkeerd begrepen. Het lukt de leerlingen niet om systemen te laten uitpraten. Ze maken wel uitgebreidere programma's, maar deze zorgen vaak niet voor

betere scores. Eén van de leerlingen heeft wel een programma dat een systeem alleen random moet versturen als die berichten heeft, maar komt niet verder. Ik verwijs naar de uitleg aan de rechter kant. De leerling snapte niet dat het succesvol verstuurd blok over het gehele tijdslot ging in plaats van een enkel systeem. Aan het einde van de les heeft de leerling door hoe systemen elkaar kunnen laten uitpraten.

De leerlingen geven aan dat het wel ingewikkeld was en dat het niet altijd duidelijk was wat de blokken betekenden voor het systeem. De leerling die het aan het einde wel gelukt was gaf aan dat hij variabelen miste (deze zitten pas in level 5 en 6) en dat hij deze graag eerder had gehad.

C Berichtenspel

Geen zinnen	De vissen zwemmen in de vijver
De vos springt over het hek Ik leg mijn boek op tafel	De eenden worden gevoerd De lucht is helder blauw
De haan kraait goedemorgen	Het gras is groener aan de overkant Het is erg druk hier De vlag wordt gehesen
Er wordt aangebeld De postbode komt langs De bestuurder geeft gas	Geen zinnen
De boom is omgewaaid	Je moet stil zijn in de bibliotheek
Geen zinnen	De computer is kapot Het is een doelpunt

Ik weet het niet meer	We moesten veel te vroeg opstaan
Geen zinnen	Geen zinnen
Wat een mooie zonsondergang Spruitjes zijn lekker	Ik kan het bord niet lezen
De uil vangt een muis	Geen zinnen
Geen zinnen	Waarom zijn bananen krom
De tafel wiebelt Het was laat gisteravond	Geen zinnen

D Presentatie les 1

MAC-protocollen

LES 1

1

Wat gaan we doen?

Deze les:
- Het berichtenspel
- Wat zijn MAC-protocollen?

Komende lessen:
- Onze eigen MAC-protocollen maken

2

Het berichtenspel

3

Het berichtenspel

1 iemand is de ontvanger, de rest krijg een papiertje
- Het papiertje is leeg of bevat een paar zinnen

Iedereen die zinnen heeft gekregen moet deze overbrengen aan de ontvanger

De ontvanger schrijft de zinnen op het bord

Je mag één zin roepen **meteen** nadat de ontvanger volgende zegt

Verder mag je niet communiceren, ook niet met handgebaren of oogcontact

Het doel is om alle zinnen over te brengen en de ontvanger zo weinig mogelijk volgende te laten zeggen

4

Het berichtenspel 2

1 iemand is de ontvanger, de rest krijg een papiertje
- Het papiertje is leeg of bevat een paar zinnen

Iedereen die zinnen heeft gekregen moet deze overbrengen aan de ontvanger

De ontvanger schrijft de zinnen op het bord

Je mag één zin roepen **meteen** nadat de ontvanger volgende zegt

Verder mag je niet communiceren, ook niet met handgebaren of oogcontact

Het doel is om alle zinnen over te brengen en de ontvanger zo weinig mogelijk volgende te laten zeggen

Aan het einde van je zin mag je een nummer zeggen, overleg met elkaar hoe je dit kunt gebruiken

5

Protocollen

6

Protocollen

Protocollen zijn een verzameling van regels en afspraken
- Gedragsprotocol op de school
- Brandprotocol
- Strategie bij het berichtenspel
- Communicatieprotocollen

7

Communicatieprotocollen

Worden gebruikt om apparaten met elkaar te laten communiceren

Zijn onderdeel van bijvoorbeeld:
- Bluetooth
- 4G
- Wifi

8

Medium Access Control (MAC) protocollen

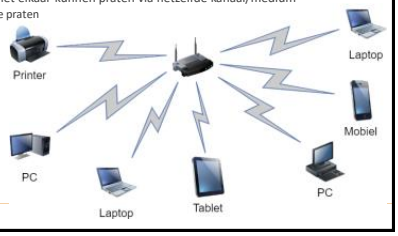
Onderdeel van de meeste communicatieprotocollen

Bepaalt hoe meerdere apparaten met elkaar kunnen praten via hetzelfde kanaal/medium
- Zonder constant door elkaar heen te praten

Kanaaltoegang

Denk aan mobieltjes met wifi

Het berichtenspel voor computers



9

Het berichtenspel voor computers

Het berichtenspel maar dan:
- Je kunt niet van tevoren zien welke of hoeveel apparaten er mee doen
- Er kunnen op elk moment apparaten weggaan of bijkomen
- Er is geen van tevoren bepaalde volgorde

10

Varianten van communicatie

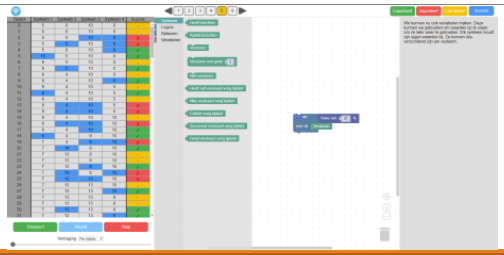
Bij draadloze communicatie kunnen we vaak niet tegelijk luisteren en versturen
- Geen idee of je door anderen heen praat
- Protocollen bevatten daarom vaak een ontvangstbevestiging
  - Geen bevestiging betekent niet ontvangen
- Dit noemen we half-duplex

Bij bedrade communicatie kunnen we vaak wel tegelijkertijd luisteren en versturen
- Tijdens het sturen kun je luisteren of anderen ook aan het sturen zijn
- Hierdoor kun je er meteen op reageren
- Dit noemen we full-duplex

Tijdens de komende lessen zullen we het vooral hebben over draadloze communicatie

11

Volgende les: ons eigen protocol



12

E Presentatie les 2

MAC-protocollen

LES 2

1

De vorige keer

Het berichtenspel

Protocollen
- MAC-protocollen

2

Wat gaan we vandaag doen?

Ons eigen MAC-protocol maken
- Introductie challenge
- Uitleg challenge omgeving
- Aan de slag!

3

Introductie challenge

Iedereen maakt zijn eigen protocol in groepjes van twee

Er zijn verschillende scenario's

Voor elk scenario krijg je punten gebaseerd op hoe goed je protocol het deed

Probeer de beste score te halen

Je hebt hiervoor 3 lessen (inclusief deze)

4

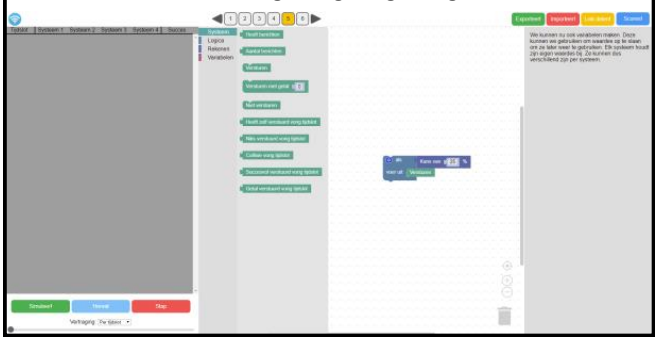
Uitleg challenge omgeving

De omgeving is een website
- De link komt op het bord na de uitleg

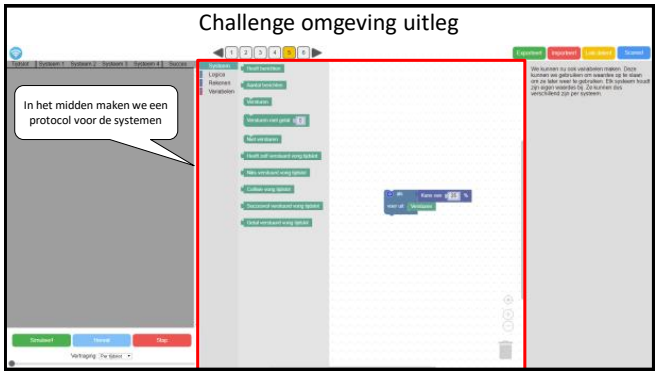
De uitleg wordt ook beschikbaar gemaakt zodat je hem nog rustig kan nalezen

5

Challenge omgeving uitleg



6


Challenge omgeving uitleg
In het midden maken we een protocol voor de systemen

7

Challenge omgeving uitleg
Hier zien we ons huidige protocol

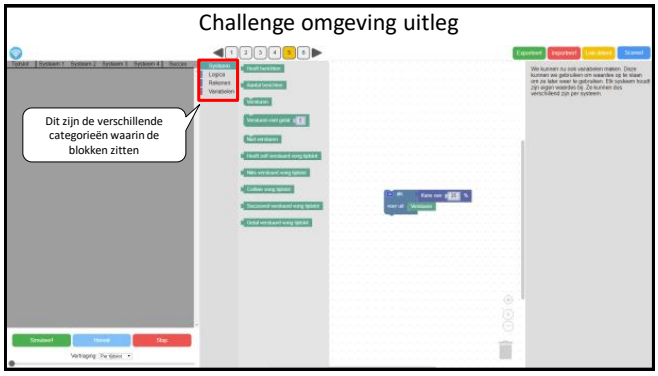
8

Challenge omgeving uitleg
Het protocol geldt voor voor alle systemen

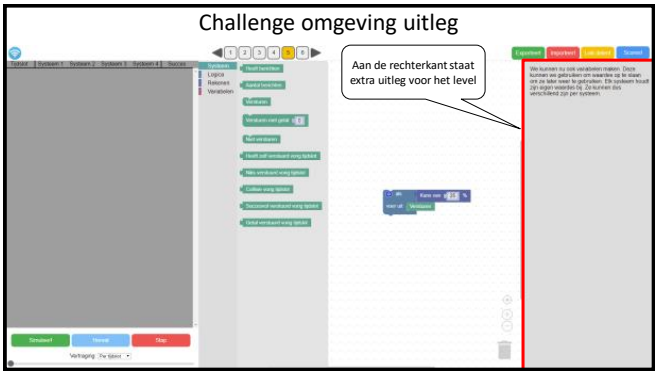
9

Challenge omgeving uitleg
Dit zijn de blokken die we kunnen gebruiken

10

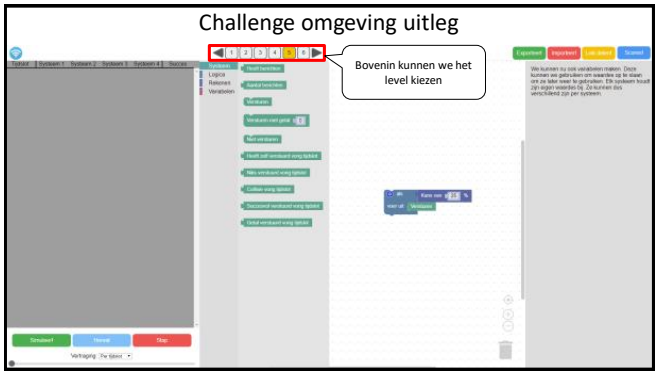

Challenge omgeving uitleg
Dit zijn de verschillende categorieën waarin de blokken zitten

11


Challenge omgeving uitleg
Aan de rechterkant staat extra uitleg voor het level

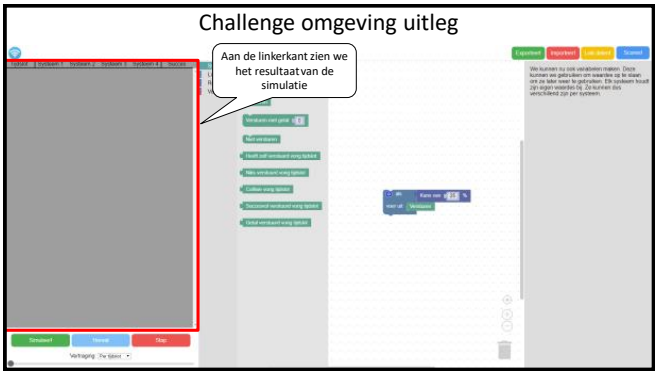
12

Challenge omgeving uitleg



13

Challenge omgeving uitleg

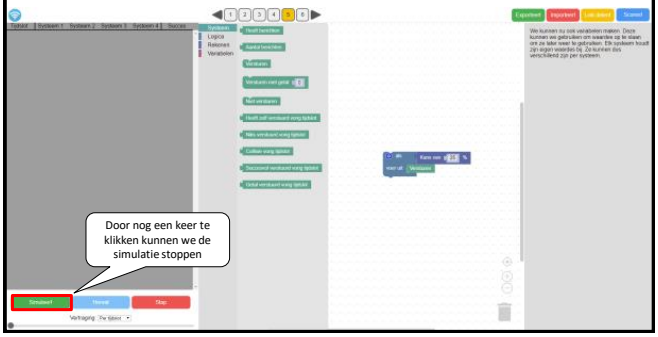


14

Challenge omgeving uitleg

15

Challenge omgeving uitleg

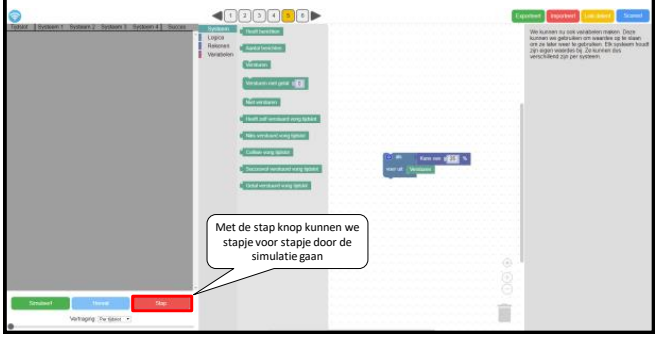


16

Challenge omgeving uitleg

17

Challenge omgeving uitleg

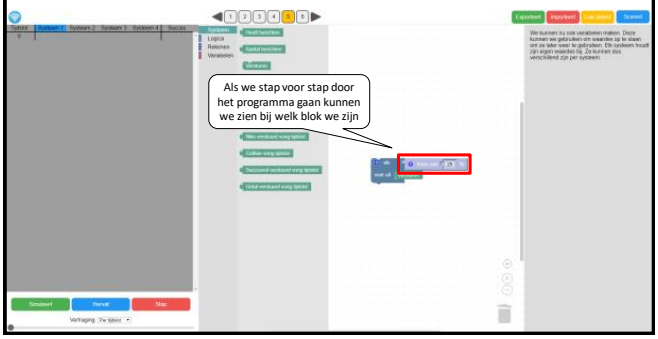


18

Challenge omgeving uitleg

19

Challenge omgeving uitleg

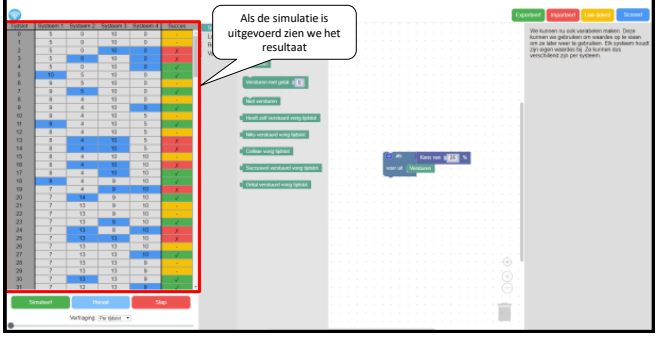


20

Challenge omgeving uitleg

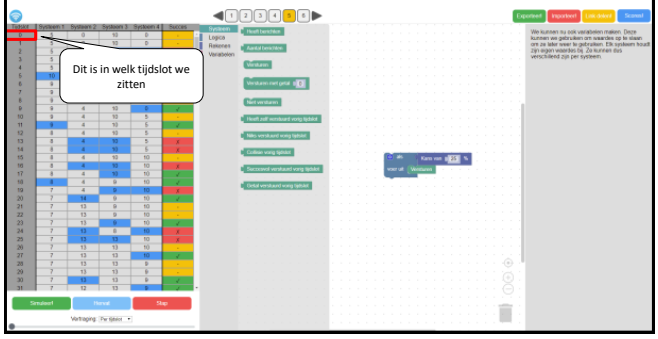
21

Challenge omgeving uitleg



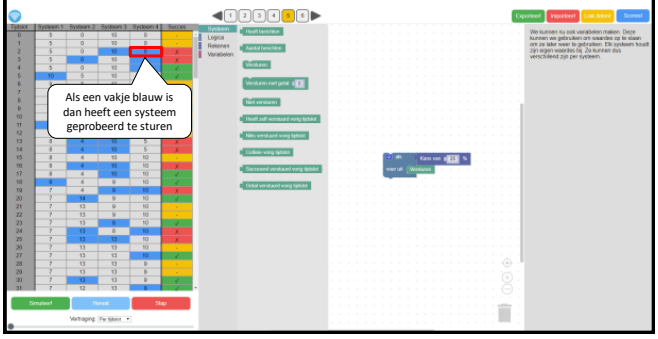
22

Challenge omgeving uitleg



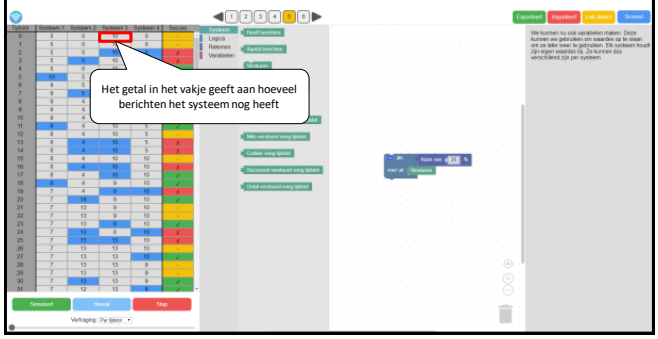
23

Challenge omgeving uitleg



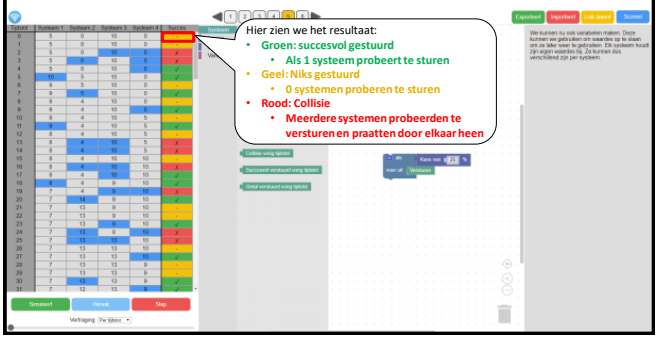
24

Challenge omgeving uitleg



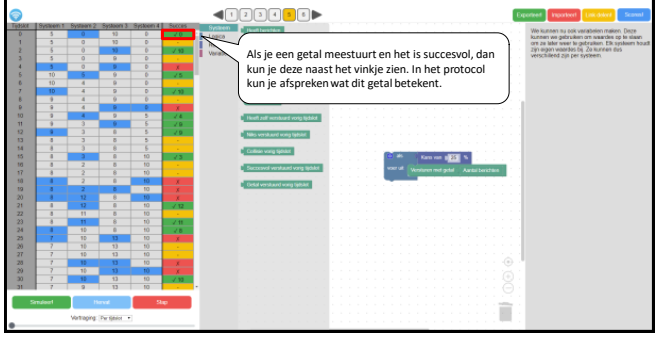
25

Challenge omgeving uitleg



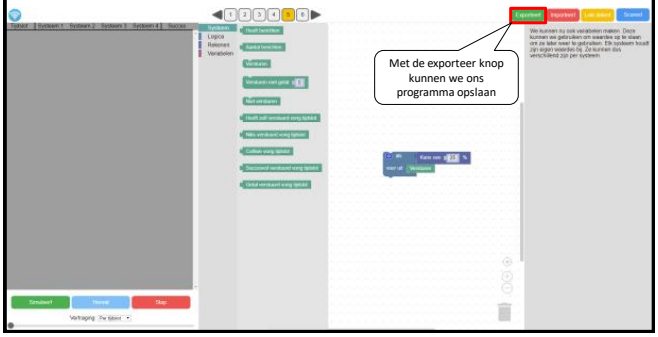
26

Challenge omgeving uitleg



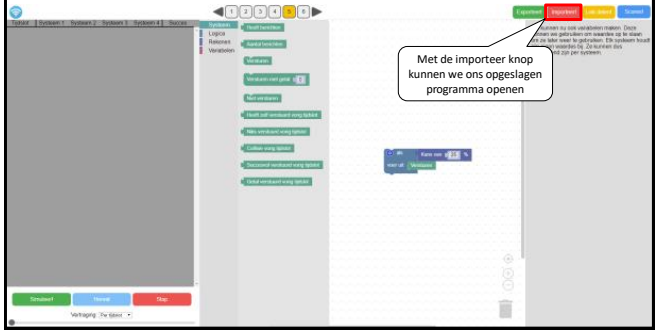
27

Challenge omgeving uitleg



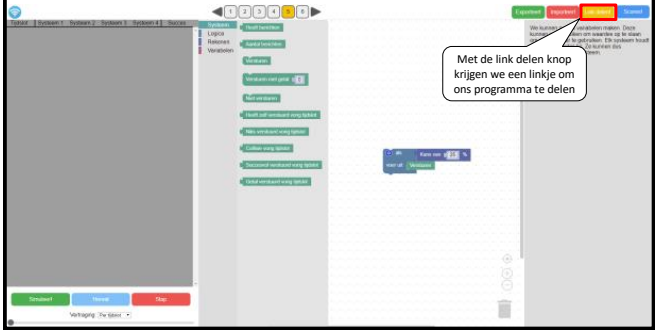
28

Challenge omgeving uitleg

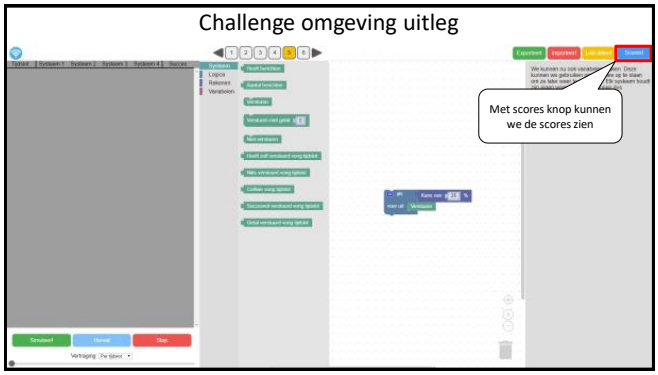


29

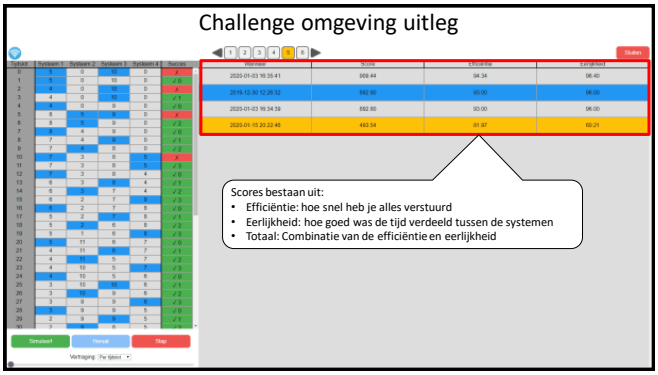
Challenge omgeving uitleg



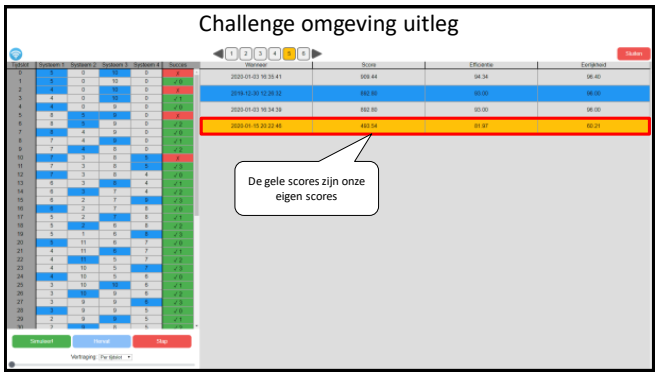
30



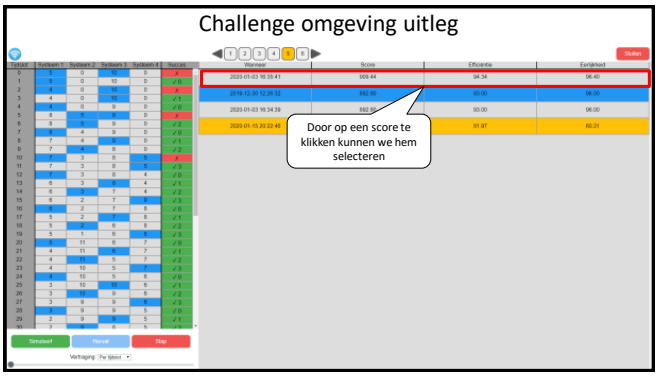
31



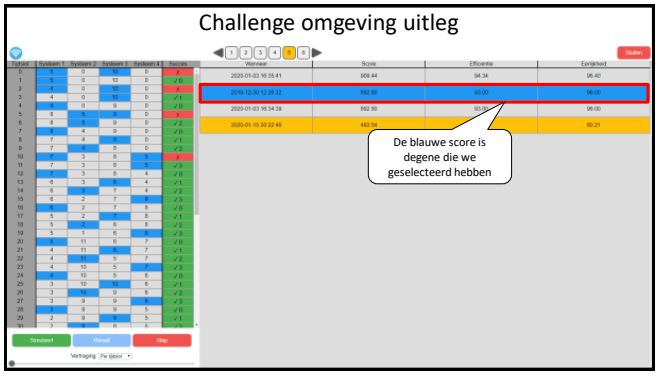
32



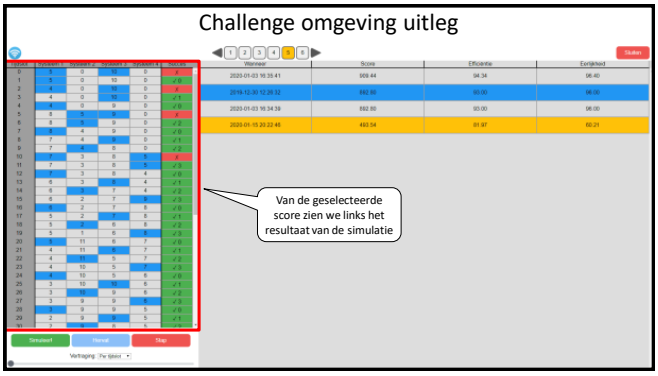
33



34



35



36

Challenge omgeving uitleg

Dit was de uitleg van de omgeving.
Het maken van een protocol wordt uitgelegd in de omgeving zelf.
veel succes!

37

Opmerkingen challenge

Draadloze communicatie, maar:

- Opgedeeld in tijdsloten
  - Iedereen stuurt binnen een enkel tijdslot
  - Makkelijker, maar niet standaard
    - Moet worden afgesproken
    - De tijd moet bij iedereen gelijklopen
- Je weet of het zenden succesvol was of dat er een collisie was
  - Hiervoor is een ontvangstbevestiging nodig

38

Tijd voor de challenge

Tweetallen

De challenge is te vinden op:

svenkonings.nl/challenge

39

F Presentatie les 3

MAC-protocollen

LES 4

1

Vorige les

Scenario's besproken

Verdergegaan met de challenge

Voorbeeld protocol gezien

2

Deze & volgende les

Deze les:

- Afronden eigen protocol
  - Zorg dat je alles goed opslaat en de scores van level 3 t/m 6 bewaard

Volgende les:

- Laten zien en uitleggen van eigen protocol
- Scores bespreken

3

G Presentatie les 4

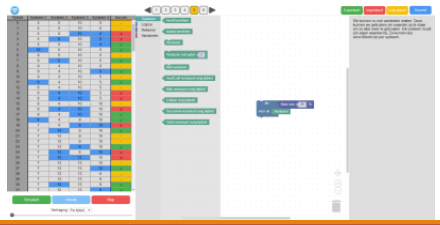
MAC-protocollen

LES 3

1

De vorige keer

Begonnen met de challenge over MAC protocollen



2

Deze les

Voorbeelden wat er verstuurd wordt in verschillende levels (5 & 6)

Verder werken aan de challenge

Tijdens de les:

- Uitleg van één van de protocollen van een groepje

3

Tijdslot	Systeem 1	Systeem 2	Systeem 3	Systeem 4	Succes
0	5	0	10	0	-
1	5	0	10	0	-
2	5	0	10	0	-
3	5	0	10	0	-
4	5	0	10	0	-
5	10	5	10	0	-
6	10	5	10	0	-
7	10	5	10	0	-
8	10	5	10	0	-
9	10	5	10	0	-
10	10	5	10	5	-
11	10	5	10	5	-
12	10	5	10	5	-
13	10	5	10	5	-
14	10	5	10	5	-
15	10	5	10	10	-

Level 5

Er komen vaak veel berichten in één keer bij

Er wordt dus veel per keer verstuurd

Een voorbeeld hiervan zou kunnen zijn dat mensen plaatjes/filmpjes versturen

4

Tijdslot	Systeem 1	Systeem 2	Systeem 3	Systeem 4	Succes
0	0	1	0	0	-
1	0	2	0	0	-
2	0	3	0	0	-
3	0	4	0	0	-
4	0	5	0	0	-
5	0	6	0	0	-
6	0	7	0	0	-
7	0	8	0	1	-
8	0	9	0	2	-
9	0	10	0	3	-
10	0	11	0	4	-
11	0	12	0	5	-
12	0	13	0	6	-
13	0	14	0	7	-
14	0	15	0	8	-
15	0	16	0	9	-

Level 6

Berichten komen vaak achter elkaar in plaats van allemaal in één keer

Een voorbeeld hiervan zou kunnen zijn dat iemand aan het livestreamen is

Omdat het live is wordt telkens een klein beetje verstuurd in plaats van alles in één keer

5

Tijd voor de challenge

svenkonings.nl/challenge

6

H Presentatie les 5

MAC-protocollen

LES 5

1

Deze les

Bespreken van de protocollen en scores van elke groep

Samenvatting

2

Protocollen bespreken

3

Samenvatting

4

Wat hebben we gezien

Berichtenspel

(MAC)-protocollen

Onze eigen protocollen

5

Bestaande protocollen

Slotted ALOHA

- Meteen sturen als je berichten hebt
- Bij collisie willekeurige tijd wachten om opnieuw te sturen
- Gebruikt bij satelliet communicatie

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- Eerst luisteren of er iemand stuurt
- Berichten sturen als er niemand stuurt
- Bij collisie willekeurige tijd wachten om opnieuw te sturen
- Variant gebruikt in WiFi

TDMA (Time Division Multiple Access)

- Iedereen heeft zijn eigen beurt waarin die kan sturen
- Gebruikt in GSM en Bluetooth

Tijdslot	Systeem 1	Systeem 2	Systeem 3	Systeem 4	Succes
288	1	16	23	8	✓
289	2	17	23	7	✓
290	2	18	23	7	✓
291	3	19	22	7	✓
292	4	19	22	7	✓
293	5	20	22	6	✓
294	5	21	22	6	✓
295	6	22	21	6	✓
296	7	22	21	6	✓
297	8	23	21	5	✓
298	8	24	21	5	✓

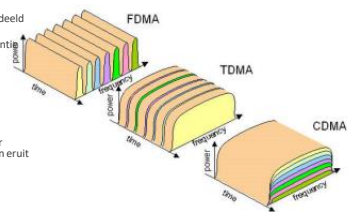
6

Andere manieren om tegelijk te sturen

FDMA (Frequency Division Multiple Access)
- De frequenties binnen het kanaal worden verdeeld over de apparaten
- Iedereen stuurt tegelijk op een andere frequentie
- Eigenlijk zijn het meerdere kanalen
- Gebruikt in GPS
- Speciale variant gebruikt in 4G

CDMA (Code Division Multiple Access)
- Iedereen heeft zijn eigen willekeurige code
- Slimme berekening om tegelijk te sturen maar signalen van anderen die door jou heen sturen eruit te filteren
- Gebruikt in 3G

Combinaties mogelijk



7

The end

8

I Handreiking lessenserie

Handreiking lessenserie MAC-protocollen

Algemeen

Lees voor de uitleg per les eerst de bijbehorende presentatie door.

Les 1

Voorbereiding

Voor het berichtenspel moeten alle papiertjes uitgeprint en in stukken geknipt worden zodat ze uitgedeeld kunnen worden. Ter voorbereiding kan het handig zijn het kopje Meer info door te lezen.

Het berichtenspel

Bij het berichtenspel is het vooral belangrijk dat de leerlingen meteen een zin roepen nadat de ontvanger "volgende" zegt. Als ze eerst kort wachten of de rest stil blijft zijn ze eigenlijk al te laat. Het is de bedoeling dat ze in het begin door elkaar heen praten.

Geef de leerlingen nadat ze bekend zijn geworden met het spel de tijd om een strategie te bedenken. Een voorbeeld strategie kan zijn dat de leerlingen een volgorde afspreken en de beurt naar de volgende gaat als iemand stil is. Zorg dat de leerlingen niet te lang blijven overleggen.

Als de leerlingen een paar rondes gedaan hebben kan de tweede variant geïntroduceerd worden. Geef de leerlingen kort de tijd om te overleggen wat ze met de nieuwe regel, waarbij ze een getal kunnen noemen aan het einde van hun zin, gaan doen en laat ze daarna nog een ronde spelen.

Uitleg protocollen

Probeer vooral het abstracte concept van MAC-protocollen te linken aan voorbeelden voor de leerlingen. Hieronder staat een voorbeeld:

Een voorbeeld hiervan is een Wifi-router die met meerdere mobieltjes verbonden is. Als de mobieltjes tegelijk proberen te communiceren met de router dan "praten ze door elkaar heen" als het ware en krijgen ze beide geen antwoord (en dus geen internet). Een MAC-protocol zorgt ervoor dat de mobieltjes niet tegelijk gaan praten. Een goed MAC-protocol zorgt hierbij ook voor een eerlijke verdeling, zodat als jij een tekstberichtje wilt versturen je niet eerst hoeft te wachten tot je buurman klaar is met het downloaden van een hele film.

Tijdsverdeling

Wat	**Tijd**
Introductie & uitleg berichtenspel	5 min
Berichtenspel (incl. overleg strategie)	15 min
Berichtenspel 2 (incl. overleg strategie)	10 min
Uitleg MAC-protocollen	10 min

Les 2

Voorbereiding

Test vooraf of de challenge omgeving goed werkt op de schoolcomputers zodat hier geen onverwachte problemen ontstaan. Zorg ook dat de presentatie met de uitleg van de challenge omgeving ergens klaarstaat voor de leerlingen zodat ze hem zelf makkelijk terug kunnen lezen.

Zorg dat je bekend bent met de challenge omgeving. Kijk ter voorbereiding de Voorbeeld protocollen en de Score berekening door.

Tweetallen

Tijdens deze les gaan de leerlingen aan de slag in tweetallen. Beslis zelf hoe je de leerlingen op wil delen in tweetallen. Je kunt ze op basis van niveau bij elkaar zetten of ze zelf groepjes laten maken.

Uitleg challenge omgeving

Doorloop de uitleg samen met de leerlingen en vermeld waar ze de uitleg terug kunnen vinden. Eventueel kun je het voordoen worden op de website zelf zodat de leerlingen de omgeving in actie kunnen zien.

De uitleg in de presentatie legt uit wat de knoppen doen en wat de kleuren en getallen in de simulatie betekenen. Hoe de leerlingen een protocol moeten maken wordt niet uitgelegd. Er is wel een korte uitleg op de website zelf. Naar eigen inzicht kan het maken van protocollen ook klassikaal uitgelegd worden.

De challenge

Tijdens de challenge kan het leuk zijn om de scores op het bord te zetten en af en toe van level te veranderen. Loop rond om de leerlingen te helpen die er niet uit komen hoe ze moeten beginnen.

Sluit de les af met de mededeling dat de leerlingen hun protocol moeten opslaan door of:

- De link van de link delen knop op te slaan
- Het bestand van de exporteer knop op te slaan

Het kan ook handig zijn de leerlingen tussendoor te herinneren verschillende versies van hun protocol op te slaan.

Les 3

De les begint met twee voorbeelden wat de verschillende scenario's zouden kunnen betekenen.

Tijdens deze les kunnen de leerlingen verder werken aan hun protocol. Kies tussentijds een paar leerlingen met een wat uitgebreider protocol om uit te leggen hoe deze werkt en hoe ze erop zijn gekomen. Zo krijgen de andere leerlingen ook weer inspiratie voor hun eigen protocollen.

Les 4

Tijdens deze les ronden de leerlingen hun protocol af. Voor het uitleggen van het protocol hoeven ze geen presentatie te maken. Het doorlopen en bespreken ervan is genoeg. Het is handig om te laten zien hoe variabelen werken voor de leerlingen die dat nog niet doorhebben.

Les 5

Aan het begin van de les worden alle protocollen van de leerlingen besproken. Hierbij moeten de leerlingen kort hun protocol doorlopen en uitleggen wat die doet. Ook moeten ze de scores bespreken. Goed om te vragen is wat de sterke en minder sterke punten van hun protocol zijn.

Vervolgens wordt er kort benoemd wat we gedaan hebben en worden de bestaande protocollen besproken. De leerlingen hoeven de namen hiervan niet uit hun hoofd te kennen. Ter voorbereiding is het handig om op het internet op te zoeken hoe de protocollen werken.

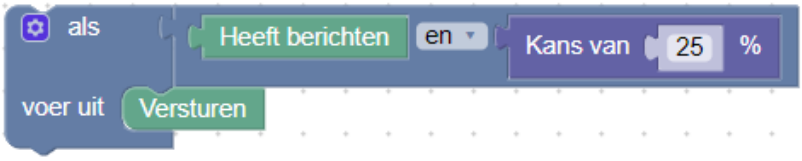
Voorbeeld protocollen

Aloha

Eén van de simpelste protocollen is een variant van het Aloha protocol. Bij dit protocol sturen alle systemen met een willekeurige kans (in dit geval 25%):

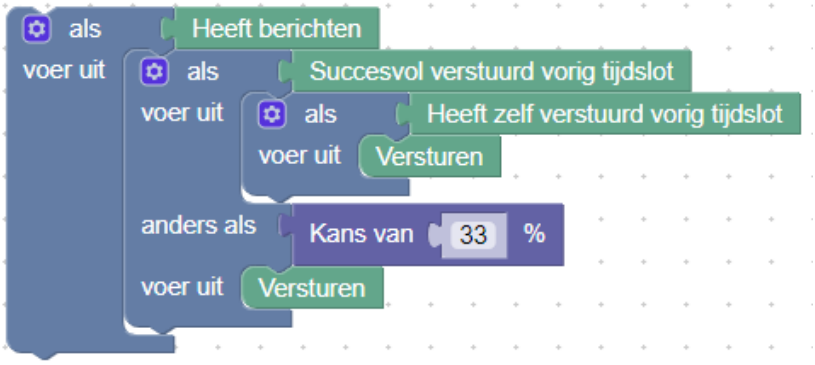
challenge.svenkonings.nl#83c0da

Dit protocol is makkelijk te implementeren, maar scoort natuurlijk niet zo goed. Dit kan verbeterd worden door systemen alleen te laten sturen als ze berichten hebben:



challenge.svenkonings.nl#5dc3ac

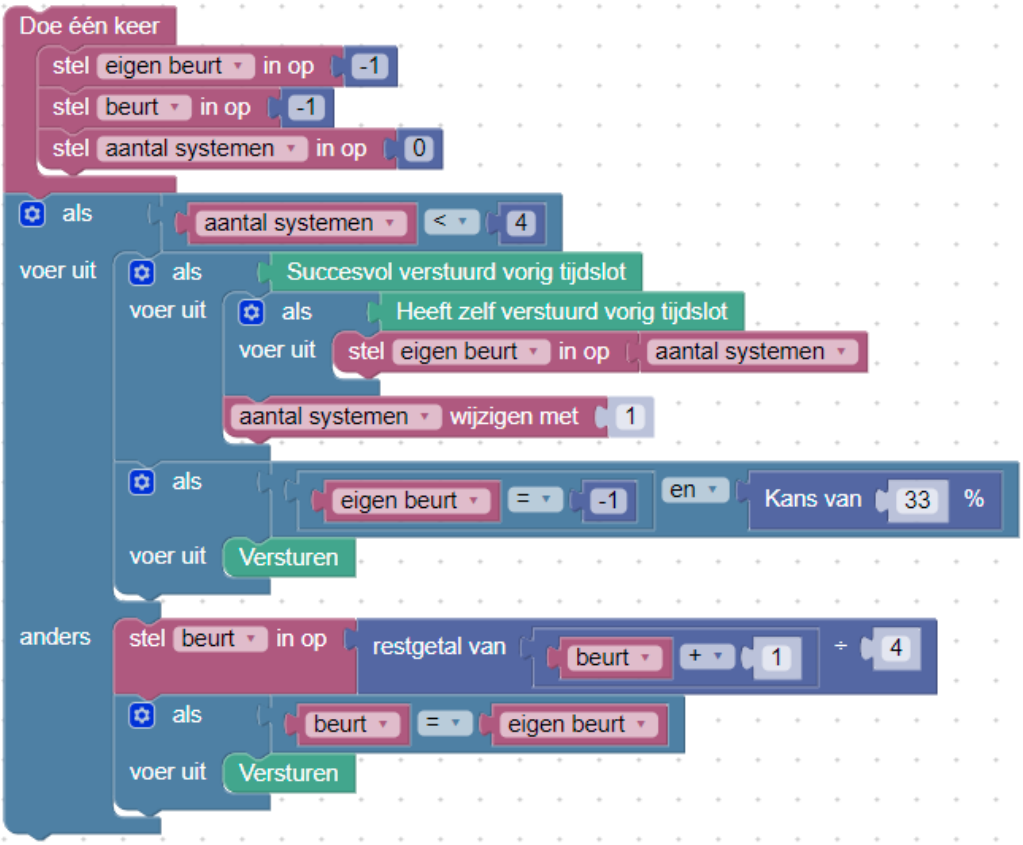
Een manier om dit protocol efficiënter te maken (maar niet eerlijker) is door een systeem dat succesvol stuurt het volgende tijdslot nog een keer te laten sturen zodat die al zijn berichtjes in één keer kan sturen:



challenge.svenkonings.nl#ca6813

Taking turns

Een ander voorbeeld van een protocol wat erg eerlijk is, maar niet altijd efficiënt, is door een vaste volgorde/rotatie te bepalen. Bij z'n rotatie stuurt systeem 1 in slot 1, systeem 2 in slot 2, systeem 3 in slot 3, systeem 4 in slot 4 en dan weer systeem 1 in slot 5, enzovoorts. Hierbij moeten de systemen eerst een volgorde overleggen. Dit kan bijvoorbeeld door iedereen met een willekeurige kans een berichtje te laten versturen en degene die als eerste succesvol stuurt wordt systeem 1, de volgende systeem 2, enzovoorts. Dit wordt ook wel Taking Turns genoemd. Omdat er eerst een volgorde moet worden afgesproken is dit wat ingewikkelder dan Aloha. Hier is een voorbeeld implementatie:



challenge.svenkonings.nl#0eb49f

Een kanttekening die hierbij gemaakt moet worden is dat we er nu vanuit gaan dat er maximaal 4 systemen zijn. In het echt weten we dat natuurlijk niet. Verder is een nadeel van dit protocol dat wanneer een systeem niks te versturen heeft, dit tijdslot als het ware verspild wordt.

Een oplossing hiervoor is dat alleen de systemen die data te versturen hebben meedoen aan de rotatie. Daarvoor moet wel een manier worden afgesproken om te bepalen welke systemen data hebben. Bijvoorbeeld als een systeem een timeslot niks stuurt betekent dat dat die geen data meer heeft en doet die niet meer mee aan de rotatie. Als een systeem dat niet (meer) meedoet expres een keer door een ander heen stuurt dan geeft die aan dat die weer data heeft en weer mee wil doen aan de rotatie.

Over het algemeen is dit één van de efficiëntste en eerlijkste systemen. De uitzondering hierop is als systemen vaak zeer korte berichten moeten versturen in plaats van lange berichten, omdat er dan vaker systemen door elkaar heen praten.

Dit is al een heel stuk ingewikkelder te implementeren. De implementatie hiervan kan gevonden worden op: challenge.svenkonings.nl#ce7be2. Deze implementatie kan wel met meer dan 4 systemen overweg.

Score berekening

De berekening van de score wordt niet expliciet uitgelegd. Alleen wat de efficiëntie en eerlijkheid betekenen wordt genoemd. Hieronder worden de berekeningen wel uitgelegd. Hoeveel je hiervan met de leerlingen deelt kun je zelf bepalen

Efficiëntie

De efficiëntie wordt berekent als volgt:

$$\frac{Aantal\ tijdslots\ succesvol\ data\ verstuurd}{Aantal\ tijdslots\ met\ data} * 100$$

Oftewel het aantal tijdslots waarin er succesvol data verstuurd is gedeeld door het aantal tijdslots waarin minstens 1 van de systemen data te versturen had.

Bijvoorbeeld als je 10 tijdslots had waarin minstens één van de systemen data hadden en in 8 daarvan is er succesvol gestuurd dan is de efficiëntie 80.

Eerlijkheid

De eerlijkheid is wat moeilijker te definiëren. We willen meten of iedereen met data evenveel aan de beurt komt in een korte periode. Dit willen we meten zodat een systeem niet te lang moet wachten totdat zijn data verstuurd wordt.

De verdeling tussen de systemen wordt berekend met Raj Jain's fairness index (en.wikipedia.org/wiki/Fairness_measure). Hierbij wordt er alleen gekeken naar de tijdslots waarin er succesvol data is verzonden. De overige tijdslots zijn alleen interessant voor de efficiëntie en niet voor de eerlijkheid. Alleen de systemen met data worden meegenomen in de berekening. Deze berekening geeft ons een getal tussen de $\frac{100}{Aantal\ systemen\ met\ data}$ en de 100.

We houden een periode van 12 tijdslots aan waarover we de eerlijkheid bepalen. Hiervoor is gekozen omdat we 1 tot 4 systemen hebben en 12 het kleinste getal is dat deelbaar is door 1, 2, 3 en 4. Als dit niet zo was zou het in sommige gevallen onmogelijk zijn om een perfecte score te halen. Bij een langere periode zou de verdeling minder eerlijk kunnen zijn.

Van alle periodes van 12 tijdslots wordt de fairness index berekend. Hiervan wordt het gemiddelde genomen en dit geeft ons de uiteindelijke eerlijkheid score.

De eerlijkheid wordt dus beter als binnen alle 12 opeenvolgende succesvolle tijdslots de systemen met data even vaak hebben gestuurd.

Totaal

De totaal score wordt berekend als volgt:

$$\frac{efficiëntie * eerlijkheid}{10}$$

Dit geeft een getal t/m 1000.

Hierbij is er gekozen om de scores te vermenigvuldigen in plaats van op te tellen. De reden hiervoor is omdat een balans tussen efficiëntie en eerlijkheid beter is. Door te vermenigvuldigen scoort 50, 50 beter dan 80, 20. Bij optellen zou dit tot dezelfde score leiden. Het delen door 10 is alleen om de getallen wat kleiner en leesbaarder te houden.

Meer info

Meer informatie over de verschillende MAC-protocollen die in het echt gebruikt worden kan gevonden worden op https://en.wikipedia.org/wiki/Channel_access_method. Binnen de lessen focussen we voor het gemak alleen op slotted-protocollen (protocollen waarbij de tijd verdeeld wordt in timeslots) die op een enkele frequentie sturen.

J Expertreview lessenserie

Criteria **Het aanbod:**	**In hoeverre komt dit criterium tot uitdrukking in het lesmateriaal?**		
	Niet	**Enigszins**	**Goed**
Heeft een hoge moeilijkheidsgraad.		x	
Bestaat uit interessante en uitdagende opdrachten.			x
Bestaat uit open opdrachten.			x
Laat leerlingen echte problemen oplossen.			x
Laat leerlingen werken met (abstracte) begrippen en generalisaties.		x	
Bevat voor leerlingen nieuwe leerstof.	x		
Vraagt van de leerling een onderzoekende houding.			x
Laat leerlingen zoeken naar samenhang en verbanden.		x	
Geeft leerlingen ruimte voor zelfstandigheid en samenwerking.		x	
Laat leerlingen werken met een variatie aan informatiebronnen.		x	
Stimuleert de metacognitieve vaardigheden van de leerlingen.		x	
Voorziet in feedback voor de leerling.		x	
Bevat schoolspecifieke criteria.	x		

Toelichting:

1. Heeft een hoge moeilijkheidsgraad – Enigszins
   - Uiteraard afhankelijk van de leerling, door de verschillende levels wordt het steeds moeilijker. Gezien de voorkennis van de leerlingen onbekend is, is het lastig te bepalen of dit als een hoge moeilijkheidsgraad wordt gezien. Het berichtenspel werkt wel goed als inleiding waardoor de overstap naar de stof makkelijk wordt.
2. Bestaat uit interessante en uitdagende opdrachten – Goed
   - Introductie van het berichtenspel is heel mooie opdracht voor de leerlingen om ze kennis te laten maken met het onderwerp. Verder zijn de opdrachten op de site interessant en uitdagend, niet alleen door de mogelijkheid om te simuleren maar ook door de verschillende levels.
3. Bestaat uit open opdrachten – Goed
   - De challenge is indrukwekkend in elkaar gezet en biedt leerlingen open opdrachten.
4. Laat leerlingen echte problemen oplossen – Goed
   - De problemen zijn vergelijkbaar met echte problemen in het echt.
5. Laat leerlingen werken met (abstracte) begrippen en generalisaties – Enigszins
   - Begrippen komen niet heel erg naar voren, behalve in de samenvatting (les 5). Deze zouden tussendoor nog verder uitgelicht kunnen worden.
6. Bevat voor leerlingen nieuwe leerstof – Niet
   - Voorkennis is onbekend. Lastig te antwoorden.

7. Vraagt van de leerlingen een onderzoekende houding – Goed
8. Laat leerlingen zoeken naar samenhang en verbanden – Goed
    - De analogieën en verschillende levels helpen goed.
9. Geeft leerlingen ruimte voor zelfstandigheid en samenwerking – Enigszins
    - Wellicht nog een individuele opdracht toevoegen, zo is de docent er zeker van dat beide leerlingen het hebben begrepen.
10. Laat leerlingen werken met een variatie aan informatiebronnen – Enigszins
    - De challenge en de slides biedt informatie, indien de methode ernaast kan worden gebruikt is er al wat variatie.
11. Stimuleert de metacognitieve vaardigheden van de leerlingen – Enigszins
    - Reflectie van individuele werkproces mist nog. Reflectie op het geleverde product is aanwezig bij les 5, al zou ik de leerlingen wel een slide laten maken.
12. Voorziet in feedback voor de leerling – Enigszins
    - Ze krijgen feedback in de vorm van een score, niet zo zeer op het (individuele) werkproces. Dit zou ik persoonlijk wel toevoegen omdat de leerlingen goed kunnen meeliften op de ander (indien ze niet op niveau worden ingedeeld).
13. Bevat schoolspecifieke criteria – Niet

K Informatiedocument pilot lessenserie

Lessenserie MAC-protocollen

Inleiding

Momenteel ben ik bezig met de lerarenopleiding informatica aan de Universiteit Twente. Als onderdeel van deze opleiding volg ik het vak Onderzoek van Onderwijs. Voor dit vak moet ik een onderzoek uitvoeren. Ik heb hierbij gekozen voor een ontwerponderzoek waarbij ik nieuw lesmateriaal ga ontwikkelen wat gebruikt kan worden binnen het nieuwe examenprogramma voor het domein Netwerken.

Doelgroep

De lessenserie is gericht op leerlingen in 4 en/of 5 havo/vwo die gaan beginnen of bezig zijn met het onderdeel "Netwerksystemen". Het is handig als de leerlingen al wel wat programmeerervaring hebben, maar niet vereist. Ze hoeven geen specifieke taal te kennen.

Inhoud

De lessenserie gaat over een specifiek onderdeel binnen netwerksystemen, namelijk MAC-protocollen[1]. MAC-protocollen zijn protocollen die bepalen wanneer welk apparaat iets mag sturen over een communicatiekanaal.

Een voorbeeld hiervan is een Wifi-router die met meerdere mobieltjes verbonden is. Als de mobieltjes tegelijk proberen te communiceren met de router dan "praten ze door elkaar heen" als het ware en krijgen ze beide geen antwoord (en dus geen internet). Een MAC-protocol zorgt ervoor dat de mobieltjes niet tegelijk gaan praten. Een goed MAC-protocol zorgt hierbij ook voor een eerlijke verdeling, zodat als jij een tekstberichtje wilt versturen je niet eerst hoeft te wachten tot je buurman klaar is met het downloaden van een hele film.

Lessenserie

De lessenserie neemt ongeveer 5 lessen in beslag. De eerste les bestaat uit een spel waarbij de leerlingen een bericht over moeten brengen zonder door elkaar heen te praten. Dit wordt vervolgens gekoppeld aan het mobieltjes voorbeeld. De rest van de theorie wordt behandeld aan de hand van een "challenge". Hierbij moeten leerlingen (in tweetallen) hun eigen MAC-protocol implementeren en proberen een zo goed mogelijke score te behalen. Tijdens de tweede les wordt de theorie behandeld en waar MAC-protocollen allemaal gebruikt worden. Aan het einde van de tweede les wordt de challenge geïntroduceerd en uitgelegd hoe deze werkt. Tijdens de derde les wordt een simpel protocol behandeld en vervolgens kunnen de leerlingen zelf aan de slag. Aan het einde van les 3 en 4 kunnen leerlingen presenteren hoe hun protocol werkt. Aan het einde van les 5 kunnen leerlingen hun uiteindelijke protocol presenteren en wordt alles samengevat.

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Channel_access_method

Onderzoek

Voor dit onderzoek wil ik het volgende op de school uitvoeren:

1. Een prototype van de challenge omgeving testen met een paar leerlingen (ong. 4)
   De leerlingen krijgen een korte uitleg over de challenge en gaan hier vervolgens zelfstandig mee aan de slag. Ze worden hierbij geobserveerd. Ze kunnen vragen stellen mochten ze vast komen te zitten.
2. Het ontwerp van het lesmateriaal en de lessenserie overleggen met de informatica docent
   Het ontwerp wordt doorgesproken met de docent. Hiervan worden aantekeningen gemaakt. Het ontwerp kan op basis van dit overleg aangepast of uitgebreid worden.
3. De lessenserie uitvoeren in samenwerking met de informatica docent
   De lessenserie wordt uitgevoerd samen met de docent. De lessen worden voorbereid samen met de docent. Van de observaties tijdens de les worden (geanonimiseerde) aantekeningen gemaakt. Na afloop worden de observaties kort doorsproken met de docent.
4. Na afloop van de lessenserie:
   a. Een enquête houden over de lessenserie
      Na afloop van de lessenserie wordt er een anonieme enquête afgenomen. De vragen gaan over de ervaringen van de leerlingen met de lessenserie en de challenge en wat ze hiervan vonden.
   b. Een paar leerlingen interviewen over hun ervaring (ong. 3)
      Na afloop van de lessenserie worden een paar leerlingen geïnterviewd over hun ervaringen met de lessenserie en de challenge. De leerlingen worden uitgekozen in samenwerking met de docent. In het interview kan er wat dieper worden ingegaan op de onderdelen die ook binnen de enquête aan bod komen. De resultaten van het interview worden geanonimiseerd.
   c. Evalueren met de informatica docent
      Na afloop van de algehele lessenserie wordt deze geëvalueerd met de docent. De resultaten van de enquête en de interviews worden hierbij meegenomen. De volgende onderdelen worden geëvalueerd:
      - Verloop
      - Lesmateriaal
      - Docentenhandreiking
      - Challenge omgeving
      - Algemene kwaliteit

Tijdsinvestering

Wie	**Wat**	**Hoeveel**
4 leerlingen	Prototype testen	1 lesuur
Docent	Ontwerp lessenserie doorspreken	1 lesuur
Docent	Uitvoering lessenserie	5 lessen
Klas	Enquête lessenserie	10 minuten
3 leerlingen	Interview lessenserie	1 lesuur
Docent	Evaluatie lessenserie	1 lesuur

L Lessenserie pilot observaties

De eerste les begint met het berichtenspel die in het ontwerp is uitgelegd. Het begin van het berichtenspel loopt niet helemaal soepel. Niet iedereen neemt het even serieus en leerlingen wachten op elkaar nadat er volgende wordt geroepen in plaats van dat ze door elkaar heen praten. Het gaat dus niet helemaal volgens de regels. De tweede ronde verloopt wat beter. Een deel van de leerlingen begint afgeleid te raken omdat ze het spel minder interessant vinden.

Na het berichtenspel wordt de uitleg gegeven over MAC protocollen en wordt het verband gelegd met het berichtenspel. De uitleg zelf ging ik naar mijn eigen gevoel te snel doorheen.

Omdat er aan het einde van de les nog wat tijd over is wordt de challenge omgeving uitgelegd. De website blijkt echter geblokkeerd te worden op de schoolcomputers waardoor leerlingen er nog niet zelf mee verder kunnen. Hierdoor kan de uitleg van de challenge ook niet voorgedaan worden, in plaats daarvan worden de afbeeldingen in de presentatie gebruikt.

De volgende les begint met een terugblik. Vervolgens wordt het zelf maken van een protocol uitgelegd en er een voorbeeld gegeven. De leerlingen kunnen vervolgens zelf aan de slag met de challenge omgeving. Veel leerlingen zitten met vragen over hoe ze verder komen. Uiteindelijk blijkt het voor veel leerlingen lastig om een werkend protocol te maken.

De derde les begint met een terugblik, een uitleg om de leerlingen wat meer sturing te bieden voor het begin van de challenge en een uitleg hoe leerlingen de resultaten tabel kunnen uitlezen. De leerlingen krijgen een opdracht om een een tabel aan te vullen om begrip te kweken hoe de resultaten tabellen opgebouwd zijn en uitgelezen moeten worden. Dit wordt besproken en vervolgens krijgen leerlingen de opdracht om ingevulde resultatentabellen met verschillende protocollen te matchen in een meerkeuze opdracht. Deze opdracht word vervolgens klassikaal besproken. Ook wordt er uitgelegd dat een protocol altijd ergens een vorm van willekeur moet bevatten, omdat alle systemen hetzelfde protocol uitvoeren en zonder willekeur elke keer exact hetzelfde doen (dus als ze door elkaar heen zenden dan blijven ze dat doen). Vervolgens kunnen de leerlingen zelf aan de slag. Deze les zijn er minder vragen van leerlingen die vast zitten. De meeste leerlingen hebben nu het begin gehaald en zijn bij level 3 aangekomen. Het lijkt erop dat de extra uitleg geholpen heeft.

De vierde les begint met een herhaling van de simulaties en protocollen van de vorige les en een voorbeeld van de data die verstuurd wordt in level 5 en 6. Vervolgens kunnen de leerlingen verder met de challenge en ga ik individueel leerlingen langs om ze te helpen. Voor een deel van de leerlingen lijkt er nog steeds te weinig structuur in het zelf maken van protocollen waardoor ze daarop vast lopen. Een deel van de leerlingen loopt nog en geven aan dat ze niet weten hoe ze verder moeten komen. Tussendoor geven twee leerlingen een demo van hun protocol die erg efficiënt is (maar niet per sé eerlijk). Aan het einde van de les worden een paar voorbeeld protocollen besproken. Het bespreken hiervan ging naar eigen gevoel wat snel en had uitgebreider gekund. Ook konden de leerlingen de voorbeeld protocollen nergens terug vinden om later te bestuderen. Verder is er besloten een extra les toe te voegen zodat leerlingen meer tijd hebben om met de challenge bezig te gaan.

Les vijf begint met theorie waarin een voorbeeld protocol wordt uitgelegd en variabelen worden geïntroduceerd. Het gekozen protocol is naar eigen inzicht vrij complex waardoor de uitleg niet voor iedereen duidelijk lijkt te zijn (eigen interpretatie). Na de uitleg kunnen de leerlingen

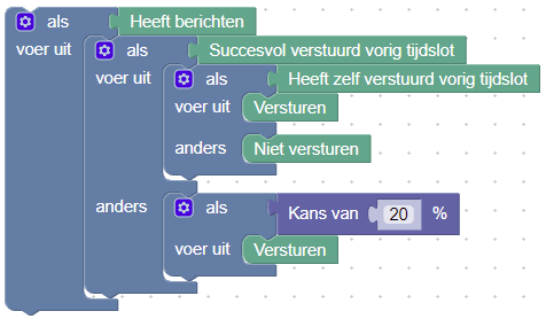
zelf aan de slag in een bepaald protocol te maken met een beurt variabele. Nadat de leerlingen even bezig zijn krijgen ze een half-uitgewerkt protocol om ze verder op weg te helpen.

De laatste les begin met een korte introductie over het verschil tussen eerlijke en efficiënte systemen. Vervolgens worden alle leerlingen gevraagd wat hun hoogste score is. De leerling met de hoogste score mag zijn protocol uitleggen. Bij dit protocol krijgen systemen met meer berichten een hogere kans. De uitleg van het protocol gaat wel wat moeilijk omdat verschillende leerlingen hun eigen denkpatronen hebben. Uiteindelijk wordt een voorbeeld protocol besproken die heel efficiënt, maar ook eerlijk is doormiddel van het aan en afmelden van systemen. De verschillende protocollen die de leerlingen gezien hebben worden gekoppeld aan bestaande protocollen en er wordt besproken welk protocollen waar wordt ingezet. Uiteindelijk kunnen leerlingen feedback geven doormiddel van een enquête.

M Lessenserie protocol presentaties

De eerste twee protocollen zijn te vinden in Figuur 1. Deze twee protocollen lijken op een variant van CSMA protocol waarbij systemen eerst luisteren of er al verstuurd wordt voordat ze zelf gaan zenden. In deze variant blijft een systeem zenden als deze succesvol verstuurd heeft. Systemen laten elkaar dus uitpraten. Alhoewel beide protocollen iets anders opgebouwd zijn, functioneren ze hetzelfde. Alleen de kans om te versturen is anders. Beide protocollen maken geen gebruik van de anders-als functionaliteit, maar gebruiken in plaats daarvan een als blok in een anders blok. Dit werkt hetzelfde maar neemt wel meer ruimte in.

(a) challenge.svenkonings.nl#a0c6db



(b) challenge.svenkonings.nl#84c400

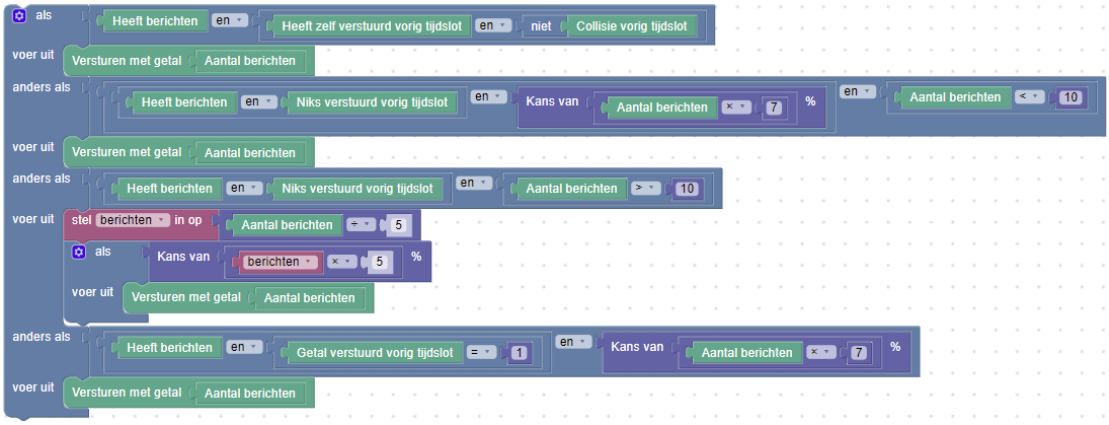
Figuur 1: Protocol 1 en 2

Het volgende protocol is te vinden in Figuur 2. Dit protocol laat systemen ook uitpraten, alleen bevat het wel een kleine fout. Het controleert namelijk niet of het versturen succesvol was. Oftewel, als twee systemen tegelijk beginnen met sturen dan blijven ze beiden oneindig door sturen en komen er geen berichten aan. Verder wordt er een getal meegestuurd op het moment dat een systeem z'n laatste bericht stuurt, alleen hier is nog niks mee gedaan. Dit kan zijn omdat de leerling er niet uit kwam of simpelweg vanwege tijdsgebrek.

(a) challenge.svenkonings.nl#2d971d

Figuur 2: Protocol 3

Het laatste protocol is te vinden in Figuur 3. Dit protocol bevat een interessant concept, namelijk dat systemen met meer berichten een hogere kans hebben om te beginnen met versturen. Verder laten systemen elkaar uitpraten. Ook wordt het aantal berichten dat systemen nog hebben meegestuurd bij het zenden. Dit wordt gebruikt zodat als systemen zien dat het systeem dat aan het zenden is zijn laatste bericht heeft verstuurd, ze meteen kunnen proberen de beurt te krijgen het volgende tijdslot en niet eerst wachten op een leeg tijdslot zoals de voorgaande protocollen. Ook heeft deze leerling gebruikt gemaakt van variabelen, alhoewel het in dit gebal ook zonder had gekund.



(a) challenge.svenkonings.nl#b025b6

Figuur 3: Protocol 4

N Enquête lessenserie vragen

MAC-protocollen lessenserie enquête

Dit is een enquête om de lessenserie over MAC-protocollen te beoordelen en te verbeteren. Alle antwoorden zijn anoniem.

*Vereist

1. **Ik heb veel geleerd** *
   Markeer slechts één ovaal.

	1	2	3	4	5	
Oneens	◯	◯	◯	◯	◯	Eens

2. **Ik vond dit een leuke lessenserie** *
   Markeer slechts één ovaal.

	1	2	3	4	5	
Oneens	◯	◯	◯	◯	◯	Eens

3. **Het berichtenspel heeft mij geholpen met het begrijpen van de stof** *
   Markeer slechts één ovaal.

	1	2	3	4	5	
Oneens	◯	◯	◯	◯	◯	Eens

4. **Ik vind de challenge leuk** *
   Markeer slechts één ovaal.

	1	2	3	4	5	
Oneens	◯	◯	◯	◯	◯	Eens

5. **Ik vind de challenge motiverend** *
   Markeer slechts één ovaal.

	1	2	3	4	5	
Oneens	◯	◯	◯	◯	◯	Eens

6. **Ik heb veel geleerd van de challenge** *
   Markeer slechts één ovaal.

	1	2	3	4	5	
Oneens	◯	◯	◯	◯	◯	Eens

7. **Wat vond je positief (optioneel)**

8. **Wat vond je negatief (optioneel)**

9. **Wat kan beter (optioneel)**

10. **Overige opmerkingen (optioneel)**

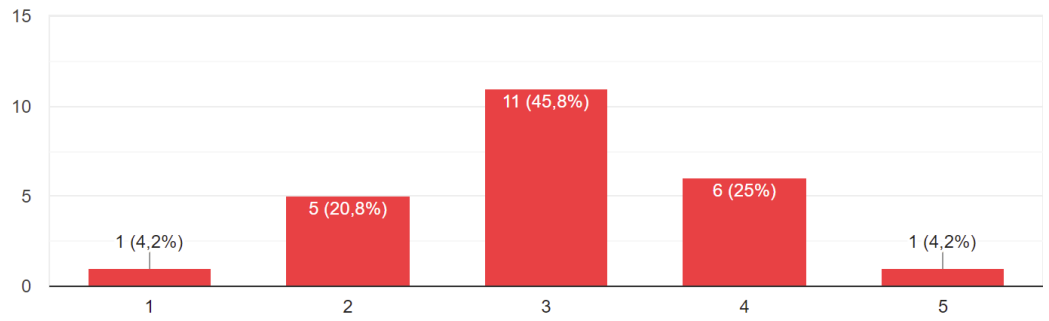
Mogelijk gemaakt door
Google Forms

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf1YRq2ekfi0em2rX8juAtQI0N4cwOb2nXAhoFIXhXPi9Ptrg/viewform

O Enquête lessenserie resultaten

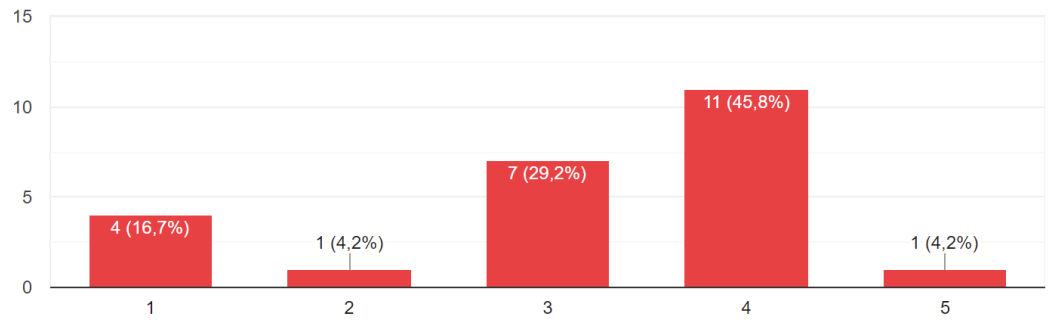
Ik heb veel geleerd

24 antwoorden



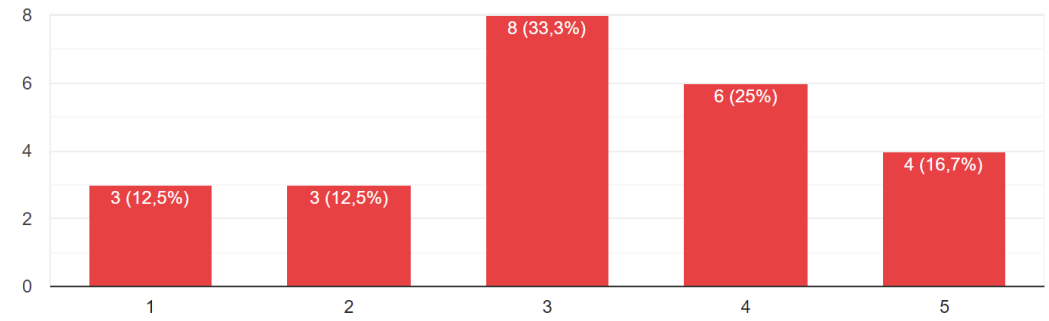
Ik vond dit een leuke lessenserie

24 antwoorden



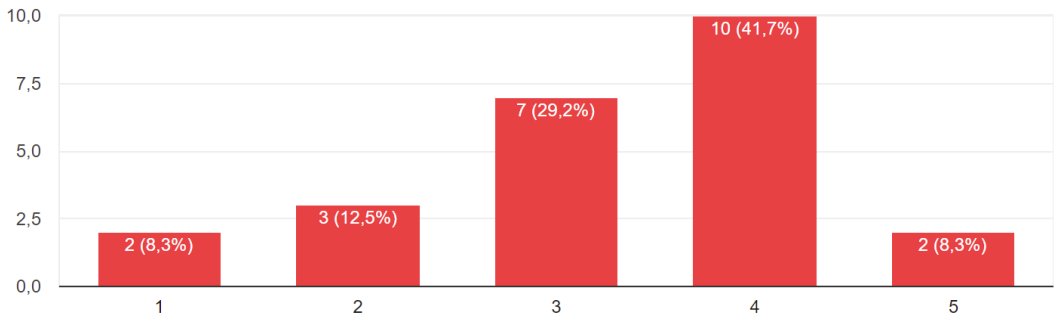
Het berichtenspel heeft mij geholpen met het begrijpen van de stof

24 antwoorden



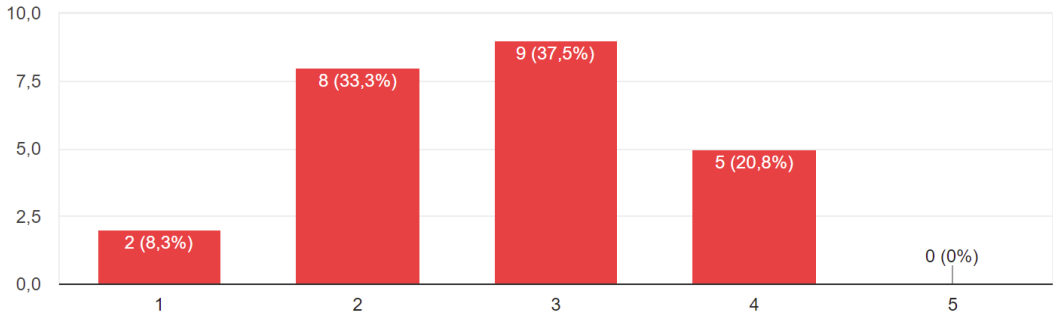
Ik vind de challenge leuk

24 antwoorden



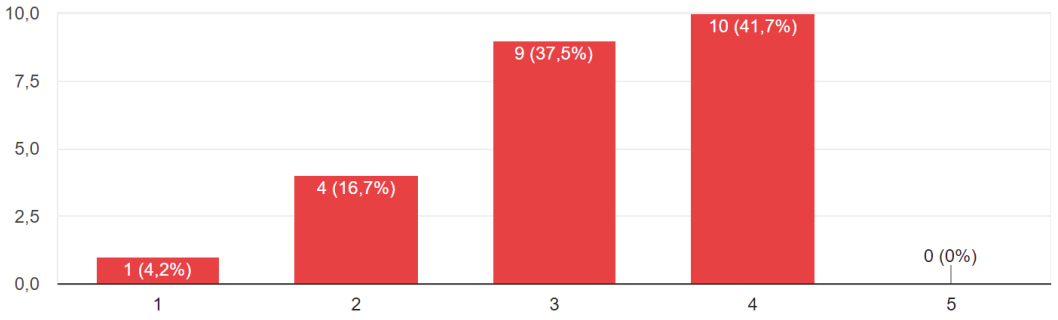
Ik vind de challenge motiverend

24 antwoorden



Ik heb veel geleerd van de challenge

24 antwoorden



Wat vond je positief?

- was wel een interresante methode om te leren
- De uitleg was duidelijk en het was wel een leuk onderwerp
- Poging tot interactief lesgeven
- Was wel een goede uitleg. Ik vond het alleen saai en niet echt leerzaam maar dat komt

NIET door de leraar.
- het was leuk
- De lesstof in combinatie is leuker dan gewoon alleen theorie.
- De challenge is wat nieuws, is wel leuk
- Je mocht zelf proberen en je kon met behulp van je fouten weer betere codes maken.
- vernieuwende methode
- Het was heel iets anders dan we normaal doen.
- De regelmaat
- De uitleg vanaf het begin was te volgen
- De uitleg
- de uitleg
- Poging tot interactief leren
- leuk en orgineel
- niks in het bijzonder
- De challenge gaf goed weer hoe het versturen van berichten in de praktijk gaat onder invloed van verschillende algoritmes
- De indeling van de lessen.
- Goede uitleg bij elke challenge.
- De uitleg van de protocollen was erg duidelijk.
- de lessen hadden een goede opbouw. eerst werd er uitgelegd en later konden we zelf aan het werk. als we vragen hadden kregen we goede hulp.
- de challange

Wat vond je negatief?

- het werd te moeilijk te snel
- Heel eentonig
- /
- soms was het moeilijk te begrijpen
- Er was niet echt lesstof dus je wist niet wat je aan het doen was.
- de iets te lange uitleg
- demotiverend als je het niet lukt want het kan complex zijn.
- geen manier om er beter in te worden
- hij ging automatisch naar de volgende level
- Op het laatst waren de protocollen wel moeilijk
- Het was moeilijk
- De stof was moeilijk
- Ik begrijp er nog steeds vrij weinig van
- orde
- autoriteit
- Het is in een keer veel nieuwe stof. Het is aardig gemakkelijk om een OK algoritme te verzinnen maar een heel goede score (+600 punten op het leaderbord) vereist nogal wat vaardigheden
- Niks
- Het laatste deel van de challenge was erg moeilijk.
- als informatica als Z-vak wordt gedaan, zitten er soms grote sprongen in de lesstof.
- de uitdagendheid

Wat kan beter?

- meer handje vasthouden, maar in het begin ook weer minder handje vast houden. de leer curve is te moeilijk te snel

- Het makkelijker maken van de complexere protocols.
- Zie negatief
- /
- de uitleg binnen de website
- Geef wel theorie erbij om wat meer van protocollen te snappen.
- de iets te lange uitleg
- Meer inzicht in hoe het hele protocol werkt en kijken in stappen ipv een geheel.
- weinig inbreng van de heer Nijhuis
- orde in de klas
- Iets minder snel bij de laatste moeilijke protocollen
- iets minder snel door de moeilijke stof heen.
- iets minder snel door de stof heen
- De basis van het programma zelf beter uitleggen
- orde
- autoriteit
- Misschien een ”tip”knop binnen het challenge programma waar je op kan klikken als je vast zit
- Verdeeld over iets meer lessen, vooral op het einde.
- Bij de laatste protocollen ging de uitleg soms een beetje te snel waardoor het moeilijk te begrijpen was.
- een uitleg van de lesstof op itslearning zetten
- de uitdagenheid

Overige opmerkingen?

- /
- nah
- top
- aardige kerel, goed uitgelegd, ga zo door
- de autoriteit was slecht
- Good goan!
- nee